

Allegato 2  
alla Proposta non vincolante  
di “Linee guida per la transizione verso le reti NGN”

**“Eventuali modalità di unbundling  
degli accessi in fibra”**

## Classificazione del documento:

<b>Titolo:</b>	<b>“Eventuali modalità di unbundling degli accessi in fibra”</b>
<b>Autore/i:</b>	<b>Gruppo Presidenza del Comitato NGN Italia</b>
<b>Versione N.:</b>	<b>Finale</b>
<b>Data di distribuzione:</b>	<b>02/10/2010</b>
<b>Livello di accesso:</b>	<b>Consiglio AGCOM</b>
<b>Data inizio lavoro:</b>	<b>26/01/2010</b>
<b>Data conclusione lavoro:</b>	<b>02/10/2010</b>
<b>Codifica Comitato NGN Italia:</b>	<b>TBD</b>

## Revisioni del documento:

<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Accesso</b>	<b>Data di emissione</b>
1.0		Riservato al Consiglio dell’Autorità	19-07-2010
1.1	Copia di lavoro per il meeting del 15-09-2010	Distribuzione limitata ai soli Membri del Comitato NGN Italia	14-09-2010
1.2	Copia di lavoro	Distribuzione limitata al gruppo di lavoro interno al Comitato NGN Italia	27-09-2010
	<b>FINALE</b>	Riservato al Consiglio dell’Autorità	02-10-2010

**Nota:** I documenti classificati con livello di accesso “Membri del Comitato NGN Italia” hanno distribuzione limitata ad uso interno alle organizzazioni autorizzate per i soli fini di partecipazione al Comitato stesso. Questi documenti non possono essere diffusi all’esterno né integralmente, né parzialmente, né sotto forma di sintesi.

I soggetti aderenti al Comitato a cui i documenti sono destinati sono tenuti al rispetto del vincolo di riservatezza: eventuali deroghe dovranno essere autorizzate per iscritto dall’Agcom e ogni violazione potrà essere sanzionata.

© AGCOM - Comitato NGN Italia (Tutti i diritti riservati)



# Sommario

1	INTRODUZIONE .....	1
2	DEFINIZIONI E CONCETTI GENERALI .....	3
2.1	Classificazione delle configurazioni di rete d'accesso .....	3
2.2	Esame delle configurazioni d'accesso .....	4
2.2.1	Fiber-to-the-Cabinet.....	4
2.2.2	Fiber-to-the-Building .....	5
2.2.3	Fiber-to-the-Home .....	6
2.3	Configurazione di riferimento per la rete d'accesso .....	6
2.3.1	I "building block" della rete .....	6
2.3.2	I componenti della rete.....	7
2.3.3	Disaggregazione dei <i>building block</i> .....	9
2.4	Architetture d'accesso .....	10
2.4.1	Strutture topologiche.....	11
2.4.2	Sistemi punto-punto in fibra ottica .....	13
2.4.3	Sistemi punto-multipunto in fibra ottica .....	14
3	TECNICHE DI ACCESSO AL MEZZO NELLE RETI PON .....	16
3.1	Reti PON a divisione di tempo (TDM) .....	16
3.2	Reti PON a divisione di lunghezza d'onda (WDM).....	18
3.2.1	Opzioni di unbundling in WDM-PON .....	18
4	ESAME DELLE DIVERSE MODALITÀ DI UNBUNDLING, DEFINIZIONI E CARATTERISTICHE .....	22
4.1	Quadro internazionale .....	25
4.2	Posizioni in tema di unbundling emerse nell'ambito dei lavori del Comitato.....	26
4.3	Unbundling in prossimità dell'edificio .....	28
4.3.1	Valutazione tecnico-economica e applicabilità allo scenario Italiano.....	32
4.3.2	Posizioni emerse nell'ambito dei lavori del Comitato.....	33
4.4	Unbundling in un punto intermedio tra l'edificio e centrale .....	34
4.4.1	Valutazione tecnico-economica e applicabilità allo scenario Italiano.....	35
4.4.2	Posizioni emerse nell'ambito dei lavori del Comitato.....	36
4.5	Unbundling in centrale.....	37
4.5.1	Accesso disaggregato a separazione di lunghezza d'onda .....	38
4.5.2	Valutazione tecnico-economica e applicabilità allo scenario Italiano.....	42



4.5.3	Posizioni emerse nell'ambito dei lavori del Comitato.....	43
5	MODALITÀ DI FORNITURA DI UNBUNDLING E PARAMETRI PRESTAZIONALI.....	45
6	CONFRONTO TRA DIFFERENTI ARCHITETTURE DI RETE PER LA REALIZZAZIONE DELLA NGAN .....	47
6.1	Scelte architetture per la NGAN in vari Paesi.....	47
6.2	Analisi di consulenti internazionali .....	49
6.3	Iniziative nazionali .....	52
7	ALCUNE CONCLUSIONI.....	58
	APPENDICE A - Confronto PtP-GPON con nodi ottici coincidenti con SL di Telecom Italia .....	59
	APPENDICE B – Confronto PtP-GPON senza vincoli sulla collocazione dei nodi ottici.....	85
	BIBLIOGRAFIA.....	98
	Abbreviazioni .....	99



# 1 INTRODUZIONE

Come è noto, fra gli incarichi conferiti con la Delibera 731/09/CONS, l'Autorità ha affidato al Comitato NGN Italia il compito di formulare proposte in relazione alle “*eventuali modalità di unbundling degli accessi in fibra*” (art. 73, comma 6, pag. 139).

L'obiettivo dell'incarico affidato in materia di accesso fisico alle infrastrutture in fibra risulta ulteriormente precisato in vari passaggi della Delibera stessa, ove si stabilisce che:

- “(...) *al fine di poter procedere in tempi rapidi all'attuazione dell'obbligo di unbundling della fibra una volta che il quadro tecnologico, concorrenziale e regolamentare (con la pubblicazione della raccomandazione della Commissione sulle reti NGA) si sarà chiarito, l'Autorità intende affidare sin da ora al comitato NGN Italia la formulazione di una proposta, non vincolante, circa le modalità di unbundling della fibra.*” (pag.25);
- “(...) *allo stato, la NGAN dell'operatore incumbent è ancora in una fase sperimentale e di scarso sviluppo commerciale, e peraltro non vi è ancora certezza sull'architettura definitiva che sarà adottata dall'operatore. In tal senso, considerando che la declinazione dell'obbligo di accesso fisico alle infrastrutture in fibra – nella modalità dell'unbundling – è strettamente correlata all'architettura di rete adottata, risulterebbe difficile, almeno in questa fase, individuare rimedi regolamentari appropriati e proporzionati. L'Autorità, quindi, ritiene che l'imposizione di un obbligo di unbundling della fibra – prima che questa infrastruttura abbia iniziato a svilupparsi sul territorio – possa avere un effetto disincentivante sui relativi investimenti.*” (pag.24);
- “*la previsione di tale obbligo – in una situazione quale quella italiana in cui l'offerta alla clientela finale di collegamenti in fibra da parte dell'operatore notificato è tuttora in una fase sperimentale, né si prevede nel breve periodo il raggiungimento di dimensioni di mercato significative – assumerebbe al momento un carattere generale e di limitata efficacia. Si ribadisce, peraltro, che nell'ambito del comitato NGN Italia – che ha ricevuto esplicito mandato in tal senso – saranno discusse le possibilità di unbundling delle reti G-PON, nonché la sperimentazione di reti punto-punto. In questo contesto, tenuto conto dell'effettivo sviluppo di reti di accesso in fibra ottica sul territorio nazionale, sarà possibile considerare un'articolazione e gradazione delle possibili misure regolamentari – dall'obbligo di bitstream su fibra fino all'unbundling della stessa - a seconda che le aree considerate siano interessate o meno dalla realizzazione di reti in fibra ottica da parte dell'operatore notificato,*” (pag 69);

Sulla base delle istruzioni ricevute dall'Autorità, con il concorso di tutti gli operatori aderenti al Comitato NGN Italia sono state svolte analisi tecniche, economiche ed operative in relazione all'*unbundling fisico* sulla rete in fibra tenendo presente che, nel rispetto dello spirito della Delibera 731/09/CONS la definizione stessa di “unbundling” su rete ottica va intesa nel senso più ampio possibile e non nella più ristretta accezione che si è affermata in Italia nella rete in rame con il cosiddetto ULL (*Unbundling of the Local Loop*).



**Pertanto, nel contesto delle reti ottiche di accesso la definizione di *unbundling*, che si abbraccia ai fini delle Linee guida sulla NGN, mira ad includere tutte le possibili forme di accesso disaggregato ad ogni e qualsiasi sezione fisica della fibra.**

Inoltre, sempre per aderire correttamente al mandato ricevuto dall'Autorità, l'esame delle diverse soluzioni tecniche è stata effettuata considerando non solo l'attuale sviluppo delle tecnologie ottiche nell'accesso, ma adottando una visione prospettica che, per quanto possibile, possa tenere conto dello sviluppo oggi prevedibile per le suddette tecnologie, nell'arco di tempo necessariamente piuttosto lungo (dai 5 ai 10 anni) in cui si attuerà la migrazione dalla rete in rame a quella ottica d'accesso in Italia.

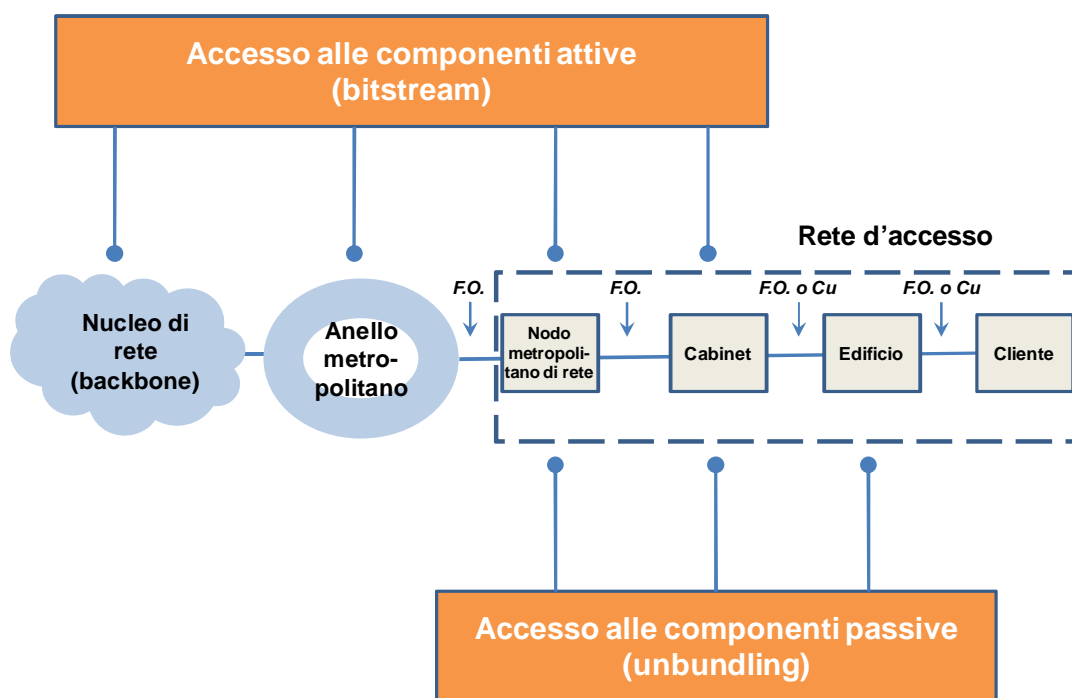
Il presente documento è strutturato in tre parti. Inizialmente (Sezione 2) fornisce le definizioni utili e i principali concetti generali fra cui le configurazioni architettoniche di interesse (FTTH, FTTB, FTTC), i cosiddetti *building block* della rete e le soluzioni di disaggregazione dell'accesso, a cui si fa seguire l'esame delle due fondamentali topologie di rete – punto-punto (PtP) e punto-multipunto (PmP). Successivamente (Sezione 3), si procede ad un esame dettagliato delle diverse modalità di *unbundling* che si possono realizzare in una rete ottica, ossia l'*unbundling* all'edificio, l'*unbundling* al cabinet e l'*unbundling* in centrale, discutendone le condizioni di applicabilità. Infine (Sezione 4), si procede al confronto di funzionalità, problemi di esercizio e costi di ciascuna soluzione di accesso FTTH (PtP, PmP).



## 2 DEFINIZIONI E CONCETTI GENERALI

### 2.1 Classificazione delle configurazioni di rete d'accesso

La configurazione generale di una moderna rete di telecomunicazioni è costituita da due parti principali: rete di trasporto e rete di accesso. La rete di trasporto generalmente si articola in una rete dorsale (anche detta "backbone" o "nucleo") a maglia ottica quasi completa e una rete metropolitana (o regionale) ad anello ottico ridondato. Per la rete d'accesso si assume l'impiego dappertutto di un portante fisico che può essere un doppino in rame o un cavo in fibra ottica: la Figura 1 mostra schematicamente i principali elementi che costituiscono la rete di TLC, con particolare riferimento alla rete d'accesso.



**Figura 1: Configurazione schematica di rete di TLC che impiega l'accesso cablato.**

Si assume che la copertura di una data area geografica avvenga a partire da una centrale locale, il nodo metropolitano di rete detto anche *Metropolitan Point of Presence* (MPoP),<sup>1</sup> che prende il posto del cosiddetto *Stadio di Linea* dell'architettura *legacy* in rame di Telecom

<sup>1</sup> Dalla definizione della NGA Recommendation: «"nodo metropolitano" (*Metropolitan Point of Presence* – MPoP), il punto di interconnessione tra la rete di accesso e la rete principale di un operatore NGA. Nel caso della rete di accesso in rame è equivalente al permutatore principale (*Main Distribution Frame* – MDF). Tutte le connessioni degli abbonati alle reti NGA di una determinata zona (di solito una città o parte di essa) sono centralizzate nel nodo metropolitano (MpoP) o nel permutatore ottico (*Optical Distribution Frame* – ODF). Dal permutatore ottico le reti NGA sono collegate alle apparecchiature della rete principale dell'operatore NGA o di altri operatori, eventualmente tramite collegamenti di *backhaul* intermedi se le apparecchiature non sono collocate nel nodo metropolitano;»

Italia, equipaggiato in ingresso (ossia dal lato della rete di trasporto) con sufficienti accessi in fibra ottica per servire i clienti dell'area di pertinenza.

A valle del nodo ottico la rete può essere completamente realizzata in fibra ottica ("all optical"), o può essere ibrida rame-ottica. Per definizione, affinché una rete di accesso sia definita di nuova generazione o NGAN (*Next Generation Access Network*), a banda larga o ultralarga, non può aversi il caso che essa sia tutta realizzata con doppino in rame.<sup>2</sup>

Risultano di interesse tre configurazioni, cumulativamente denominate "*Fiber-To-The-X*" (FTTx), della rete di accesso a larga banda e a banda ultralarga:

- Fiber to the Home (FTTH): la connessione in fibra ottica si realizza tra il nodo ottico e la sede del cliente;
- Fiber to the Building (FTTB): la connessione in fibra ottica si realizza tra il nodo ottico e l'edificio (la terminazione è generalmente posta in luogo chiuso e protetto nel building ma, eccezionalmente, può essere in prossimità, anche su suolo pubblico);
- Fiber to the Cabinet (FTTC):<sup>3</sup> la connessione in fibra ottica si realizza tra il nodo ottico e un armadio di strada.

## 2.2 Esame delle configurazioni d'accesso

Nel seguito si presentano con maggiore dettaglio le possibili configurazioni FTTx della rete di accesso NGAN. Si noti che in letteratura sono state introdotte numerose denominazioni simili, a indicare varie architetture che portano la fibra più o meno vicino all'utente finale, ma in questo lavoro esse non sono prese in considerazione visto il loro scarso interesse nella rete di riferimento nazionale.

### 2.2.1 Fiber-to-the-Cabinet

Questa configurazione collega il nodo di rete con un armadio stradale (o *cabinet*) tramite fibra ottica, come mostrato in Figura 2 (a). A valle del cabinet permangono i preesistenti doppini in rame. Pertanto è necessario introdurre componenti attivi di conversione O/E ed E/O del segnale nell'armadio.

Per la trasmissione sul doppino in rame, nel cabinet si installa una Optical Network Unit (ONU) seguita da modem VDSL2 (*Very high bit rate Digital Subscriber Line 2*), che permette, tipicamente, di raggiungere fino a 100 Mbit/s in *downstream* e fino a 40 Mbit/s in *upstream* su

---

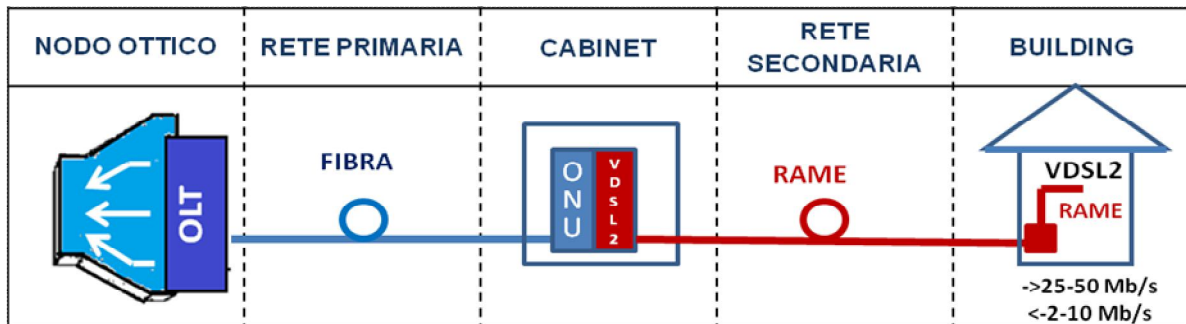
<sup>2</sup> Ciò significa che, per definizione, la cosiddetta configurazione FTTE (*Fiber to the Exchange*), in cui a valle del nodo di rete si ha presenza del solo doppino in rame, non è una configurazione NGAN e, pertanto, in questo lavoro essa viene esclusa.

<sup>3</sup> In letteratura spesso la sigla FTTC viene usata per denominare una configurazione in cui la fibra è posata fino al marciapiede (C = Curb) antistante l'edificio. Nel presente lavoro tale configurazione non è presa in esame.

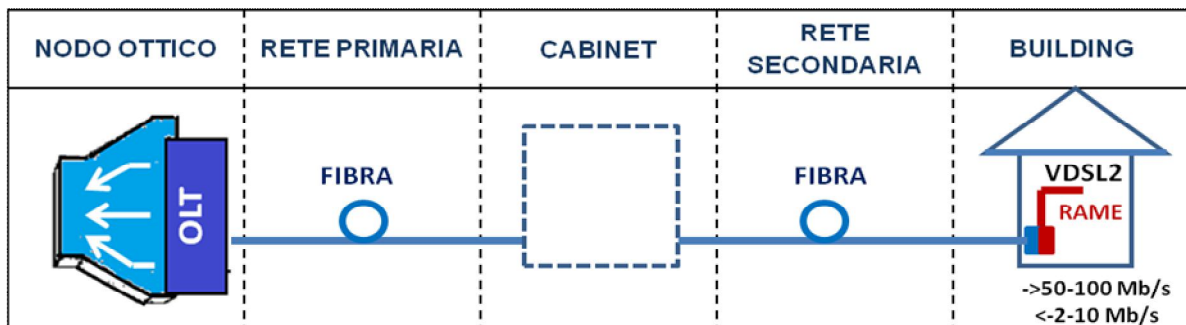




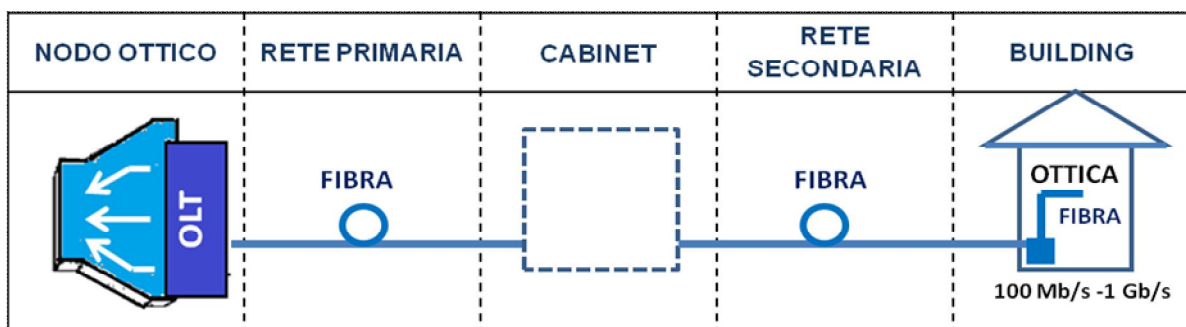
distanze molto brevi (qualche centinaia di metri). Per non deteriorare troppo il valore di velocità di trasmissione sia in *upstream* che in *downstream*, l'armadio, che è in grado di servire fino a poche centinaia di clienti, è collocato solitamente ad una distanza non maggiore di circa 300 m dagli edifici.



(a)



(b)



(c)

Figura 2: Configurazioni di rete d'accesso: (a) FTTC, (b) FTTB, (c) FTTH.

### 2.2.2 Fiber-to-the-Building

Un'altra opzione per portare la fibra ottica vicino al cliente prevede di collegare con la fibra ottica l'edificio ("building", inteso come costruzione singola o, anche, come gruppo di isolati adiacenti) direttamente al nodo di rete (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.(b)). Ogni singolo cliente residente nell'edificio risulta ancora servito attraverso il



preesistente doppino telefonico. Alla base dell'edificio viene perciò installato un apparato che converte il segnale ottico in elettrico e viceversa: per potere sfruttare ogni doppino ad altissima velocità si impiega la tecnologia VDSL2.

Questa configurazione ibrida permette di risparmiare i costi della cablatura dei condomini e riduce le difficoltà connesse all'ottenimento dei permessi. Il *cabinet*, omesso in figura perché concettualmente non indispensabile, in pratica è comunque sempre presente per esigenze di ispezione e di maggiore flessibilità operativa.

### 2.2.3 Fiber-to-the-Home

La configurazione che assicura la migliore disponibilità di banda all'utente finale e la maggiore espandibilità futura prevede che la fibra ottica sia portata direttamente fino in casa del cliente (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** (c)). In tecnologia ottica è possibile garantire connessioni anche simmetriche che vanno da 100 Mbit/s a 1 Gbit/s e, in prospettiva, anche oltre. Anche in questo caso il *cabinet*, concettualmente non indispensabile, è presente per gli stessi motivi di natura operativa di cui si è detto sopra.

## 2.3 Configurazione di riferimento per la rete d'accesso

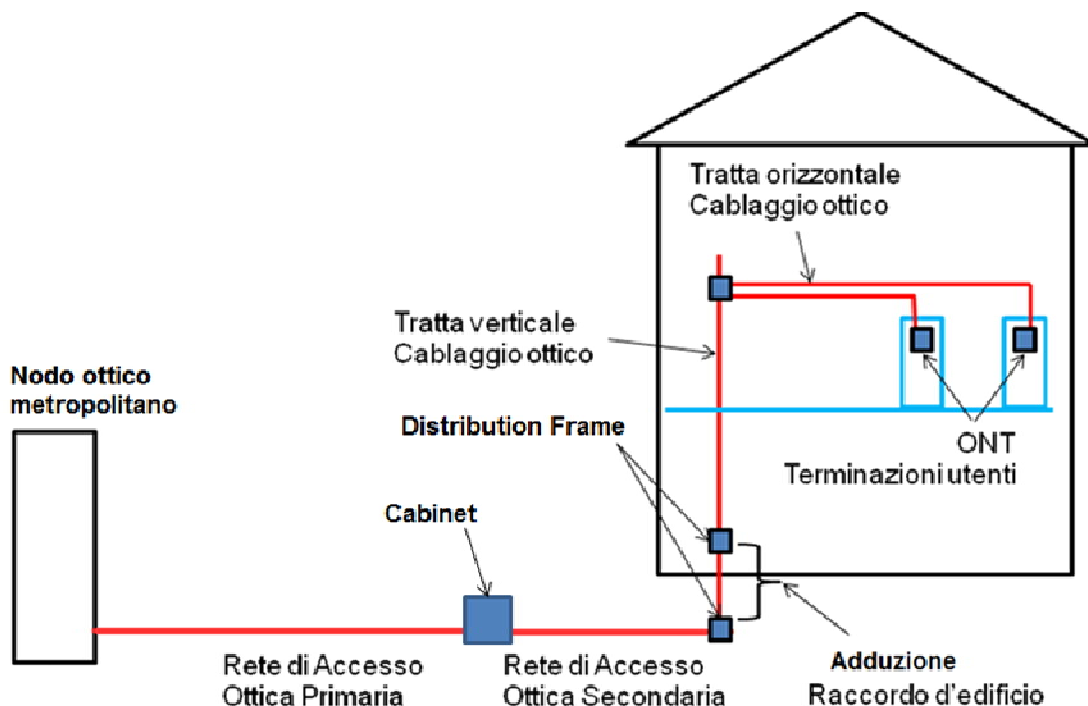
Indipendentemente dalla configurazione prescelta per la rete d'accesso - tutta ottica (FTTH), o ibrida fibra-rame (FTTC/FTTB) – questa si articola in “*building block*”, elementi base che possono essere oggetto di condivisione tra operatori.

### 2.3.1 I “building block” della rete

I *building block*, rappresentati indicativamente nella Figura 3 che, per fissare le idee, si riferisce al caso FTTH e che può essere agevolmente riadattata alle altre configurazioni di interesse, sono individuabili nei seguenti segmenti, in conformità a possibili punti di sezionamento e di accesso fisico alla rete ottica:

- infrastruttura di posa e fibra ottica in rete locale di accesso primaria (“rete d'accesso ottica primaria”);
- infrastruttura di posa e fibra ottica in rete locale di accesso secondaria (“rete d'accesso ottica secondaria”);
- infrastruttura per il raccordo di edificio (“raccordo d'edificio o tratta di adduzione”);
- cablaggio ottico di edificio da un punto di raccordo sino alla borchia all'interno della U.I. (“tratta di edificio”, ulteriormente suddivisa in “tratta verticale” e “tratta orizzontale”).





**Figura 3: Definizione dei “building block”.**

Inoltre, conviene notare che la raccomandazione NGA introduce le seguenti definizioni:

- «"punto di distribuzione", nodo intermedio in una rete NGA a partire dal quale uno o più cavi in fibra provenienti dal nodo metropolitano (segmento alimentatore) sono separati e distribuiti per collegare le abitazioni degli utenti finali (segmento di terminazione o di ingresso). Un punto di distribuzione serve generalmente più edifici o case e può essere ubicato alla base di un edificio (nel caso di condomini) o nella strada. Un punto di distribuzione alloggia un quadro di distribuzione per la condivisione dei cavi di ingresso ed eventualmente apparecchiature senza alimentazione come i divisori ottici;»
- «"segmento di terminazione", il segmento di una rete di accesso NGA che collega l'abitazione dell'utente finale al primo punto di distribuzione. Il segmento di terminazione comprende quindi il cablaggio verticale all'interno dell'edificio ed eventualmente il cablaggio orizzontale fino a un divisore ottico ubicato nel seminterrato dell'edificio o in un pozzetto vicino;»

Nello schema di Figura 3 il punto di distribuzione può essere, a seconda dell'architettura FTTx prescelta il “cabinet” ovvero un “distribution frame” in prossimità o entro l'edificio.

### 2.3.2 I componenti della rete

Sia per rete ottica che per rete ibrida rame-ottica, alle estremità della rete d'accesso sono

sempre presenti componenti attivi: rispettivamente, si ha necessità di una terminazione di linea (LT), lato centrale locale, e di un terminale d'utente (UT), lato cliente. Più in dettaglio, gli elementi che concorrono a realizzare la rete d'accesso di nuova generazione sono:

- Optical Line Termination (OLT): è il terminale (LT) di linee ottiche, ossia il dispositivo ottico multiutente collocato nel MPoP. In caso di migrazione della preesistente rete in rame, la rete di accesso ottica primaria può sia coincidere con la rete di distribuzione primaria in rame (caso OLT nel SL) sia comprendere anche la rete di giunzione tra SGU e SL (caso OLT nell'SGU). A seconda della scelta effettuata l'MPoP, in cui ha sede l'OLT, verrà perciò a coincidere con il preesistente SL o SGU.
- Optical Network Termination (ONT): nella configurazione FTTH è il terminale d'utente (UT), ossia l'interfaccia di rete ottica posta nella sede del cliente che si collega direttamente con l'OLT.
- Optical Network Unit (ONU): in una configurazione FTTC o FTTB è l'elemento ottico dislocato in prossimità del cliente e che si interfaccia in rame con il dispositivo di accesso posto nella sua sede (UT) al quale, in questo caso si dà il nome di Network Termination (NT). Più ONU sono connessi ad un solo OLT: se la configurazione è FTTC, l'ONU è collocato nel *cabinet*, mentre se è FTTB l'ONU è posto alla base dell'edificio.
- Distribution frame (DF): punto di sezionamento variamente collocabile allo scopo di consentire l'accesso in unbundling di altri operatori oppure per ragioni di flessibilità della rete.
- Optical Distribution Frame (ODF): è il permutatore ottico che nel caso di collegamenti in fibra ottica sostituisce il permutatore metallico MDF (*Main Distribution Frame*) della rete legacy in rame. A seconda della configurazione prescelta l'ODF può avere sede nel nodo metropolitano o eventualmente in un punto di sezionamento<sup>4</sup> (un pozzetto o, alternativamente, in un armadio o in una cameretta). All'interno del pozzetto le funzioni di smistamento e giunzione delle fibre sono in genere realizzate con giunti contenenti schede di giunzione.

Per quanto riguarda i collegamenti in fibra ottica, si assume in generale che ciascun collegamento tra apparati OLT, ONU e ONT sia composto da una sola fibra ottica: si devono

---

<sup>4</sup> Pozzetti e camerette sono vani sotterranei, rispettivamente di piccole e grandi dimensioni, coperti da chiusini in ghisa. Dalle definizioni fornite dalla NGA Recommendation: «"pozzetti", aperture, generalmente dotate di una copertura, attraverso le quali una persona può accedere a uno spazio sotterraneo utilizzato come punto di accesso per effettuare collegamenti incrociati o lavori di manutenzione su cavi sotterranei di comunicazione elettronica;»



quindi utilizzare due diverse lunghezze d'onda (*wavelength*) nei due sensi di trasmissione.<sup>5</sup> I collegamenti tra OLT e ONU possono essere anche realizzati tramite coppia di fibre ottiche (una fibra per il segnale *upstream* e una per il segnale *downstream*). Si osserva comunque che, nella maggioranza delle realizzazioni nel mondo, il collegamento di utente verso l'ONT nelle architetture FTTH, qualsiasi sia la tecnica di accesso, è realizzato con fibra singola.

### 2.3.3 Disaggregazione dei building block

Le principali famiglie di tecniche per consentire ad un operatore di servire i propri clienti impiegando la rete di accesso di proprietà di un altro operatore sono due: le tecniche di *unbundling* (accesso a componenti passive di rete) e le tecniche di *bitstream* (accesso a componenti attive di rete).

- **Unbundling:** un servizio *wholesale* di accesso a componenti passive operante a livello fisico, ossia attivo nel "physical layer", offerto da un operatore possessore di elementi di rete d'accesso ad un altro operatore che ne sia sprovvisto tali da consentire a quest'ultimo la fornitura di servizio *retail* ad un proprio cliente finale. In termini regolamentari questo servizio appartiene al Mercato 4.
- **Bitstream:** un servizio *wholesale* di accesso a componenti attive non operante a livello fisico, ossia attivo nel "link layer" o in qualsiasi degli strati superiori, offerto da un operatore possessore di elementi di rete d'accesso ad un altro operatore che ne sia sprovvisto tali da consentire a quest'ultimo la fornitura di servizio *retail* ad un proprio cliente finale. In termini regolamentari questo servizio appartiene al Mercato 5.

In Figura 1 abbiamo rappresentato le sezioni della rete in cui può operarsi l'accesso a componenti passive (*unbundling*) e, rispettivamente, l'accesso a componenti attive (*bitstream*).

Nelle reti in rame si è affermata una particolare versione di *unbundling*, denominata ULL (*Unbundling of the Local Loop*), che realizza la disaggregazione fisica dell'intera tratta fra la centrale locale (Stadio di linea) e il cliente; una soluzione prevista, ma poco impiegata, consiste nel cosiddetto *Sub-loop unbundling* che si limita a disaggregare la porzione di doppino telefonico posta tra un armadio di strada e il cliente.

Di recente, considerate, in taluni casi, le difficoltà tecnologiche di consentire soluzioni ULL in reti in fibra ottica, è stato proposto un servizio di *bitstream* che simula a livello protocollare 2 (*link layer*) il servizio di *unbundling*, denominato VULA (*Virtual Unbundling of the Local Access*).

Il servizio d'accesso VULA è una forma di "*unbundling virtuale*" realizzata mediante *bitstream* a livello 2 che simula una connessione fisica dedicata per consentire all'operatore ospitato di

---

<sup>5</sup> Per quanto sia teoricamente possibile utilizzare la stessa lunghezza d'onda per la trasmissione in fibra ottica nei due sensi, la forte differenza di potenza dei segnali in emissione e in ricezione rende difficoltosa la realizzazione pratica di tali sistemi, per esempio a causa delle riflessioni e delle non idealità del mezzo trasmissivo.

instaurare il collegamento della propria utenza conservando un sostanziale controllo del servizio; si è stabilito che, per essere soddisfacente, VULA deve presentare le seguenti caratteristiche:<sup>6</sup>

- accesso locale: l'interconnessione deve avvenire nel primo punto di aggregazione tecnicamente possibile, situato in corrispondenza del nodo locale in cui è installato lo switch Ethernet;
- indipendenza da altri servizi: il servizio d'accesso di unbundling virtuale deve essere fornito indipendentemente da altri servizi (sono escluse offerte in bundle con altri servizi).
- accesso agnostico: così come l'unbundling fisico, VULA deve assicurare la connettività indipendente dal tipo di servizio;
- accesso privo di contesa: la connessione o la capacità tra la sede d'utente ed il nodo di scambio locale in cui viene effettuata l'interconnessione deve essere dedicata all'utente; la capacità supportata dalla rete di accesso deve essere tale da consentire di soddisfare la domanda di traffico di picco.
- controllo dell'accesso: VULA abilita un elevato controllo dell'accesso da parte degli operatori interconnessi;
- pieno controllo della CPE: i *Communication Provider* hanno totale controllo della CPE e possono differenziare il servizio erogato al cliente finale. Eventuali restrizioni, se necessarie per ragioni di sicurezza o integrità della rete, dovranno essere quanto più possibile ridotte.

Questo documento si occupa del servizio di *unbundling* propriamente detto e non considera oltre né il *bitstream* né il VULA, per i quali si rinvia al documento denominato "Modalità per la disciplina delle condizioni di offerta dei servizi bitstream su fibra".

## 2.4 Architetture d'accesso

Indipendentemente dal portante fisico prescelto per la rete d'accesso, che sia di tipo "*full copper*", "*full optical*" o ibrido rame-fibra, in linea di principio si possono allestire numerose architetture differenti. Innanzi tutto conviene distinguere le architetture attive da quelle passive. Un'architettura si dice passiva se tra l'OLT e la terminazione posta nella sede del cliente non sono presenti componenti attivi (ossia che richiedono alimentazione elettrica); viceversa, l'architettura è attiva. Una rete FTTH è generalmente passiva; una rete ibrida

---

<sup>6</sup> Sembra prevalere nella regolamentazione europea delle reti d'accesso ottiche l'impostazione che considera VULA come sostitutivo temporaneo delle soluzioni di *unbundling* fisico finché non verranno pienamente rimosse le attuali limitazioni tecniche delle classi di reti PmP.

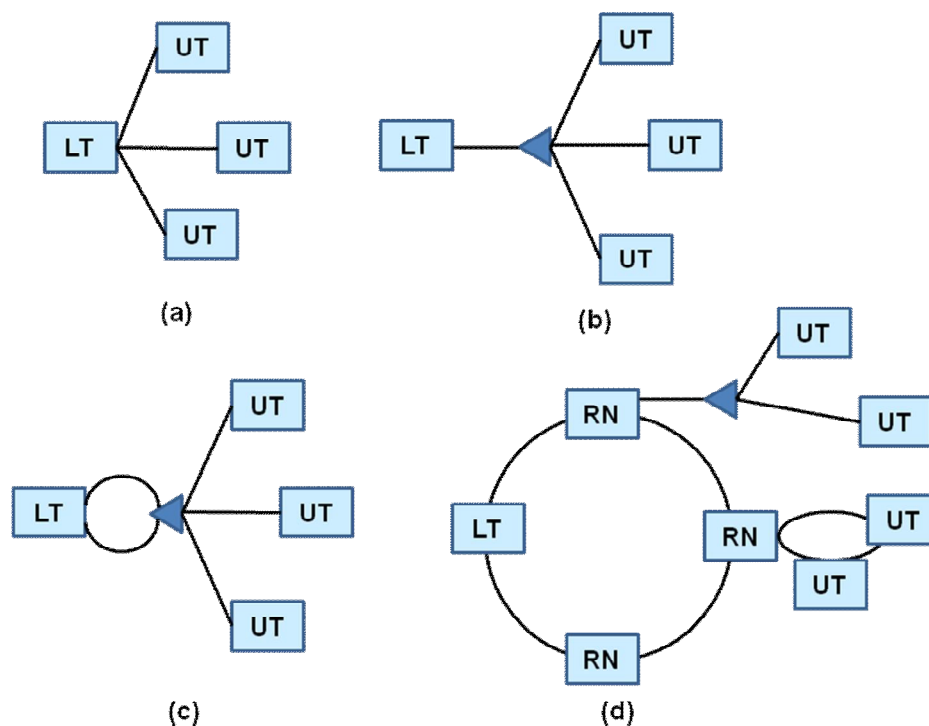


rame-fibra (FTTB o FTTC), è invece attiva quanto meno a causa della necessità di prevedere apparati convertitori optoelettronici. Le architetture passive garantiscono di solito maggiore affidabilità e minore necessità di interventi di manutenzione.

### 2.4.1 Strutture topologiche

Indipendentemente dal mezzo trasmissivo impiegato e anche nei casi di reti che combinano l'uso sia del rame che della fibra ottica, si hanno numerose topologie di rete elementari: fra esse interessano primariamente le reti d'accesso a stella e ad albero;<sup>7</sup> inoltre si possono anche realizzare architetture più complesse combinando tra loro le topologie fondamentali.

In Figura 4 sono rappresentate in alto le due strutture topologiche elementari a stella (caso a) e ad albero (caso b) e in basso due esempi (casi c e d) di reti a topologia ibrida di interesse nelle reti d'accesso.



**Figura 4: Alcune topologie di rete: (a) a stella, (b) ad albero, (c) ad albero con anello primario, (d) ibrida ad albero e anello.**

#### a) Topologia a stella

La topologia a stella o punto-punto, PtP (*Point to Point*), può adoperarsi sia in rame che in fibra ottica per connettere un singolo LT (*line terminal*) ad una molteplicità di UT (*user terminal*). Nelle reti in rame rappresenta la soluzione adottata per realizzare il collegamento

<sup>7</sup>Si noti che altre topologie elementari (ad es. a bus, ad anello, etc.) trovano impiego in altre applicazioni, come nelle reti locali: esse verranno qui omesse.

tra la centrale (Stadio di linea) e il domicilio d'utente, stendendo un doppino per ciascun cliente. Questa soluzione è anche impiegata in fibra ottica specialmente nelle reti che privilegiano servizi per clienti affari che hanno necessità di banda dedicata anche molto larga e al contempo sono restii a condividere cavi con altri. In questa architettura si ha una terminazione di linea (LT) per ciascun cliente. Le distanze di tratta adottate con questa struttura sono scelte in modo da realizzare un'architettura passiva, ossia tale da non richiedere apparati ripetitori lungo la linea. Il collegamento passivo in rame tipicamente non supera qualche km, mentre nel caso della fibra, sono consentite lunghezze maggiori (una decina di km) grazie alle basse attenuazioni e distorsioni.

Con questa topologia di banda possono fornire velocità in upstream e downstream simmetriche e la capacità è espandibile con la semplice sostituzione degli apparati terminali in centrale e presso l'utente. Un altro vantaggio è la trasparenza ai servizi, ossia la capacità di fornire qualsiasi servizio indipendentemente dagli altri utenti in rete.

### **b) Topologia ad albero**

La topologia ad albero PmP, usa un collegamento singolo dal LT posto in centrale ad un punto di divisione/combinazione (detto *splitter*),<sup>8</sup> dal quale si diparte un mezzo trasmissivo dedicato a ciascuno degli UT. La prima parte del collegamento fino allo *splitter* (tratta primaria) è realizzata con un unico ramo condiviso in accesso multiplo; la seconda parte fino all'utente (tratta secondaria), si compone di molteplici rami, tutti impiegati in accesso singolo. Questa configurazione può essere realizzata con fibra ottica nel ramo primario e sempre con fibra ottica, oppure con impiego di doppini in rame, nelle linee secondarie.<sup>9</sup>

Il numero di UT che può essere servito è limitato dalla perdita di potenza dovuta alla suddivisione (*splitting*) della potenza ottica su più linee e dalla banda minima per utente che è condivisa tra tutti quelli appartenenti allo stesso albero. In altre parole, assegnata la capacità del collegamento a monte dello splitter, il numero massimo di utenti è fissato una volta che sia assegnata la minima banda da garantire a ciascuno di essi. Se la banda nella linea primaria è molto grande, la rete ad albero può essere ulteriormente suddivisa in diverse sottoreti aggiungendo uno o più altri splitter in cascata a valle dello *splitter* principale. In pratica nelle reti commerciali si adottano due livelli di *splitting*.

### **c) Topologia ad albero con anello primario**

Nella topologia ad albero la tratta primaria rappresenta un SPF (*single point of failure*) del sistema di cui è desiderabile aumentare il valore di affidabilità: i cavi utilizzati per la tratta primaria sono generalmente di alta capacità quindi un guasto nel cavo primario è causa di fuori servizio di molte linee. Viceversa i cavi usati nella rete secondaria sono di piccola

---

<sup>8</sup> In alternativa potrebbe trattarsi di una struttura filtrante passiva (mux/demux).

<sup>9</sup> La tratta secondaria potrebbe essere anche realizzata con cavo coassiale: in quest'ultimo caso, che però non trova impiego in Italia salvo che in casi marginali, si parla di rete HFC (*Hybrid Fiber Coax*).





capacità e di conseguenza un guasto su un cavo secondario produce un danno limitato ai pochi UT ad esso attestati.

Per aumentare l'affidabilità della sezione primaria si può ricorrere all'estensione della topologia ad albero mostrata in Figura 4 (c). Nella configurazione ad albero con anello il ramo primario dell'albero è sostituito da un anello, mentre i rami secondari restano inalterati.

È buona norma che i due cavi primari che realizzano l'anello siano installati su percorsi differenti per evitare che possano essere interrotti simultaneamente. Se lo *splitter* è sostituito da un circuito di switch la rete diviene attiva: questo non è desiderabile per ragioni affidabilistiche. Si scelgono pertanto di solito soluzioni passive basate sull'impiego di uno *splitter* 2:n in cui per gestire i circuiti ridondati ad anello:

- in *downstream* si alimenta normalmente un solo ramo primario e si esegue la commutazione lato LT in modo manuale o automatico in caso di guasto;
- in *upstream* si tollera la perdita di 3 dB dovuta alla divisione sui due percorsi in uscita e si esegue la selezione lato LT.

#### **d) Topologie ibride**

Si hanno numerose varianti delle topologie elementari oltre a quella già esaminata dell'albero con anello in primaria. La Figura 4 (d) mostra una diretta generalizzazione dello schema precedente in cui l'anello in primaria serve una molteplicità di nodi remoti (RN), generalmente attivi a cui possono essere attestati sia rami secondari che ulteriori strutture ad anello. Oltre agli svantaggi connessi alla presenza dei dispositivi attivi RN, questa architettura consente valori di banda per singolo utente che dipendono dal fattore di concentrazione e dal numero degli elementi RN distribuiti lungo l'anello.

#### **2.4.2 Sistemi punto-punto in fibra ottica**

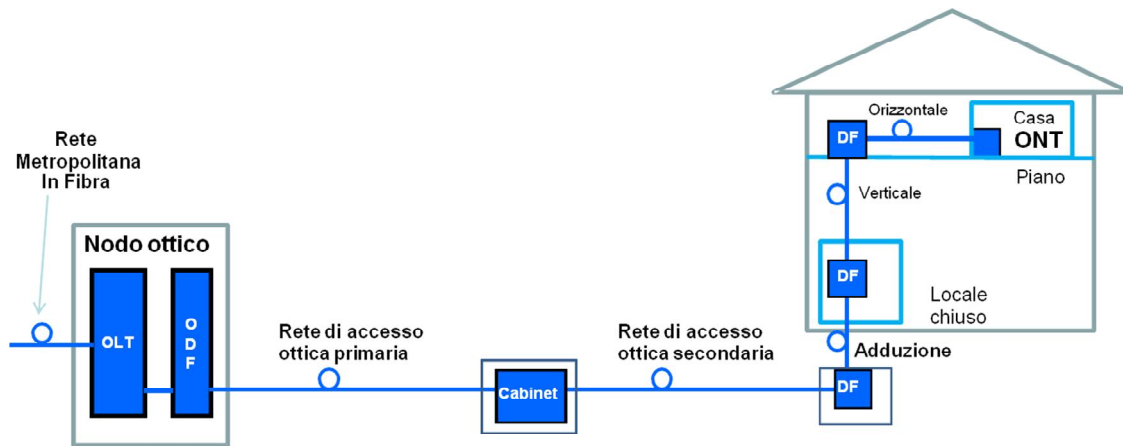
Il sistema PtP in fibra ottica, basato su topologia a stella, prevede collegamenti dedicati in fibra tra OLT e ONU utilizzando tecnologie Fast Ethernet (100 Mbit/s) oppure Gigabit Ethernet (1 Gbit/s). Concettualmente, la struttura della rete d'accesso segue lo schema di principio ben consolidato della rete in rame *legacy*.

Essendo il mezzo trasmissivo ovunque dedicato, questa architettura concettuale si presta a futuri incrementi di banda anche per singoli clienti, via via che si presentano esigenze di traffico e di nuovi servizi (*future proof*). Inoltre un vantaggio che si riconosce al PtP consiste nella sicurezza intrinseca del collegamento ad accesso singolo. Infine, esso è generalmente preferito dagli operatori alternativi che si affidano alle soluzioni di unbundling per servire i propri clienti, in quanto essa si presta a replicare tutti i processi gestionali ben consolidati e sperimentati sulla rete in rame.

In Figura 5 è mostrato lo schema di una rete PtP con architettura FTTH: la connessione in fibra raggiunge l'ONT presso l'abitazione dell'utente finale attraverso diverse terminazioni ottiche (ODF e SDF) in vari punti della rete di accesso. Le terminazioni ottiche DF possono



essere presenti in diversi punti all'interno dell'edificio, alla base e a ciascun piano. Nel caso di applicazioni residenziali, la rete FTTH-PtP viene realizzata con una singola fibra per utente consentendo oggi fino a 100 Mbit/s bidirezionali su distanze fino a 10 km.



**Figura 5: Architettura FTTH-PtP**

### 2.4.3 Sistemi punto-multipunto in fibra ottica

I sistemi PmP di interesse realizzano reti ottiche passive con topologia ad albero, PON (*Passive Optical Network*). Questi sistemi possono essere di tipo FTTH, ovvero anche ibridi rame-ottico di tipo FTTB o FTTC.<sup>10</sup> I sistemi PON si realizzano con dispositivi passivi che diramano le fibre provenienti dal Nodo ottico. I sistemi PON si realizzano a partire da una singola fibra proveniente dal Nodo ottico che si dirama in più fibre per mezzo di uno o più dispositivi passivi in cascata. Pertanto una rete PON riduce sensibilmente il quantitativo di fibra ottica da posare nella rete di accesso. Nelle reti PON più impiegate i dispositivi passivi sono *splitter* di potenza, ciascuno dei quali in *upstream/downstream* suddivide la potenza ottica sui vari collegamenti diretti ai clienti e in *upstream* combina opportunamente i segnali sull'unico collegamento diretto al nodo ottico.

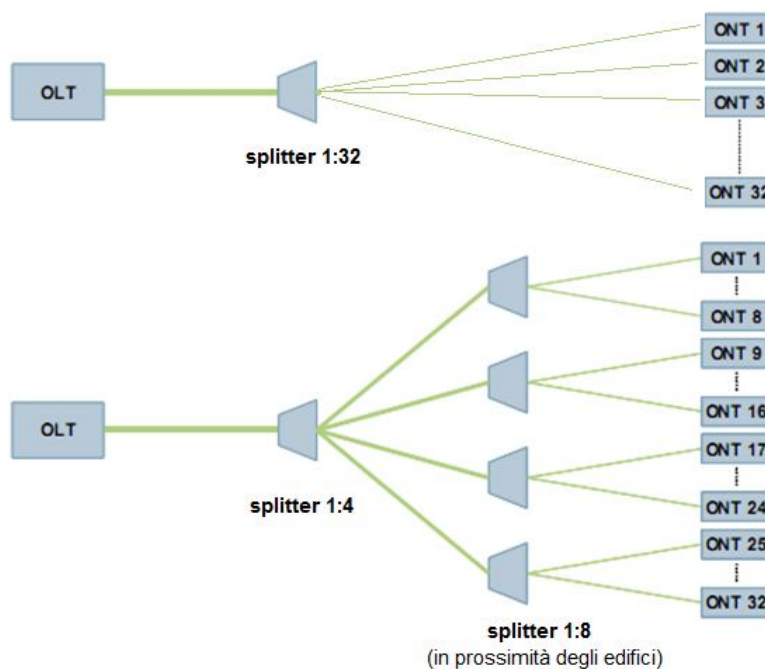
Ogni *splitter* è caratterizzato dal rapporto di divisione, detto *split ratio*,  $1:n$ , ove  $n$  indica il numero di uscite disponibili, che dipende dallo standard utilizzato, dalla banda e dalla massima distanza di copertura. Il rapporto di divisione complessivo ottenuto dalla cascata di *splitter* può oggi raggiungere il valore 1:128 (ovvero per ogni fibra attestata nel nodo ottico possono essere collegati fino a 128 utenti). I valori tipici utilizzati nelle aree metropolitane sono in genere compresi tra 1:32 e 1:64.

In Figura 6 vengono rappresentate due alternative per realizzare una rete PON entrambe

<sup>10</sup> Nel caso FTTC, la tecnica PON può trovare applicazione in Italia in contesti Overlay dove si raccolgono un numero limitato di clienti. In altri contesti l'applicabilità è più complessa poiché, nelle aree densamente popolate, gli armadi stradali della rete in rame servono alcune centinaia di utenti (fino a 400) e, per connettere più armadi sullo stesso ramo, sarebbe necessario un collegamento ottico nel ramo verso la centrale con bande dell'ordine di molte decine di Gbit/s.



con rapporto di divisione complessivo 1:32. Nella prima configurazione si ha un solo splitter con split ratio di 1:32, mentre nella seconda si hanno splitter in cascata (con split ratio rispettivamente di 1:4 e 1:8). Se da un punto di vista funzionale le due reti sono sostanzialmente identiche (stessa portata massima), dal punto di vista realizzativo la soluzione con due livelli di splitting consente di solito una maggiore flessibilità.



**Figura 6: Reti PON con diverse soluzioni di splitting**

L'architettura PON è basata sull'uso di un mezzo ottico condiviso: in direzione *downstream* i segnali sono trasmessi in *broadcast* su tutti i rami in uscita dallo *splitter*. Sono quindi previsti soluzioni tecniche per assicurare la privacy agli utenti (crittografia). In direzione *upstream*, invece, i rami afferenti si contendono l'accesso all'unico collegamento ottico di ingresso: sono quindi previste soluzioni atte ad evitare collisioni e permettere l'accesso multiplo al mezzo condiviso.

I pregi di questa tecnica d'accesso sono riassumibili nella considerevole riduzione del numero dei collegamenti in fibra ottica necessari nella rete di accesso ottica (in particolare nella rete primaria, consentendo così l'impiego di un ridotto numero di fibre che terminano all'OLT/ODF), nonché nell'assenza di apparati attivi da mantenere in postazioni remote. Di contro, questa tecnica necessita del controllo dell'accesso multiplo in direzione upstream, mentre la banda disponibile in downstream è suddivisa tra gli utenti che la condividono secondo capacità allocate dinamicamente quindi, ad esempio, se un solo utente è attivo questi può usufruire di tutta la banda messa a disposizione.

Le soluzioni PON consentono di realizzare agevolmente anelli sulla rete primaria che migliorano la disponibilità della rete di accesso con l'eccezione dell'ultima tratta (rete secondaria).

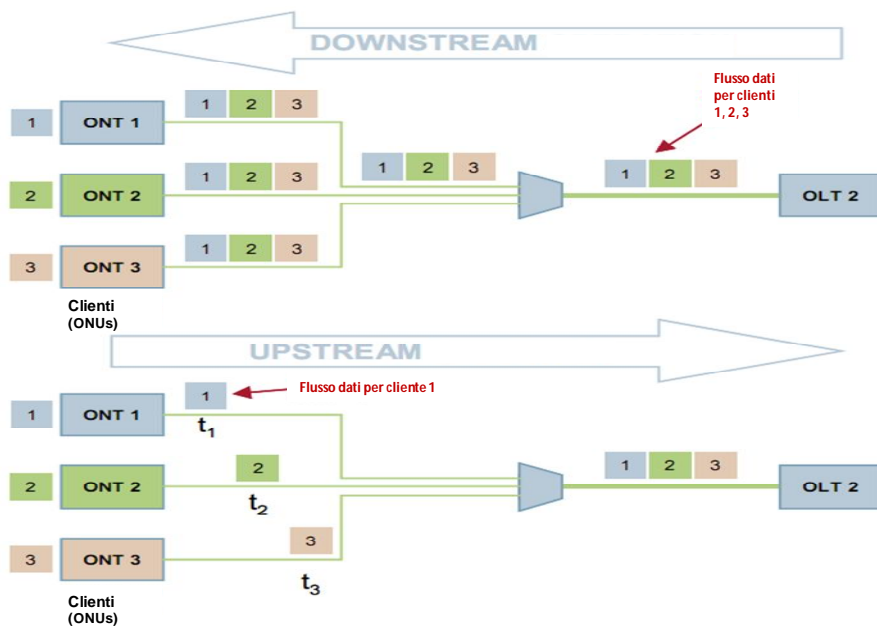
### 3 TECNICHE DI ACCESSO AL MEZZO NELLE RETI PON

Nelle reti PON, è possibile utilizzare due tecniche di accesso multiplo al mezzo condiviso basate rispettivamente sulla moltiplicazione e accesso multiplo a divisione di tempo (Time Division Multiplexing/Time Division Multiple Access TDM/TDMA) e sulla moltiplicazione di lunghezza d'onda (Wavelength Division Multiplexing, WDM) per realizzare più collegamenti contemporanei nella singola fibra. La prima è una tecnologia matura, mentre la seconda è ampiamente utilizzata nell'ambito della rete di trasporto ma la sua applicazione in accesso ad ampio spettro è ancora in fase di sviluppo.

#### 3.1 Reti PON a divisione di tempo (TDM)

Nelle reti PON-TDM, vengono utilizzate due lunghezze d'onda differenti per la trasmissione *downstream* e *upstream* (collegamenti a fibra singola). Le logiche di controllo dell'accesso al mezzo condiviso sono realizzate dall'OLT nel Nodo ottico che gestisce la banda condivisa tra gli utenti. L'OLT trasmette in moltiplicazione a divisione di tempo (TDM) in direzione downstream: ciascun ramo ONU/ONT ha uno slot dedicato (Figura 7). Dato che questa trasmissione è comunque in broadcast, per motivi di sicurezza i segnali sono crittografati con lo standard AES. L'OLT gestisce le trasmissioni *upstream* dalle stazioni ONU/ONT abilitandole alla trasmissione in specifici istanti per evitare collisioni di traffico. Per compensare i diversi ritardi di propagazione dovuti alle diverse lunghezze dei rami, L'OLT distribuisce un segnale di sincronizzazione alle ONT, che ritardano le trasmissioni proporzionalmente alla loro distanza tramite misure di Round Trip Time (RTT).





**Figura 7: Principio di funzionamento in downstream e upstream di una rete TDM-PON**

Due enti di standardizzazione hanno definito protocolli TDM-PON:

- ITU-T, che ha definito il protocollo ITU G.984 Gigabit-capable-PON (GPON);
- IEEE, che ha invece definito il protocollo 802.3ah Ethernet-PON (EPON).

Il protocollo GPON è un'estensione dei protocolli ITU-T G.983 ATM-PON (APON) e ITU-T Broadband-PON (BPON) che prevede l'utilizzo di differenti intervalli di lunghezza d'onda (finestre): la finestra 1480-1500 nm per la trasmissione downstream<sup>11</sup> (in genere si usa 1490 nm) e la finestra 1260 -1360 nm per la trasmissione upstream (in genere si usa 1310 nm).

Il protocollo GPON opera tipicamente a circa 2,5 Gbit/s in downstream<sup>12</sup> e a circa 1,25 Gbit/s in upstream con massimi valori di split ratio ammessi di 1:128. Attualmente è possibile coprire distanze massime di 20 km, che potranno essere estese in futuro fino a oltre 40 km.

Il protocollo EPON, che utilizza il formato di trama Ethernet, ha efficienza minore rispetto a GPON: esso risulta poco impiegato con l'eccezione di alcuni Paesi in area asiatica e in misura limitata nel Nord America e per questo motivo qui non viene ulteriormente

<sup>11</sup> Alcuni dispositivi consentono nel *downstream* l'uso contemporaneo della lunghezza d'onda a 1550 nm per la trasmissione di segnali video. Tale applicazione nasce per soddisfare l'esigenza di operatori di TV via cavo in ambito USA, i quali possono integrare in GPON le loro reti *legacy* a trasmissione analogica. La lunghezza d'onda che poco si presta alla trasmissione di segnali digitali, è modulata a radio frequenza, oggi più utilizzati per la diffusione di segnali video.

<sup>12</sup> E' stata recentemente definita un'estensione del protocollo GPON detto x-GPON1 (10Gbit capable PON) nelle raccomandazioni ITU-T G.987 e G.988. Questi sistemi consentono velocità di 10 Gbit/s downstream e 2,5Gbit/s upstream (10GPON) e possono coesistere sullo stesso albero GPON con i sistemi di prima generazione..

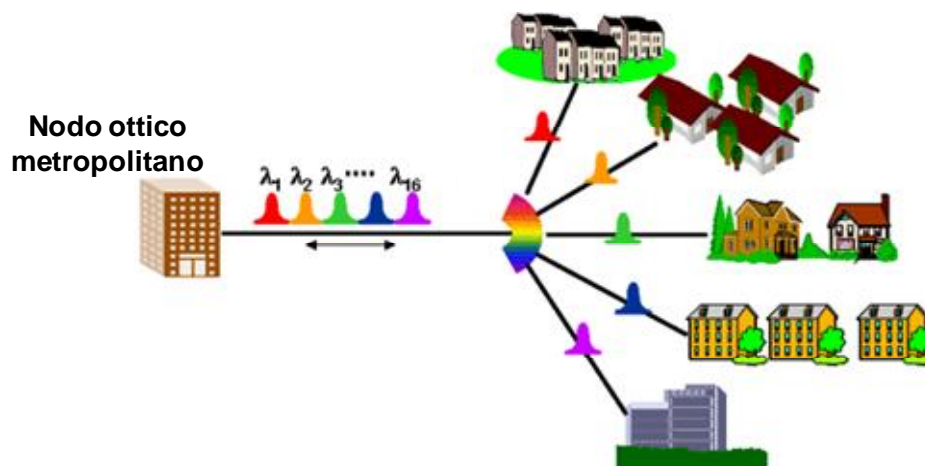
considerato.

## 3.2 Reti PON a divisione di lunghezza d'onda (WDM)

I sistemi WDM consentono di estendere la capacità di trasmissione delle PON mediante tecniche di moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda: flussi diversi di dati sono trasmessi su fibra ottica utilizzando lunghezze d'onda differenti (Figura 8).

Il WDM, quindi, attua la moltiplicazione dei flussi coniugando i vantaggi realizzativi delle architetture PON con la possibilità di separare a livello fisico il traffico degli utenti. Attraverso queste tecniche uno o più utenti appartenenti alla stessa rete possono essere serviti mediante un colore (o lunghezza d'onda, " $\lambda$ ") differenziandosi dagli altri utenti che utilizzano colori differenti e conseguentemente appartengono ad altre reti.

Sono allo studio metodi basati su tecniche di moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda sia di tipo "Coarse" (CWDM) fino a 18 colori, che di tipo "Dense" (DWDM) fino a 162 colori.



**Figura 8: Principio di funzionamento del WDM in rete di accesso**

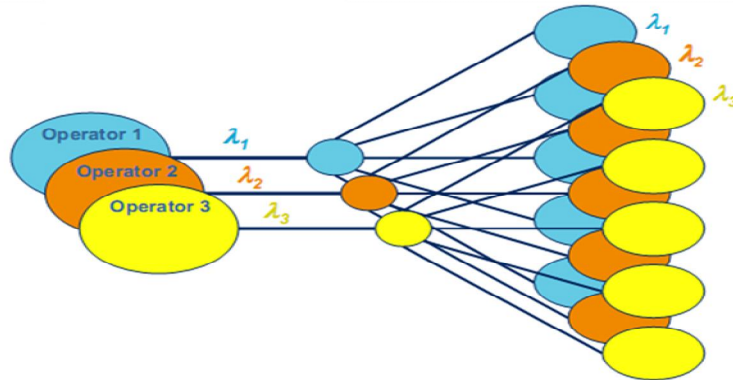
### 3.2.1 Opzioni di unbundling in WDM-PON

È importante distinguere tra due differenti tipi di rete PON che utilizzano le tecniche WDM:

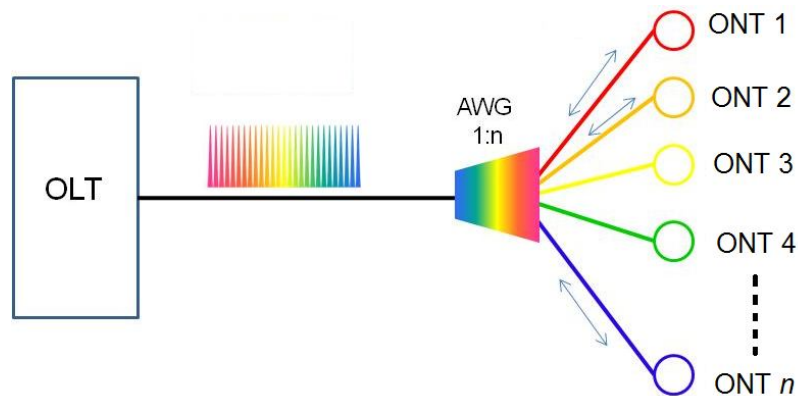
- nelle "reti *Stacked GPON*" le reti TDM-PON sono separate logicamente e fisicamente attraverso l'uso di diverse lunghezze d'onda: in sostanza ogni operatore può utilizzare e gestire una o più lunghezze d'onda per servire i propri clienti (Figura 9);



- nelle “reti WDM-PON” propriamente dette si usano diverse lunghezze d’onda per separare i singoli utenti: ogni cliente utilizza in maniera esclusiva una lunghezza d’onda a lui assegnata (Figura 10).



**Figura 9: Stacked GPON: ogni operatore utilizza un colore diverso**



**Figura 10: WDM-PON: ogni utente utilizza un colore diverso**

Come accennato, più GPON possono coesistere e formare uno *stack* sulla stessa infrastruttura di rete attraverso il *multiplexing* di lunghezze d’onda; si può considerare quindi un’opzione di unbundling che usa la tecnologia WDM per separare reti GPON che incidono sulla stessa infrastruttura. In tale maniera differenti operatori possono coesistere simultaneamente ed indipendentemente su una infrastruttura PON comune.

In linea di principio, ogni operatore alternativo deve essere presente nel Nodo ottico metropolitano per connettere la propria infrastruttura di rete PON.

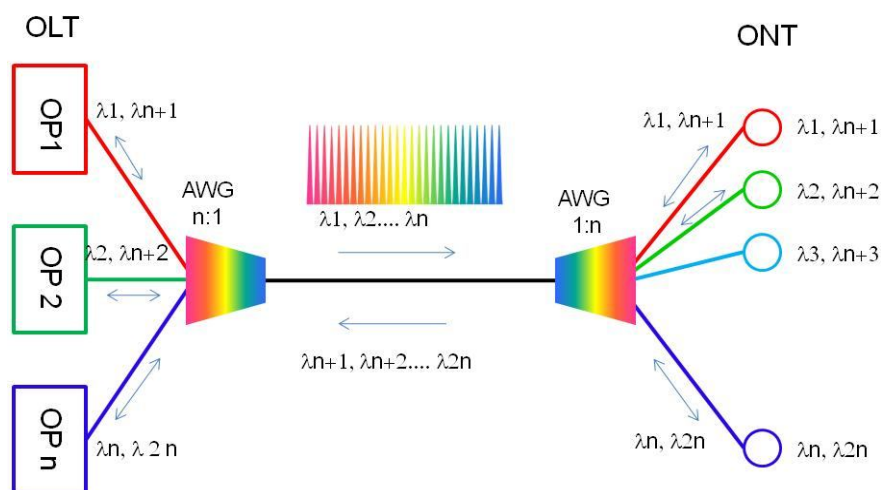
Per realizzare la tecnica WDM si possono utilizzare i dispositivi AWG (*Arrayed Waveguide Grating*), filtri passivi che permettono di combinare e di separare lunghezze d’onda differenti. Nello schema di Figura 10, l’ AWG è un dispositivo ottico 1:n che separa un segnale ottico composto da  $n$  colori su altrettante fibre ottiche di uscita. Per la capacità di instradare i flussi di dati su specifici rami, viene anche chiamato “AWG *router*”. Grazie alla proprietà di

“ciclicità”, l’AWG può essere usato simultaneamente come moltiplicatore e come demoltiplicatore (mux/demux).

La Figura 11 mostra una *stacked* PON utilizzata in uno scenario orientato alla condivisione della rete tra diversi operatori. Il segnale multiplex ottico è generato moltiplicando attraverso un AWG posto nel Nodo metropolitano ottico i segnali ottici prodotti dagli OLT dei vari operatori.

Ogni operatore raggiunge i propri clienti che ricevono i dati sulla lunghezza d’onda a lui assegnata e viceversa; la topologia equivalente non è di tipo PtP come nel caso precedente ma è di tipo PmP.

Per quanto riguarda il modello di condivisione tra operatori nei due casi di *stacked* PON e WDM-PON, si osserva quanto segue:



**Figura 11: Rete WDM-PON Multioperatore**

- nello scenario WDM-PON a ogni utente è assegnata una coppia di colori e ogni operatore gestisce direttamente soltanto i collegamenti ai suoi ONT appositamente configurati;
- nello scenario WDM-PON multioperatore ogni utente è raggiunto da tutti i colori adoperati dagli operatori e seleziona il proprio colore di appartenenza attraverso il proprio ONT che opera un filtraggio.

Le tecnologie WDM per le reti di accesso sono in via di maturazione: alcune soluzioni di apparati WDM-PON sono già in sperimentazione ed in alcuni casi soluzioni proprietarie sono in esercizio nelle aree asiatiche (ad es. in Corea). Prodotti commerciali su scala industriale per le soluzioni qui illustrate sono previsti nell’arco dei prossimi due o tre anni.







## 4 ESAME DELLE DIVERSE MODALITÀ DI UNBUNDLING, DEFINIZIONI E CARATTERISTICHE

L'accesso disaggregato alle risorse fisiche consente ad un operatore di utilizzare una porzione di infrastruttura fisica di proprietà di un altro soggetto. Come suggerito nella Sezione 2.3, per potere sviluppare la competizione basata sulle infrastrutture è utile sezionare in più parti la rete di accesso identificando i *building block* che, combinati insieme, consentono ad un operatore di raggiungere i propri clienti.

Le modalità di *unbundling* considerate in questa Sezione sono esaminate tenendo anche conto dei risultati ottenuti nel contesto internazionale, con particolare riferimento a quanto stabilito dalla NGA Recommendation della Commissione europea e ai documenti del BEREC<sup>13</sup>. L'accesso in vari punti di sezionamento è possibile sia al caso di rete FTTH che alla configurazione ibrida FTTC dove la fibra raggiunge un punto di sezionamento intermedio a valle del quale sono installati apparati VDSL. In questa Sezione sono esaminate in dettaglio le varie modalità possibili.

In accordo al principio enunciato nella bozza di raccomandazione della Commissione europea sulla suddivisione del territorio in aree geografiche a diversa profittabilità, identificate come Cluster 1, 2 e 3, le modalità di *unbundling* potranno essere disciplinate diversamente dall'Autorità nelle diverse aree. Nell'individuare le proposte contenute in questo documento è stato tenuto in considerazione l'orientamento della Commissione europea in tema di competizione sulla NGA che, a vantaggio dell'utente finale, mira a stimolare sia gli aspetti concorrenziali nelle aree più profittevoli sia lo sviluppo condiviso delle infrastrutture nelle altre aree geografiche. Pertanto, pur essendo descritte in questa sezione le diverse modalità di accesso disaggregato, è necessario tenere conto che l'effettiva possibilità e modalità di accesso a risorse in *unbundling* sarà principalmente condizionata da come si svilupperà la nuova rete. La Commissione europea, nella NGA Recommendation, indica che le Autorità nazionali dovrebbero utilizzare gli opportuni strumenti di rilevazione per individuare le aree nelle quali il livello di concorrenza abbia raggiunto già un buon livello di competizione e valutare se imporre o meno eventuali obblighi regolamentari di fornitura di servizi di *unbundling*. Nelle altre aree la Commissione indica che, indipendentemente dall'architettura o dalla tecnologia adoperata, il punto di interconnessione normalmente preferibile è il MPoP.

In tema di *unbundling* la proposta contenuta nella bozza delle Linee guida di suddividere il territorio in Cluster consentirebbe di individuare regole di apertura della rete differenziate in considerazione delle diverse condizioni competitive che si dovessero rilevare su ciascuna area. Le aree classificate come Cluster 1, ossia le zone ad alta profittabilità nelle quali si rilevasse con opportuni strumenti un'alta competizione infrastrutturale, non dovrebbero essere soggette in generale a obblighi di *unbundling*.

---

<sup>13</sup> Next Generation Access – Implementation Issues and Wholesale Products - BEREC Report – marzo 2010.



**Se la competizione infrastrutturale nelle aree di Cluster 1 riuscirà a svilupparsi pienamente, il monopolio della rete potrebbe manifestarsi nel cablaggio dei condomini e, di conseguenza, le risorse da rendere accessibili in unbundling dovrebbero essere quanto meno quelle di edificio.**

Come descritto nella Sezione 2, le reti NGN possono essere realizzate secondo diverse configurazioni e diverse topologie. In pratica l'accesso disaggregato può essere eseguito in uno o più dei seguenti punti di sezionamento:

- in prossimità dell'edificio in un box interno o in un armadio all'esterno;
- in un armadio di terminazione, o in un pozzetto, posto al confine tra la rete primaria e la rete secondaria;
- nel nodo ottico metropolitano.

Per potere utilizzare una delle suddette modalità di *unbundling* l'operatore ospitato deve terminare i propri portanti in uno qualsiasi dei punti di accesso e chiedere all'operatore ospitante di accedere alle risorse fisiche disponibili nel raccordo finale verso il cliente.

Per la definizione dell'*unbundling* del rilegamento d'utente bisogna considerare che le diverse topologie di rete adottate nell'accesso a banda ultralarga FTTH hanno caratteristiche tecniche diverse e che nelle reti PON, che utilizzano elementi di concentrazione passivi come gli splitter, l'accesso in *unbundling* verso l'unità immobiliare potrà essere offerto solo a valle di questi componenti.<sup>14</sup>

In particolare in funzione dell'architettura scelta è possibile identificare il rilegamento di utente oggetto di offerta disaggregata nei seguenti casi:

- Reti PtP da centrale: Unbundling del rilegamento d'utente da centrale alla borchia utente, ottenuto come composizione di tratte di fibra ottica in primaria, in secondaria, in adduzione e all'interno dell'edificio, tutte dedicate al singolo cliente e giuntate o meno a seconda delle soluzioni tecniche adottate.
- Reti GPON con Splitter in armadio o pozzetto: Unbundling del rilegamento d'utente dall'armadio o pozzetto alla borchia utente, ottenuto come composizione di tratte di fibra ottica in secondaria, in adduzione e all'interno dell'edificio, tutte dedicate al singolo cliente e giuntate o meno a seconda delle soluzioni tecniche adottate.
- Per tutte le tipologie di reti: Unbundling del rilegamento utente nel tratto finale dopo la secondaria e sino alla borchia d'utente, ottenuto come composizione di tratte in fibra

<sup>14</sup> Next Generation Access – Implementation Issues and Wholesale Products – Berec Report – March 2010 [http://www.irg.eu/streaming/BoR%20\(10\)%2008b%20Annex%20to%20the%20BEREC%20report%20on%20NGA%20wholesale%20products.pdf?contentId=546809&field=ATTACHED\\_FILE](http://www.irg.eu/streaming/BoR%20(10)%2008b%20Annex%20to%20the%20BEREC%20report%20on%20NGA%20wholesale%20products.pdf?contentId=546809&field=ATTACHED_FILE)



in adduzione (eventualmente) e all'interno dell'edificio, tutte dedicate al singolo cliente e giuntate o meno a seconda delle soluzioni tecniche adottate.

Nella configurazione FTTC il sezionamento è di solito ubicato all'esterno in un container in prossimità di un armadio di rete esistente o in un locale attrezzato. Nel caso di configurazioni FTTC, con tratta in rame nella rete secondaria, l'accesso in *unbundling* dal punto di sezionamento al *sub-loop* di utente potrebbe essere realizzato mediante tre diverse configurazioni di rete:<sup>15</sup>

- La prima soluzione prevede l'invio del segnale xDSL sia dal nodo di rete collocato in una centrale sia da un sezionamento della rete in rame in *sub-loop*. L'operatore ospitato può quindi scegliere il punto in cui immettere il segnale dei propri clienti: nel nodo ottico metropolitano o dal cabinet della tratta FTTC.
- Nel secondo caso dovrebbe essere previsto un punto di sezionamento che dovrebbe permettere all'operatore ospitato di accedere alle singole coppie in rame. La seconda soluzione è quella che prevede di immettere il segnale xDSL degli operatori ospitati solo dal nodo ottico: con questa configurazione tutti i segnali di utente xDSL sono multiplati e trasportati fino al cabinet FTTC con un portante ottico. Nel cabinet i segnali sono demultiplati e iniettati sulla rete in rame. Con questa soluzione l'operatore ospitato accede alla rete solo nella centrale dell'operatore ospitante.
- La terza soluzione è quella che prevede di trasformare il cabinet in una postazione decentrata nella quale si svolgono tutte le funzioni del nodo di rete. Nel cabinet, in particolare, si realizza un nuovo ripartitore e possono essere attestati i segnali provenienti dai DSLAM degli operatori ospitati che sono demultiplati localmente.

In alternativa all'acquisizione di risorse fisiche, come anticipato nella Sezione 2.3 gli operatori ospitati potrebbero accedere a forme di *unbundling* virtuale del rilegamento di centrale, VULA, che offrano le garanzie di accesso dedicato all'utenza e il controllo del servizio consentendo la replica dell'offerta di servizi dell'operatore proprietario dell'infrastruttura. Abilitando l'interconnessione a livello di centrale locale, infatti, il VULA è una modalità di *unbundling* "logico" del rilegamento d'utente che consente la fornitura del servizio al cliente finale con caratteristiche simili a quelle che si avrebbero con risorse fisiche dedicate, indipendentemente dall'architettura e dalla tecnica adottata dall'operatore che fornisce l'accesso. Come precisato anche dalla Commissione europea, il VULA dovrebbe consentire, almeno per un periodo transitorio, la differenziazione del prodotto e l'innovazione in maniera simile all'*unbundling* fisico, con un sufficiente livello di controllo da parte degli stessi operatori ospitati nella rete. La Commissione ha già confermato nel giugno scorso la decisione di OFCOM di permettere transitoriamente a BT l'*unbundling* virtuale per la NGN (almeno per i

---

<sup>15</sup> Ad esempio una modalità di accesso FTTC è prevista in Francia dall'ARCEP «*Mise en œuvre de l'accès a la sous-boucle et articulation avec le développement du très haut débit*». Octobre 2009.



prossimi quattro anni)<sup>16</sup> e ha comunicato un'analoga conclusione in luglio all'Autorità austriaca RTR per Telecom Austria.<sup>17</sup>

In aggiunta alle modalità di unbundling fisico possibili con la tecnologia attuale, in futuro saranno disponibili anche soluzioni basate sulla divisione della lunghezza d'onda. Queste soluzioni consentiranno infatti l'unbundling del rilegamento d'utente dedicando a ciascun cliente una lunghezza d'onda all'interno della rete in fibra con punto di accesso per gli operatori in centrale. In tal modo si riusciranno a realizzare dei rilegamenti ottici dedicati al cliente da centrale anche in strutture PmP.<sup>18</sup> I recenti sviluppi tecnologici hanno reso meno remota la prospettiva di immissione sul mercato di soluzioni commerciali a costo contenuto e le opportunità future offerte dai sistemi a divisione di lunghezza d'onda sembrano essere di interesse per potere aggiungere elementi di flessibilità alle infrastrutture di rete.

Per accedere alle risorse di rete di accesso disaggregate l'operatore deve potere usufruire di alcuni servizi accessori come l'affitto di spazi per apparati da parte dell'operatore che fornisce l'unbundling o in strutture di terzi prossime ai punti di sezionamento. In questo secondo caso, l'operatore ospitato, in accordo con l'operatore ospitante, dovrà prevedere adeguati segmenti di raccordo tra la propria infrastruttura e quella dell'operatore cedente.

## 4.1 Quadro internazionale

In Olanda l'OPTA ha introdotto per l'unbundling i seguenti obblighi regolamentari:

- Unbundling dei segmenti terminating e feeder ma non per il backhauling.
- Accesso al permutatore ottico per FTTH-PtP con le seguenti regole di pricing:
  - Caso FTTH: una remunerazione ragionevole degli investimenti, incluso un risk premium specifico per progetto (price-cap pluriennale sulla base degli "IRR, Implementing Rules and Regulations").
  - Caso non FTTH: orientamento dei prezzi ai costi sulla base degli FDC (Fully Distributed Cost) e del CCA (Capital Cost Allowance).

Con riferimento al cabinet unbundling, è stato posto in capo a KPN l'obbligo di offrire l'accesso disaggregato all'armadio stradale e i servizi ausiliari di collocazione e di backhaul.

---

<sup>16</sup><http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/654&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=it>

<sup>17</sup><http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/760&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>

<sup>18</sup> In futuro nelle strutture PmP potrebbero anche affermarsi, in analogia a quanto da tempo è avvenuto nel settore radiomobile, anche soluzioni di accesso basate su tecniche a divisione di codice, OCDMA (*Optical Code Division Multiple Access*) oggi allo studio principalmente in Giappone.



È prevista la differenziazione geografica dei prezzi e sono individuate cinque categorie di zone con prezzi diversi.

Reggefiber fornisce un accesso aperto basato sull'unbundling della fibra (anche accesso ODF), congiuntamente a servizi di co-locazione (nel PoP di area) e servizi di backhaul (dal PoP di Area al CityPoP). I servizi di backhaul sono offerti con fibre scure.

In Portogallo la condivisione della fibra negli edifici è obbligatoria con il decreto legge 123/2009; tuttavia, al momento, non si è a conoscenza di un contratto standard o di un'offerta di riferimento. Le condizioni per la condivisione (costi, responsabilità, etc.) saranno definite da un futuro regolamento del Governo.

In Svizzera l'accesso ai caviddotti di Swisscom è imposto sulla base di un riscontro effettivo di significativo potere di mercato. In questo momento non vi sono misure simmetriche in atto per l'accesso FTTH e l'analisi di mercato viene eseguita solo se l'operatore incumbent nega esplicitamente la posizione di SMP.

In Gran Bretagna è stato introdotto l'obbligo di accesso locale disaggregato virtuale (VULA) sulle reti BT sia di tipo FTTH che FTTC. Esso dovrebbe essere fornito da BT in tutte le aree dove l'operatore ha realizzato una rete NGA.

In Francia la legge stabilisce un principio di condivisione, obbligando l'operatore che è designato dal proprietario dell'immobile, a installare la fibra nell'edificio entro un tempo stabilito e a consentire agli operatori terzi l'accesso alla rete a condizioni non discriminatorie, di pertinenza, di obiettività e di efficacia degli investimenti. L'operatore firmatario del contratto assume l'onere di tutte le operazioni (installazione, gestione, manutenzione ed eventuale sostituzione) che sono necessarie a garantire l'accesso a terzi alle sue stesse condizioni. L'accordo autorizza l'uso da parte di altri operatori di linee e di strutture (armadi e tubazioni) installati dal gestore del firmatario accessibile mediante un listino di interconnessione concordato tra gli operatori.

## **4.2 Posizioni in tema di unbundling emerse nell'ambito dei lavori del Comitato**

In tema di *unbundling* fisico alcuni primari operatori alternativi hanno affermato per le reti NGAN la necessità di continuità rispetto allo scenario regolatorio attuale, applicando i medesimi modelli di competizione oggi esistenti. Tale posizione è favorevole al mantenimento dell'attuale declinazione unica di mercato geografico, che coincide quindi con l'intero territorio nazionale, e mira ad applicare alle infrastrutture in fibra ottica le stesse regole attualmente vigenti per la rete in rame.

Secondo questi operatori la modalità di unbundling di esclusivo interesse è ovunque l'acquisizione di risorse fisiche da centrale, ossia dal nodo ottico metropolitano. Essi



ritengono che l'architettura PtP potrà consentire l'unica forma di *unbundling* adatta a promuovere e a garantire lo sviluppo di un mercato competitivo. Forme differenti di *unbundling* sono giudicate di interesse scarso o addirittura nullo e, comunque, di applicabilità limitata. In merito alle ipotesi di reciprocità nella cessione dei building block questi stessi operatori alternativi hanno rappresentato la irremovibile contrarietà e nessuna apertura alla discussione in relazione alle aree geografiche che essi dovessero cablare anche in zone diverse da quelle coperte dalla rete dell'operatore notificato, poiché questo comporterebbe, a loro giudizio, l'identificazione impropria di altri soggetti quali detentori di SMP in una specifica area geografica subnazionale, a tutti gli effetti non definita nei Mercati 4 e 5 e non definibile salvo l'esecuzione di una nuova analisi di mercato peraltro ritenuta non necessaria. In assenza pertanto della identificazione di nuove figure SMP, ciascun operatore alternativo dovrebbe quindi avere piena facoltà di negoziare le condizioni di accesso alla propria rete su base commerciale poiché *“a differenza di un operatore identificato come detentore di SMP, un operatore potrà definire autonomamente le condizioni economiche e tecniche per l'eventuale fornitura di un proprio servizio wholesale”*<sup>19</sup>. Inoltre gli stessi operatori alternativi hanno sottolineato numerosissime volte la loro ferma convinzione che le architetture PtP sarebbero quelle che garantiscono maggiore qualità di servizio, minori costi di gestione, a fronte di investimenti di poco superiori a quelli richiesti da un'architettura GPON.

Telecom Italia ha d'altra parte sostenuto che, in considerazione del cambio tecnologico che ci sarà con la nuova rete, occorre rivedere, a proprio parere, le modalità tradizionali di gestione del servizio oggi offerto in *unbundling* con la rete in rame prendendo atto del livello di competizione già raggiunto sul mercato dalla banda larga in alcune aree del Paese. Sempre secondo questo operatore, tale posizione sarebbe coerente con la bozza di raccomandazione NGN della Commissione europea che propone di riesaminare l'approccio tradizionale di mercato nazionale e che invita le Autorità nazionali a valutare le condizioni di competizione nelle differenti aree geografiche.

L'operatore ha sostenuto, inoltre, che dal punto di vista tecnico e di processo, la rigida applicazione alle infrastrutture in fibra ottica delle regole attualmente vigenti per la rete in rame (ossia l'obbligo di *unbundling* in centrale) equivalga nei fatti ad adottare una soluzione di tipo FTTH-PtP, indipendentemente dai valori assunti dai driver tecnico-economici che potrebbero consigliare caso per caso altre scelte ottimali, con la conseguenza di violare i principi di libera imprenditorialità e neutralità tecnologica che consentono ad ogni soggetto economico di scegliere le soluzioni tecniche ed economiche ritenute più opportune. Sempre Telecom Italia ha segnalato il rischio che, in presenza di tale eventuale obbligo regolatorio, peraltro ritenuto non legittimo, l'unica conseguenza sarebbe il congelamento sine die degli investimenti sulla nuova rete.

A sostegno della propria tesi, l'operatore storico ha affermato che la rete PmP è invece l'unica in grado di fornire servizi adatti alle esigenze del mercato con investimenti e costi di esercizio, a suo giudizio, molto inferiori a quelli necessari per una architettura PtP, ribadendo

---

<sup>19</sup> Si vedano le risposte fornite alla domanda Q.5.B.1 dei questionari.

peraltro il proprio dissenso in relazione alle valutazioni di costo riferite dagli operatori alternativi sostenitori del PtP.

Come è noto sul tema dei costi delle due soluzioni (PtP vs GPON) è vanamente in corso da molto tempo un dibattito nel Paese. Dopo un tentativo della Presidenza del Comitato NGN Italia di convincere gli operatori ad investire in uno studio da affidare a terza parte indipendente, purtroppo fallito, e dopo avere provato ad effettuare un'analisi in contraddittorio attraverso un apposito quesito erogato agli operatori (Quesito Q.5.B.3), che ha purtroppo dato risultati scarsi ed insoddisfacenti, si è provveduto a realizzare due studi, di cui si darà conto nel seguito (Sezione 7 e Appendici A e B), con collaborazioni volontarie da parte di due team di studiosi qualificati che hanno operato indipendentemente tra loro.

Nelle aree identificate come cluster 2 gli obblighi di unbundling dovrebbero essere diretti verso un operatore individuato come SMP in una diversità di situazioni:

- Nei casi in cui l'infrastruttura dovesse essere realizzata mediante qualche forma di finanziamento pubblico le risorse in unbundling dovrebbero essere accessibili anche da centrale oltre che nel box posto alla base dell'immobile o in prossimità dell'edificio.
- Nel caso in cui la rete dovesse essere realizzata da un soggetto privato diverso da un operatore, l'accesso in unbundling dovrebbe essere possibile nel box posto alla base dell'immobile o in prossimità dell'edificio o, in alcune situazioni, anche da un punto di sezionamento ospitato in un armadio stradale.

### **4.3 Unbundling in prossimità dell'edificio**

L'unbundling in prossimità dell'edificio è la modalità con cui gli operatori possono acquisire risorse di rete sulla parte terminale del segmento di accesso FTTH. La cablatura di edificio è un aspetto critico per lo sviluppo delle nuove reti perché gli impianti condominiali sono di difficile replicabilità. Il raccordo tra le fibre di edificio e quelle provenienti dalla rete può avvenire nei seguenti modi:

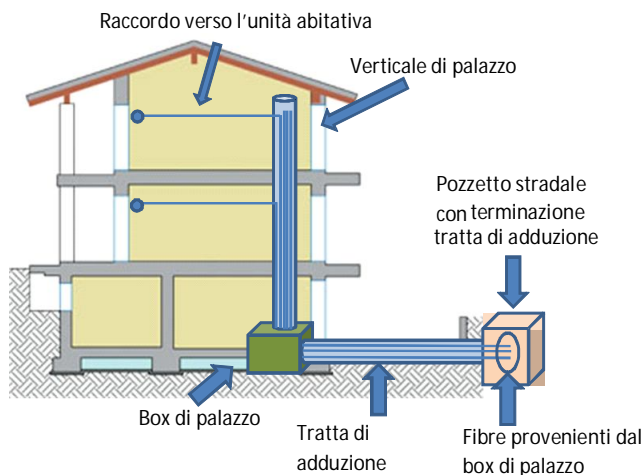
- le fibre sono giuntate e collocate all'interno di un box;
- le fibre sono terminate con connettori e attestate su un permutatore locale o una striscia di permutazione all'interno di un armadietto.

Per potere accedere direttamente alle risorse di immobile un operatore dovrebbe realizzare una propria infrastruttura fino alla base del palazzo per poi accedere alle risorse dell'edificio mediante una tratta di adduzione propria o di un altro operatore ovvero di un altro soggetto che ne ha la gestione. In alternativa la permuta può essere eseguita in un punto di accesso collocato al di fuori dell'immobile, sul suolo pubblico o privato, in un armadio o in un pozzetto.





La realizzazione e la gestione dell'impianto ottico di edificio dovrebbe essere affidata ad un operatore di immobile, che dovrebbe essere obbligato a condividere le infrastrutture con operatori terzi per permettere a questi di fornire il servizio a banda ultralarga nell'edificio. Le modalità di accesso alla tratta di adduzione sono delineate nel documento di proposta di Linee guida. La Figura 12 presenta un modello schematico per il collegamento d'immobile. L'elemento di frontiera tra l'impianto di palazzo e la rete di accesso è il pozzetto stradale dal quale si accede alla tratta di adduzione.



**Figura 12: Rilegamento tra l'impianto di palazzo e la rete di accesso**

Per la fornitura di servizi di comunicazione elettronica all'interno dell'edificio possono essere individuati due ruoli:

- *operatore del servizio* che è quello che acquisisce le risorse in unbundling e che offre servizi a banda ultralarga a clienti residenti nelle unità immobiliari dello stabile.
- *operatore di immobile* che è il responsabile unico della gestione e della manutenzione del cablaggio di edificio e che deve consentire l'accesso all'infrastruttura agli operatori di servizio che chiedono di impiegare l'impianto.

L'operatore di immobile sarebbe quindi il soggetto che opera sull'impianto del singolo edificio il quale avrebbe la responsabilità di eseguire o comunque di supervisionare la realizzazione del cablaggio verticale e di fornire le fibre dell'impianto dell'edificio a fronte della remunerazione per il noleggio delle risorse e di eventuali contributi specifici di attivazione. Se altri operatori richiedono fibre ottiche in *unbundling*, l'operatore di immobile le predispone. Il cablaggio di immobile, deve essere infatti, dal punto di vista tecnico, una soluzione che consenta da un lato agli utenti finali di scegliere il proprio operatore FTTH e, dall'altro, deve permettere agli operatori ospitati di implementare senza condizionamenti la soluzione architeturale scelta.

Negli edifici non ancora cablati quando un operatore, per primo, decide di connettere un'unità immobiliare esso dovrebbe essere designato come operatore di immobile. Nel caso in cui il cablaggio venga realizzato da un soggetto terzo, ad esempio nel corso di ristrutturazione di edifici, questo potrà divenire l'operatore di immobile e potrà gestire direttamente le risorse o decidere di affidarle a un operatore pubblico di telecomunicazioni. E' opportuno considerare i casi in cui adottare la figura dell'operatore di immobile in quanto nei casi di condomini con poche unità abitative l'istituzione appare di scarsa utilità.

***Per la realizzazione e la gestione dell'impianto condominiale, sia nel caso greenfield che nel caso brownfield, sarà importante indicare un soggetto responsabile delle installazioni, della gestione e della manutenzione del cablaggio verticale.***

Nel caso di edifici esistenti nei quali siano già disponibili infrastrutture, anche se parzialmente occupate, per la realizzazione del cablaggio ottico le soluzioni tecniche adottate dovrebbero essere tali da garantirne il massimo riuso.

Per il cablaggio verticale negli immobili si possono identificare due tecniche per l'installazione degli impianti:

- cavi multipli: l'operatore di immobile può scegliere di cablare fin da subito l'intero palazzo mediante cavi multifibra, collegando soltanto il primo utente e predisponendo ad ogni piano i collegamenti per gli altri utenti;
- cavi singoli: l'operatore di immobile sceglie di cablare gli utenti dell'edificio "on demand" mediante l'utilizzo di cavetti singoli dal box fino alla borchia di attestazione all'interno dell'unità abitativa. Tale scenario potrebbe rivelarsi conveniente qualora nel palazzo sia disponibile un'infrastruttura preesistente facilmente accessibile e sufficientemente ampia per contenere i cavetti singoli per tutte le unità abitative dello stabile e si prevede che la richiesta di connessioni alla rete ottica possa avvenire lentamente nel tempo.

Relativamente al numero di fibre attestate presso l'unità immobiliare indicativamente sembrerebbe preferibile che il numero di fibre terminate sia superiore ad uno, ad es. fino a quattro (cablatura 400%) per ogni U.I. con un requisito minimo di cablatura di tutte le abitazioni. Nel punto di sezionamento le fibre dovrebbero essere raccolte in un piccolo armadio ("box fibre") posto in un opportuno vano condominiale la cui posizione dovrebbe essere concordata tra l'operatore di immobile e la proprietà. Negli impianti condominiali alcune fibre potrebbero anche essere rese permanentemente disponibili ad uso esclusivo degli operatori, per impiegarle ad esempio per il monitoraggio della rete da sito remoto.

L'utilizzo di cavi multifibra facilita l'adozione di un approccio multifibra inteso come attestazione di più fibre a casa del cliente per evitare il box di permuta. Nel caso in cui vi fossero difficoltà tecniche nell'adottare una soluzione con cavo multifibra dovrebbe essere



prevista la possibilità di smistare ogni fibra attestata nel box-fibre dal cavo di un operatore ad un altro e quindi dovrebbero essere predisposte nel box le funzioni di permutazione. Se tecnicamente fattibile, come ad esempio negli edifici di carattere storico, l'adozione della soluzione di cablatura multifibra consentirebbe di minimizzare gli interventi successivi alla prima installazione; se più operatori dovessero richiedere accesso alle risorse di rete dell'edificio le soluzioni multifibra sono quelle che consentono la massima apertura dell'impianto poiché ogni operatore potrebbe avere delle risorse dedicate per la tratta finale di rilegamento al cliente.

L'impianto condominiale dovrebbe essere quindi realizzato in maniera tale da garantire, a connessione completata della singola unità immobiliare, la presenza di almeno una singola fibra ottica tra un punto all'interno dell'unità immobiliare (borchia) e un punto di accesso alle risorse d'immobile al fine di realizzare la parte terminale del raccordo di abbonato. L'operatore di servizio, nel caso in cui abbia realizzato una diversa rete orizzontale, dovrebbe terminare la propria rete di accesso in un armadio all'interno dell'edificio che può essere realizzato sia mediante moduli fisicamente separati sia integrati in un unico box attraverso l'aggiunta di dispositivi modulari. In questo modo si garantirebbe l'accesso nell'edificio indipendente a più operatori (al limite quattro nel caso di impianti multifibra) mentre un quinto dovrebbe condividere il cablaggio con uno degli altri.

Nel caso in cui il box si trovi all'interno dell'edificio, l'operatore che richieda una linea in unbundling dovrebbe terminare proprie risorse all'imbocco della tratta di adduzione e realizzare un pozzetto, o un armadio, nel quale attestare le proprie fibre. Dal pozzetto poi dovrebbe accedere alla tratta di adduzione e raggiungere il box interno. Se la tratta di adduzione fosse sotto-tubata, l'operatore dovrebbe richiedere l'accesso al minitubo e posare la fibra. Qualora la tubazione fosse satura, l'operatore dovrebbe poter richiedere l'accesso a una o più fibre di raccordo nella tratta di adduzione. Nel caso in cui il box si trovi all'esterno dell'edificio, l'operatore dovrebbe raggiungere con risorse proprie il punto nel quale sono attestate le terminazioni verso gli utenti e richiedere la permuta all'operatore di immobile. In entrambi i casi l'operatore alternativo dovrebbe poter affittare spazi collocati se disponibili o, in alternativa, per ogni impianto, realizzare nuovi spazi. Nel caso di installazione all'interno dell'edificio, sarebbe opportuno infine che si prevedano spazi condivisi già in fase di realizzazione dell'impianto.

***L'accesso all'impianto di edificio deve essere agevole per tutti gli operatori. La condizione operativa più realistica è che il punto di accesso alla tratta verticale dell'edificio sia posto alla base del palazzo, a valle della tratta di adduzione, all'interno di un apposito box. In questo caso un operatore che volesse prendere una risorsa disponibile sul cablaggio verticale per raggiungere un cliente dovrebbe impiegare la tratta di adduzione esistente, se possibile, o realizzarne una nuova fino al box e poi richiedere le risorse all'operatore di immobile.***



La terminazione del cliente che chiede di cambiare operatore dovrà essere spostata in uno dei punti di consegna (box o armadio) a cura dell'operatore di immobile che dovrebbe informare l'operatore richiedente dell'esatta collocazione del punto di consegna (interno/esterno), della disponibilità (risorse disponibili, spazi) e dei tempi di rilascio. L'operatore di immobile dovrebbe provvedere a popolare una banca dati con tutte le informazioni relative al cablaggio di edificio, allo stato di occupazione, alle scorte di edificio con le indicazioni caratteristiche e peculiari di ciascun immobile. Le informazioni sui punti di consegna dovrebbero essere pubblicate e aggiornate periodicamente con continuità e dovrebbero essere accessibili a tutti gli operatori con criteri da definire che tengano conto da un lato della riservatezza delle informazioni e d'altro della necessità di conoscere lo stato della rete da parte degli altri operatori.

***L'operatore di immobile dovrebbe avere la responsabilità di gestire le fibre che arrivano dalle unità immobiliari con quelle dell'operatore che richiede l'accesso in unbundling all'edificio.***

#### **4.3.1 Valutazione tecnico-economica e applicabilità allo scenario Italiano**

L'operatore di immobile nel caso di soluzione FTTH, dovrebbe, come si è detto, dimensionare il cablaggio dell'edificio in modo da servire ciascuna unità abitativa almeno con una fibra. Le modalità tecniche con cui è realizzato il cablaggio sono di responsabilità dell'operatore di immobile che deve garantire requisiti tecnici basati su caratteristiche rispondenti a standard internazionali<sup>20</sup>. Il punto di misura prescelto per il rilascio della fibra all'operatore di servizio deve consentire di valutare la conformità ai parametri sopra definiti nel punto di attestazione ottica<sup>21</sup>.

Da un punto di vista tecnico si tratta quindi di posare una capacità totale di fibre tale da garantire almeno una fibra per ogni utente e fibre ottiche residue, non utilizzate immediatamente, che potrebbero essere utilizzate per future espansioni o per nuovi clienti.

<sup>20</sup> Le caratteristiche standard a cui si fa riferimento sono relative al documento *ITU – TD 326 (PLEN/15) – Optical cabling shared with multiple operators in building (Temporary Document) – giugno 2010*:

- La tipologia di fibra ottica dei cavetti di utente (sia singoli che multifibra) deve soddisfare le caratteristiche indicate nello standard ITU-T Recommendation G.657 "Characteristics of a bending loss in sensitive single mode optical fibre and cable for the access network" (11/2009) e, in particolare, deve soddisfare i requisiti per la categoria G657-A. Altre tipologie di fibra G657 (ad esempio quelle definite dalla categoria G657-B) possono essere accettate a patto che soddisfino appieno la specifica G657-A e siano quindi perfettamente compatibili con tutte le fibre G657-A e le G652-D comunemente utilizzate in rete di accesso.
- I connettori ottici utilizzati sia nel punto di attestazione ottica sia nella borchia di utente devono essere dello stesso tipo (SC/APC, LC/APC).
- La massima attenuazione tra la borchia di utente ed il punto di attestazione ottica dovrebbe essere di 1,5 dB (tenendo conto dei giunti, dei connettori e del tipo di fibra).

<sup>21</sup> In particolare la misura di attenuazione della tratta verticale di utente deve essere eseguita mediante l'utilizzo di un *power meter*, attestando una coppia TX-RX rispettivamente alla borchia di utente e al punto di attestazione ottica.



Le modalità per la realizzazione degli impianti devono essere valutate caso per caso sulla base della situazione locale. In molti edifici delle città italiane, come nel caso di centri storici, risulta complesso installare anche box di piccole dimensioni.

Il box all'interno dell'edificio può essere realizzato secondo due tecniche:

- Tecnica distribuita. Il box contiene un ripartitore ottico nel quale è terminato il cablaggio di edificio. Qualora nel tempo sorgesse la necessità di aprire la rete di edificio ad altri operatori può essere installato un punto di accesso nel quale l'operatore di immobile rende disponibile le fibre richieste.
- Tecnica modulare. Il box consiste in un armadio modulare con un modulo dedicato all'attestazione del cablaggio verticale e uno dedicato a ognuno degli operatori di servizio.

***L'utilizzo di un box interno, preferibile per problemi di sicurezza e manutenibilità del punto di permuta, richiede l'accesso al condominio ogni volta che deve essere effettuata un'operazione di smistamento con la conseguente richiesta di diverse autorizzazioni in tempi successivi.***

#### **4.3.2 Posizioni emerse nell'ambito dei lavori del Comitato**

Nell'ambito dei lavori del Comitato sono emerse diverse posizioni relativamente alla possibilità di poter acquisire risorse fisiche alla base dell'edificio. Alcuni tra i principali operatori alternativi ritengono che questa modalità sia di difficile applicabilità poiché richiederebbe la realizzazione e la gestione di un numero di punti di interconnessione distribuito in maniera molto capillare sul territorio. Altri tuttavia ritengono che sarebbe addirittura auspicabile il possesso della rete di immobile da parte dei condomini, implicando probabilmente la necessità generalizzata sul territorio di soluzioni di permuta per potere scegliere l'operatore di servizio.

In relazione all'ipotesi di realizzare impianti multifibra tutti gli operatori hanno dichiarato, con motivazioni diverse, che la soluzione ottimale sarebbe quella di servire la tratta verticale degli edifici con una sola fibra per unità abitativa. Tuttavia, nell'eventualità in cui fossero realizzati impianti multifibra, è stato indicato che per permettere all'utente il passaggio da un operatore all'altro, senza dover spostare fisicamente la fibra nel pozzetto, sarebbe raccomandabile installare fino a quattro fibre dal box d'edificio o eventualmente dal pozzetto antistante l'edificio a ciascuna abitazione.

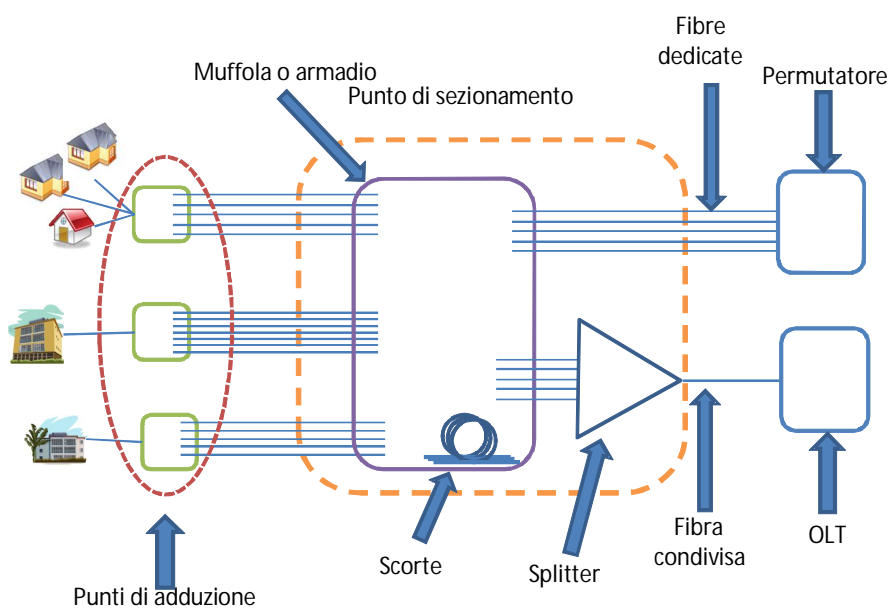
Nel caso di impianti multifibra, il passaggio da un operatore ad un altro potrebbe avvenire semplicemente all'interno delle singole abitazioni spostando la connessione da una borchia all'altra. Alcuni operatori, pur non ritenendo conveniente duplicare le reti, ritengono auspicabile dotare gli impianti di una scorta di fibre pari a circa il 20 per cento per usi commerciali e manutentivi.



***Si propone all’Autorità di prevedere obbligatoriamente l’unbundling della tratta di edificio già a partire dalla fase di Overlay e di definire un opportuno regolamento nel quale vengano disciplinate le procedure per l’accesso alla tratta terminale.***

#### 4.4 Unbundling in un punto intermedio tra l’edificio e centrale

Un punto di sezionamento è un nodo intermedio della rete di accesso nel quale è possibile operare la separazione e/o la condivisione delle tratte che partono da ciascun centro nodale ottico. Il punto di sezionamento è collegato con il punto di adduzione con almeno un cavo in fibra che può essere monofibra o multifibra in funzione dei requisiti del collegamento e dei criteri di progettazione utilizzati. A sua volta il punto di distribuzione può essere collegato con una o più centrali con una singola fibra o con cavi multifibra (Figura 13).



**Figura 13: Schema di un punto di sezionamento**

La posizione del punto di sezionamento dipende sia dal numero di edifici collegati che dalla distanza dalla centrale. Essa è stabilita, in fase di progettazione, sulla base delle caratteristiche urbanistiche dell’area. Il punto di sezionamento è un elemento utile a segmentare la rete e ad abilitare l’eventuale accesso disaggregato ad altri operatori anche a singole risorse in sub-loop e consente, se le risorse in fibra sono in numero sufficiente e accessibili, di realizzare differenti topologie di rete.

Nel caso in cui si realizzi un'architettura PmP il punto di sezionamento può essere equipaggiato con gli splitter che concentrano il traffico proveniente o da altri splitter o direttamente dalle terminazioni di utente. La tratta finale di rete dall'ultimo splitter fino a casa dell'utente dovrà naturalmente essere realizzata con una singola fibra dedicata (solo PtP).

L'operatore che cede risorse in *unbundling* nel punto di sezionamento dovrebbe predisporre uno spazio dedicato alla parte di risorse cedibili che provengono dai fabbricati serviti; su richiesta dovrebbe estrarre le fibre necessarie e metterle a disposizione di un altro operatore. In pratica l'operatore ospitante dovrebbe prevedere un dispositivo con funzioni di permutazione. Tale soluzione richiede la predisposizione di cabinet di adeguate dimensioni con la necessità di gestire permessi la realizzazione dell'impianto e la manutenzione dello stesso.

***Sarebbe opportuno definire le modalità di cessione di risorse sul campo individuando sia le modalità per la consegna delle fibre sia gli ambiti di responsabilità degli operatori coinvolti.***

Gli operatori che vorranno accedere a fibre nei punti di sezionamento dovrebbero arrivarvi con proprie risorse di rete e realizzare propri armadi o pozzetti, attigui a quelli dell'operatore che cede le risorse.

I centri nodali nei quali è possibile accedere a risorse cedibili in unbundling dovrebbero essere comunicati agli altri operatori e le risorse in fibra dovrebbero essere soggette a offerta pubblica di riferimento sotto il controllo dell'Autorità.

#### **4.4.1 Valutazione tecnico-economica e applicabilità allo scenario Italiano**

Nello scenario italiano il punto di sezionamento intermedio può essere identificato, nella maggior parte dei casi, nell'elemento (armadio o pozzetto) che consente la separazione tra la rete primaria e quella secondaria.

La possibilità di accedere a risorse in unbundling nel punto di sezionamento intermedio è legata al fatto che gli operatori devono posare un proprio segmento di rete e realizzare un'infrastruttura locale, un pozzetto o un armadio, per accedere alle fibre. Nel caso in cui l'operatore acquisisca risorse in sub-loop, deve potersi connettere ai portanti della rete secondaria (ad esempio, mediante giunzione a fusione o con connettori per attestare le fibre provenienti dalla propria rete).

L'accesso a risorse in un punto intermedio tra centrale e unità immobiliare è un'operazione che deve essere opportunamente pianificata perché la numerosità di fibre sulla rete secondaria, attestata nel punto di concentrazione, non consente un accesso frequente dei tecnici. Anche l'apertura ripetuta di oggetti sigillati, posti sotto il suolo stradale, può pregiudicarne il modo di funzionare.



L'accesso nel punto di sezionamento sarebbe semplificato se le risorse per gli operatori alternativi fossero predisposte già in fase di realizzazione. In fase di progettazione, un metodo per pianificare le risorse da predisporre potrebbe essere quello di richiedere la manifestazione di interesse agli operatori che dovessero essere interessati ad investire sull'area. Le modalità di comunicazione, le regole per l'adesione, le richieste di accesso successive alla realizzazione e le eventuali sanzioni dovrebbero essere opportunamente disciplinate.

***Sarebbe opportuno che l'eventuale accesso alle risorse ottiche in secondaria nel punto di sezionamento fosse richiesto dagli operatori, che accettano di co-investire nell'infrastruttura, già nel momento in cui un operatore o un'autorità locale pubblica annunciano di voler avviare nuove realizzazioni.***

L'accesso a risorse nel punto di sezionamento è di riferimento anche per l'impiego di configurazioni FTTC che impiegano le infrastrutture tradizionali in rame per connettere gli utenti. In questo caso le modalità di accesso sono analoghe a quelle del subloop definite per il rame nelle quali le singole unità immobiliari sono servite con coppie in rame con collegamenti VDSL2 dal distributore o dall'armadio. In questo caso l'accesso alle risorse consiste nella fornitura di un doppino dei cavi esistenti in rame dal punto di distribuzione fino alla borchia posta presso l'abitazione dell'utente. Per sfruttare questa soluzione l'operatore alternativo dovrebbe attestarsi nel punto di distribuzione affittando spazi collocati o realizzando strutture proprie.

***Nel caso FTTC, per l'accesso alle risorse in rame si propone che siano valutate gli eventuali aggiornamenti da apportare all'attuale offerta di riferimento di Telecom Italia sulle coppie metalliche. Per le terminazioni in fibra, si propone all'Autorità, almeno nella fase di Overlay, di non prevedere l'imposizione di obblighi di unbundling sul campo e di considerare l'adozione di misure che facilitino la realizzazione condivisa di infrastrutture.***

La fornitura di risorse in unbundling da punto di distribuzione richiede l'instaurazione di una catena impiantistica con le risorse disponibili alla base dell'edificio per poter collegare direttamente l'utente finale per le quali sarebbe opportuno definire gli aspetti procedurali per la cessione di risorse fisiche in campo e le modalità di interconnessione tra operatori.

#### **4.4.2 Posizioni emerse nell'ambito dei lavori del Comitato**

La possibilità di accedere in unbundling nei punti di distribuzione è utile in aree con una popolazione meno densa, nelle quali la distanza lineare fra abitazioni è significativamente più





elevata. La posizione e le capacità di ospitare terminazioni nel punto di distribuzione ha lo scopo quindi di poter fungere da raccordo di reti diverse in un'area di ampie dimensioni<sup>22</sup>.

Nel corso dei lavori del Comitato gli operatori hanno ritenuto, tuttavia, poco interessante questa soluzione perché richiederebbe uno sviluppo esteso delle proprie infrastrutture con un impegno economico non sostenibile. Questo tema potrebbe quindi essere approfondito in un tempo successivo.

***In relazione alla possibilità di acquisire risorse in unbundling da un punto di distribuzione, il Comitato NGN ritiene questa modalità utile nelle aree meno dense nelle quali difficilmente si realizzeranno box di permuta alla base degli edifici. Nelle aree grigie il punto di distribuzione potrebbe essere, infatti, comune a più fabbricati e l'accesso al segmento terminale potrebbe essere eseguito dall'armadio stradale.***

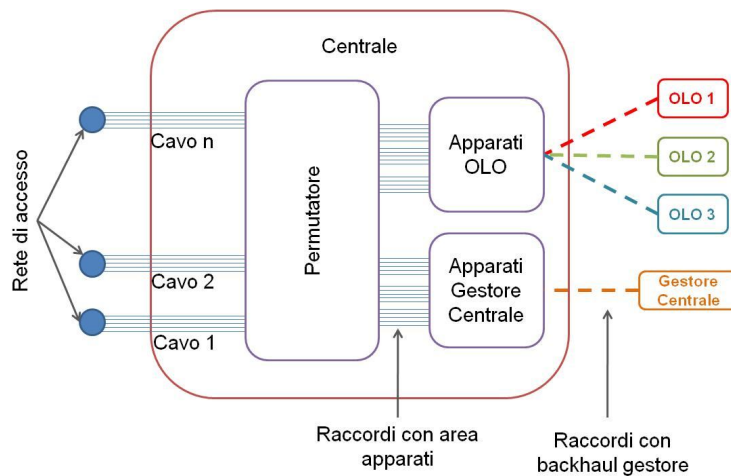
## 4.5 Unbundling in centrale

L'accesso disaggregato da centrale è la modalità di unbundling nella quale gli operatori possono acquisire risorse della rete ottica direttamente in centrale. Questa modalità di accesso è possibile nel caso l'operatore ospitante abbia scelto un'architettura PtP o per quelle fibre connesse direttamente agli edifici che non transitano attraverso splitter.

In questo caso il percorso verso il generico utente è effettuato con un portante dedicato dal punto di permutazione in centrale fino alla sua abitazione. L'operatore che volesse acquisire risorse in unbundling dovrebbe connettersi al nodo di rete con proprie risorse trasmissive, acquisire una fibra che giunge dalla rete sul permutatore e collegarla ai propri apparati. La figura seguente (Figura 14) mostra schematicamente lo schema dell'impianto.

---

<sup>22</sup> In Francia, ad esempio, gli operatori alternativi ritengono che l'area possa coprire circa 1000 U.I. tranne che nei casi in cui l'operatore ospitante non decida di interessare un'area di dimensione più ridotta (che però non dovrebbe interessare meno di 300 U.I.). ARCEP *Projet de décision précisant les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique en dehors des zones très denses*. Juin 2010



**Figura 14: Configurazione di centrale per la fornitura di unbundling in fibra**

Le terminazioni di utente devono quindi essere connesse mediante un permutatore o un telaio di terminazione agli apparati degli operatori ospitati nel nodo di centrale. Gli operatori possono accedere alle terminazioni di centrale dei propri clienti su telai che contengono i propri apparati e che sono connessi con collegamenti di backhaul di capacità opportuna ai propri nodi di rete.

L'operatore ospitante deve predisporre un permutatore ottico lato rete che deve essere raccordabile con collegamenti singoli per ciascuna terminazione. Per rispondere alle richieste di accesso in unbundling da centrale di uno degli operatori sarebbe opportuno che le operazioni di permutazione fossero effettuate esclusivamente dall'operatore proprietario dell'impianto.

***Nel lungo termine la disponibilità di risorse in unbundling da centrale dipenderà dall'evoluzione delle infrastrutture di rete e l'accesso potrà essere disciplinato in funzione del livello di competitività raggiunto in ciascuna specifica area (Cluster 1, 2 o 3). Si suggerisce all'Autorità di non prevedere, almeno nella fase di Overlay, l'imposizione di obblighi di unbundling fisico in centrale.***

***Qualora la centrale ottica venga realizzata con sussidi pubblici le risorse in unbundling potrebbero essere rese disponibili agli altri operatori mediante offerta pubblica di riferimento soggetta al controllo dell'Autorità.***

#### 4.5.1 Accesso disaggregato a separazione di lunghezza d'onda

Il WDM è una soluzione tecnologica che consentirà di aprire all'accesso disaggregato le PON a livello di ODF. Mediante il WDM-PON ogni utente può essere servito mediante una



particolare lunghezza d'onda che può essere ad uso esclusivo o che può essere condivisa tra utenti dello stesso operatore. Il WDM abilita per gli operatori una forma di separazione virtuale a livello della singola lunghezza d'onda coniugando i vantaggi realizzativi delle architetture PON con la possibilità di separare a livello fisico il traffico degli utenti.

I sistemi WDM consentono di estendere la capacità di trasmissione delle PON mediante tecniche di moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda, sia di tipo Coarse (CWDM) fino a 18 diverse lunghezze d'onda, sia Dense (DWDM) fino a 162 colori. Il dispositivo passivo alla base delle soluzioni WDM è l'AWG (Arrayed Waveguide Grating) che consente di combinare e di separare lunghezze d'onda, esso consente di effettuare l'instradamento di ciascuna delle lunghezze d'onda ricevute in ingresso su una specifica uscita.

Nelle tecnologie WDM-PON il problema fondamentale che deve essere risolto è come allocare le lunghezze d'onda ai singoli utenti finali. Il collegamento si realizza attraverso dei transponder ottici che ricevono e trasmettono le lunghezze d'onda ottiche. Questi possono essere di 3 tipi:

- laser lunghezza d'onda fissa;
- laser sintonizzabili;
- colourless wavelength locking laser.

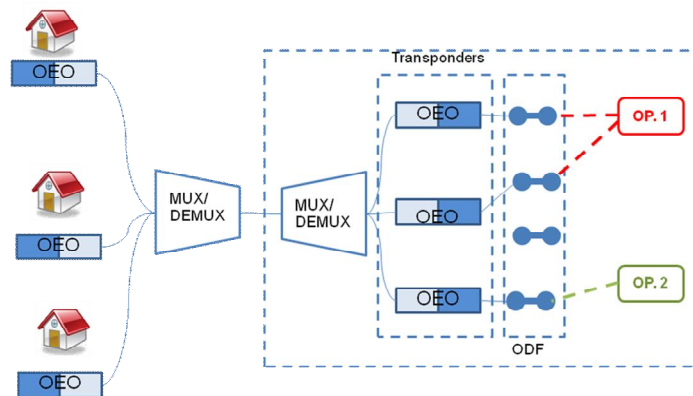
Il tipo di laser è un fattore importante per il valutare il costo degli apparati sia a livello di centrale sia a livello di utente. Le soluzioni più promettenti sono quelle colourless che consentiranno di automatizzare completamente il processo di provisioning per l'abbonato.

In uno scenario PON la separazione fisica a livello di ODF è possibile solo con la separazione della lunghezza d'onda e vi sono due possibili forme di separazione a questo livello:

- collegamento mediante un'ottica "grigia";
- collegamento mediante separazione fisica dei transponder.

Nel primo caso, per collegare un cliente mediante ottica grigia, tutta la catena impiantistica WDM PON deve essere gestita dall'operatore proprietario dell'infrastruttura e un operatore alternativo che volesse accedere ad un determinato utente dovrebbe raccordarsi mediante un ODF. Come riportato in figura, in questo caso il punto di frontiera tra operatori sarebbe proprio l'ODF (Figura 15).



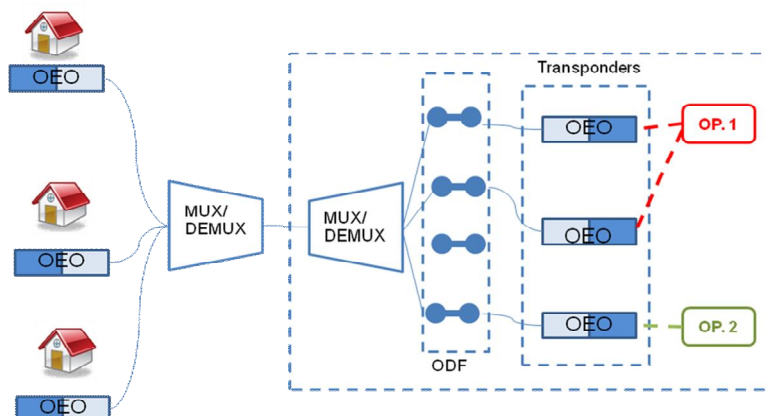


**Figura 15: Collegamento mediante un'ottica "grigia"**

Questo modello di interconnessione è già utilizzato dagli operatori che forniscono connettività a divisione di lunghezza d'onda altri operatori sia in area metropolitana sia per collegamenti a lungo raggio. Uno dei principali vantaggi di questo modello è che non ci sono problemi di interoperabilità per l'operatore alternativo in quanto l'interconnessione può essere realizzata con l'ottica standard. Un altro potenziale vantaggio di questa soluzione, per l'operatore alternativo, è che i transponder sono indipendenti sia dal bitrate che dai protocolli, ossia consentono agli operatori di utilizzare il protocollo che ritengono più adatto per fornire la qualità di servizio desiderata ai loro clienti. Se il sistema WDM PON è basato su Ethernet sarebbe possibile, per gli operatori alternativi, possedere e gestire direttamente l'ONT in quanto la standardizzazione di Ethernet OAM (IEEE 802.1ag, IEEE 802.3ah e ITU Y.1731) consentirebbe l'adozione di interfacce standard per la gestione ed il monitoraggio delle prestazioni del gestore della rete<sup>23</sup>.

Nell'altro caso, rispetto al modello sopra descritto, l'operatore alternativo è anche proprietario del transponder. Questa soluzione consente una maggiore indipendenza dalla infrastruttura del fornitore di servizi e risolve il problema associato con la proprietà del ONT (Figura 16).

<sup>23</sup> Next Generation Access – Implementation Issues and Wholesale Products - BEREC Report – marzo 2010



**Figura 16: Collegamento mediante separazione fisica dei transponder**

Questa modalità consente all'operatore gestire autonomamente il trasponder ma richiede un processo di standardizzazione della tecnologia WDM-PON per determinare come assegnare le lunghezze d'onda in un contesto multi operatore. Sarebbe necessario infatti realizzare meccanismi per rilevare malfunzionamenti poiché, ad esempio, problemi possono essere dovuti a differenti operatori che utilizzano laser a diversa potenza o che, per errore, dovessero utilizzare lunghezze d'onda assegnate ad altri.

In tema di WDM è opportuno considerare i seguenti problemi regolamentari:

- accesso degli OLO nella centrale nella quale è posto l'ODF;
- eventuale backhaul dall'ODF ad un livello di rete superiore.

Nel caso di unbundling a livello di lunghezza d'onda l'offerta di riferimento, oltre alla descrizione delle condizioni per l'accesso e strutture e le modalità di permuta sull'ODF, dovrebbe considerare anche le seguenti opzioni:

- gli standard da utilizzare per i punti di accesso o, in assenza di questi, le specifiche di interfaccia;
- i requisiti per assicurare la fornitura del servizio all'utente finale soprattutto nel caso di accesso al transponder.

***Lo sviluppo di soluzioni basate su WDM-PON, e la relativa standardizzazione, è ancora in uno stadio iniziale e non si prevede che i prodotti siano maturi per essere impiegati sul campo prima di 2 anni. Il WDM-PON è una soluzione di prospettiva che abiliterà l'unbundling da centrale mediante l'utilizzo di diverse lunghezze d'onda e consentirà di erogare nativamente servizi a velocità fino a 1 Gbit/s per utente.***

Le soluzioni più recenti consentono di “aggiungere” una WDM-PON ad una rete GPON esistente, senza sostituire gli splitter e l'apparato d'utente mediante semplici filtri in linea a bassa attenuazione per separare le lunghezze d'onda utilizzate dalla GPON da quelle utilizzate dalla WDM PON. In aggiunta, nel caso in cui con la WDM-PON si voglia semplicemente aumentare la capacità per utente o aggiungere nuovi utenti, l'AWG può essere messo in cascata allo splitter o sostituito da filtri sintonizzabili nell'ONU.

***Nel caso di impiego di soluzioni WDM su impianti PON esistenti sono in fase di sviluppo soluzioni che consentiranno di risolvere l'attuale problema della sostituzione degli splitter e che permetteranno il riutilizzo delle infrastrutture già in esercizio.***

#### **4.5.2 Valutazione tecnico-economica e applicabilità allo scenario Italiano**

Per poter attivare la fornitura di servizi di unbundling da centrale è necessario effettuare il dimensionamento della rete di accesso prevedendo una fibra ottica per unità abitativa dalla centrale e conteggiare anche le fibre di scorta e le ridondanze. A questo valore andrebbe aggiunta l'eventuale eccedenza dovuta alla differenza tra la potenzialità dei cavi adoperati nella rete di accesso primaria e il numero di UI da connettere. La necessità di dover equipaggiare le aree cavo con un numero di fibre che già nella rete primaria è superiore al numero di unità abitative raggiunte ha un impatto sul costo degli impianti di rete, condiziona le modalità di progettazione e in qualche caso potrebbe incidere sulla possibilità di riutilizzare le infrastrutture esistenti. Nella rete primaria il riutilizzo delle infrastrutture esistenti è condizionato, infatti, dal parziale riempimento attuale delle canalizzazioni che condiziona, in fase di progetto dell'area, la possibilità di impiegarle. Sebbene siano già disponibili sul mercato cavi ad alta potenzialità, con sezioni contenute dell'ordine di 0,8 cm, che permettono di sfruttare anche spazi liberi ridotti, il dimensionamento dell'ingombro dovuto al fascio di cavi dalla centrale deve essere calcolato caso per caso e in qualche caso potrebbe causare criticità.

Infine, per poter fornire servizi di unbundling da centrale, è necessario anche predisporre un permutatore classico (uno a uno) che, come si è detto, consenta di spostare dinamicamente le terminazioni mediante raccordi mobili (bretelle). Rispetto alle permutazioni eseguite nelle attuali centrali in rame, la permutazione deve essere realizzata con bretelle ottiche in genere predisposte di lunghezza prefissata, terminate con connettori, la cui entità deve essere gestita in modo opportuno. La necessità di garantire l'operatività sugli impianti di centrale ha un impatto sulle dimensioni dei permutatori<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Sono allo studio diverse soluzioni per la realizzazione di permutatori ottici “uno a uno”, L'operatività effettiva è stata verificata finora sul campo diffusamente con permutatori per la rete di accesso di piccole dimensioni da circa 2mila utenti. Dimensioni e operatività di impianti, sempre per la rete di accesso, con utenza maggiore, circa 10mila unità immobiliari, sono oggi in fase di prima applicazione in Italia L'ipotesi comunemente accettata è che l'occupazione di un impianto con 10mila unità immobiliari e con buon grado operatività, sia compresa mediamente tra 25 e 30 mq.



***La fornitura a risorse in unbundling da centrale richiede l'instaurazione di una catena impiantistica con le risorse disponibili nel punto di distribuzione e alla base dell'edificio per poter collegare direttamente l'utente finale. Si suggerisce di definire un regolamento per la cessione delle risorse fisiche con il quale si possano disciplinare gli aspetti procedurali per il rilegamento di tutte le sottotratte (building blocks) da centrale fino all'unità immobiliare e per le modalità di rilegamento in centrale.***

#### **4.5.3 Posizioni emerse nell'ambito dei lavori del Comitato**

Gli operatori alternativi ritengono che l'accesso in unbundling da centrale sia la modalità preferibile per l'accesso alle infrastrutture passive. Tale preferenza è stata motivata con la necessità di mantenere l'attuale relazione "uno a uno" tra la fibra di uno specifico cliente e un operatore in centrale, tipica della rete di accesso in rame tradizionale e delle soluzioni FTTH PtP. Il vantaggio di questa soluzione risiederebbe nella possibilità di gestire direttamente end-to-end la risorsa fisica del cliente potendo agire direttamente sulla qualità del servizio erogato. La competizione potrebbe, in questo modo, essere assicurata non solo in funzione del prezzo, ma anche sulla combinazione livello di servizio/prezzo.

Va osservato che la fornitura di risorse di rete in fibra ottica da centrale è un modello mutuato dall'attuale scenario di mercato di infrastrutture in rame. La piena replicabilità di questo modello è tuttavia condizionata dalla modalità con la quale sarà realizzata l'infrastruttura di rete ottica anche in considerazione del fatto che la direttiva Quadro 2002/21 della Comunità europea prescrive il principio di "neutralità tecnologica"; essa infatti stabilisce "l'obbligo per gli Stati membri di garantire che le Autorità nazionali di regolamentazione tengano nel massimo conto l'opportunità di una regolamentazione tecnologicamente neutrale, ossia che non imponga l'uso di un particolare tipo di tecnologia né che operi discriminazioni tra particolari tecnologie ...".

Come è stato già affermato precedentemente, in alternativa all'acquisizione di risorse fisiche, gli operatori alternativi dovrebbero poter accedere a forme di accesso virtuale di tipo bitstream che tendano ad offrire garanzie simili di accesso dedicato all'utenza e il controllo del servizio consentendo la replica dell'offerta di servizi dell'operatore proprietario dell'infrastruttura. Come indicato nelle risposte della Commissione Europea ad alcune Autorità nazionali, il VULA dovrebbe consentire almeno in un periodo transitorio (la cui durata è stata temporaneamente indicata in quattro anni) la differenziazione del prodotto e l'innovazione in maniera simile all'unbundling fisico mediante un sufficiente livello di controllo da parte degli operatori, dell'utenza finale.

***In tema di unbundling da centrale il parere del Comitato NGN è che, allo stato attuale, tale modalità potrà essere attuabile solo nel caso in cui l'operatore ospitante decida di adottare soluzioni architetture che consentano l'accesso alle risorse fisiche di centrale. Nel caso in cui non fosse possibile fornire l'unbundling fisico da centrale, sono comunque disponibili i building blocks che combinati insieme consentono ad un operatore di raggiungere in unbundling i propri clienti. L'accesso da centrale potrà essere richiesto da subito a fibre singole fino al cliente finale e in maniera generalizzata, solo se disponibili.***

Gli operatori alternativi ritengono che l'evoluzione della GPON verso la WDM PON non risolva il problema della risorsa condivisa poiché vi sono problemi nella mancanza di standardizzazione degli apparati, nel costo del CPE lato cliente, nella gestione delle lunghezze d'onda e nella necessità di dover sostituire gli splitter sugli impianti esistenti con dei filtri. Inoltre sono stati sollevati problemi relativamente alla sicurezza e alla separazione del traffico tra clienti. Anche Telecom Italia non si ritiene adeguata ad un'applicazione massiva nella rete di accesso per le eccessive complessità gestionali introdotte dal fatto di avere una lunghezza d'onda diversa per ogni cliente pertanto, al momento, tale soluzione non viene pertanto ritenuta percorribile.





## 5 MODALITÀ DI FORNITURA DI UNBUNDLING E PARAMETRI PRESTAZIONALI

La fornitura di servizi in unbundling, in qualunque punto della rete di accesso essi vengano erogati, può essere affrontata da tre punti di vista:

- impiantistico;
- procedurale;
- manutentivo.

Le soluzioni di unbundling fisico devono essere atte a garantire l'accesso alle infrastrutture con una specifica offerta tecnologica e di servizio. I fattori di cui è necessario tener conto nella disciplina sono:

- le modalità di attivazione dei vari elementi disaggregati;
- le modalità di segnalazione di disservizio;
- le procedure di passaggio della clientela da un operatore ad un altro.

La fornitura di elementi di rete in unbundling dovrebbe prevedere tutte le attività operative (preventive e correttive), le funzionalità di servizio, nonché l'inserimento e l'aggiornamento delle informazioni sull'infrastruttura da parte dell'operatore che la realizza su un sistema informativo georeferenziato accessibile da tutti i soggetti.

Le informazioni che si suggerisce che l'operatore pubblici sono le seguenti:

- il piano di sviluppo delle centrali in fibra e delle aree geografiche sulle quali è prevista l'attivazione del servizio;
- i punti nei quali sarà possibile accedere alle risorse di rete in unbundling;
- la capacità, in termini di cavidotti e fibre disponibili, nel punto di accesso sia verso gli utenti che verso la centrale;
- le condizioni economiche per accedere agli elementi disaggregati;
- le attività di attivazione e manutenzione del collegamento e la loro valorizzazione economica;
- la disponibilità di spazi di collocazione in centrale o nei punti intermedi e le modalità di accesso ad essi;
- i tempi di passaggio della clientela.



Nella cessione di una linea in unbundling è possibile distinguere tre fasi operative fondamentali per l'attivazione e la gestione delle richieste di servizio da parte degli utenti:

- predisposizione del collegamento tra la casa del cliente e il punto di accesso alla linea in unbundling (in centrale, in strada o sotto l'edificio) e la qualifica del collegamento;
- attivazione del servizio;
- installazione della borchia ottica a casa dei clienti e trasloco dell'utenza.

In tutto il processo di attivazione e manutenzione del servizio, è necessaria l'identificazione delle prestazioni di riferimento dei vari elementi di rete per caratterizzare le diverse configurazioni impiantistiche. Si suggerisce di definire, per le varie tipologie di configurazione che possono essere realizzate, alcuni parametri di riferimento in base ai quali valutare gli impianti mediante criteri di confronto oggettivi e misurabili. Per l'unbundling tali parametri dovrebbero comprendere:

- la lunghezza ottica e la tipologia del tratto di fibra;
- l'attenuazione massima;
- i parametri di servizio tipici dell'unbundling quali:
  - numero e tipo di guasto sulla linea (se disponibili);
  - tipo di elementi della rete di accesso NGAN;
  - tempi di ripristino per tipo di guasto (MTTR);
  - MTBF per elemento della filiera di accesso;
  - stima della disponibilità per il singolo cliente;
  - la modalità di unbundling disponibile:
    - unbundling fisico da centrale;
    - unbundling da punto intermedio;
    - unbundling da box in prossimità dell'edificio.

***Si suggerisce che si richieda agli operatori che dovranno pubblicare l'offerta di includere le modalità operative mediante un manuale delle procedure. Inoltre dovrebbero fornire informazioni relative agli SLA (Service Level Agreement) e l'offerta per l'affitto degli spazi di collocazione e per tutti i servizi in unbundling (building blocks).***



## **6 CONFRONTO TRA DIFFERENTI ARCHITETTURE DI RETE PER LA REALIZZAZIONE DELLA NGAN**

### **6.1 Scelte architetture per la NGAN in vari Paesi**

I criteri da seguire nella scelta dell'architettura di rete da adottare nei diversi contesti nazionali sono stati un tema lungamente dibattuto negli ultimi anni specie in Europa. Anche in Paesi di altri Continenti, ad esempio in Australia, la questione ha formato l'oggetto di esami approfonditi, principalmente di confronti tecnici ed economici tra le alternative oggi più diffusamente impiegate per la nuova rete e hanno poi permesso agli operatori di individuare la soluzione da preferire nelle differenti realtà territoriali di ciascun Paese.

In passato, infatti, le Autorità nazionali di regolamentazione hanno esaminato l'opportunità di definire un'architettura di rete da fare impiegare da tutti gli operatori presenti nel contesto nazionale. Successivamente, quando la Commissione europea ha ribadito la necessità di salvaguardare il principio della "neutralità tecnologica" e quindi di non imporre a livello nazionale una soluzione ma di lasciare liberi gli operatori di scegliere quella che ritengono più calzante alla propria struttura organizzativa e alle caratteristiche peculiari del territorio da servire, le Autorità nazionali si sono orientate verso l'opportunità di individuare altri rimedi per impedire il ritorno a situazioni di monopolio nell'accesso alla rete. L'attenzione verso i confronti tecnico-economici tra soluzioni di rete diverse si è perciò andata progressivamente riducendo già nel 2009 e il numero di documenti di analisi su questi temi si è di pari passo ridotto.

In bibliografia è riportato un elenco dei rapporti che esaminano in dettaglio questi temi e che sono sembrati i più esaurienti anche se non sempre in essi sono presenti tutti i parametri posti a base delle singole analisi o se le analisi si riferiscono a realtà territoriali e più in particolare a strutture esistenti tipiche del contesto locale nel quale doveva essere realizzata la nuova rete. Sembra quindi difficile estendere tutti i risultati ottenuti da questi studi direttamente al contesto italiano. È possibile però confermare alcune valutazioni relative al nostro Paese.

Da questi studi emerge anche che diversi operatori europei, in particolare ISP, hanno deciso sulla base di queste valutazioni di non realizzare una soluzione unica da applicare all'intero territorio nazionale. Ritengono, invece, in un periodo transitorio (sicuramente superiore a un decennio), di offrire il servizio nelle aree più profittevoli del Paese con un'architettura di rete FTTH e di continuare invece a utilizzare in altre realtà territoriali la porzione terminale della rete in rame esistente (la rete secondaria) realizzando in queste aree un'architettura FTTC.

In questo modo a una parte non marginale degli utilizzatori finali (anche a più della metà della popolazione) sarebbe fornito per un periodo transitorio un servizio con caratteristiche più limitate, in particolare (o soprattutto) in termini di bit-rate. E si presume che sarebbe rimandata la realizzazione della rete ottica fino agli edifici a quando saranno offerti sul mercato servizi a banda ultralarga che richiedono bit rate superiori ai 25-50 Mbit/s in



download e di 2-10 Mbit/s in upload: a quando, in altre parole, sarebbero giustificati investimenti in aree in cui la domanda si presume essere più modesta e il costo per connettere la singola unità immobiliare cresce sensibilmente.

La Tabella 6-1 riporta i dati pubblicati periodicamente da alcune Società di consulenza internazionali.<sup>25</sup> La tabella mostra anche la diffusione che ha la rete ottica nei diversi Paesi.

Situazione	PtP	PmP	FTTC
<b>Sperimentazione avviata ma con realizzazioni per ora in misura limitata</b>	Free (Francia) Elisa (Finlandia) SFR (a Parigi)	Austria Telecom Belgacom Deutsche Telekom Eircom SFR (fuori da Parigi) TDC (Danimarca) Telecom Italia Telefonica Telekom Slovenije Telenor-B2 (Svezia)	Austria Telecom BT Deutsche Telekom TDC (Danimarca) Telefonica Telenor
<b>Sviluppi con un numero significativo di unità immobiliari connesse alla rete</b>	Fastweb Reggefiber Swisscom Telenor (Norvegia) <sup>26</sup> TeliaSonera (Stoccolma) TelecKom Slovenije	BT/Openreach France Telecom Portugal Telecom Sonaecom (Portogallo) Telenor (Norvegia) Telia Sonera (Finlandia)	Belgacom KPN Swisscom Telia Sonera (Svezia esclusa Stoccolma)

**Tabella 6-1: Architetture di rete scelte dai principali operatori europei**

La Tabella 6-1, nella quale sono state riportate le principali realizzazioni effettuate in Europa, mostra che non esiste una scelta architeturale univoca ma che la maggior parte degli operatori/ISP che prevedono di fornire un servizio con una rete FTTH sono oggi in genere orientati a impiegare la topologia di rete PmP e che la stessa Telenor che aveva realizzato in parte una rete PtP ha annunciato di voler adottare in futuro una rete PmP.

Se si allarga l'indagine a livello mondiale può essere ricordato che negli Stati Uniti i tre maggiori gestori stanno da tempo realizzando reti differenti: Verizon ha scelto la soluzione

<sup>25</sup> Cullen International Cross Country Analysis July 2010; Charlie Davies NGA deployments in Europe and North America: Analysis OVUM March 2010; Roland Montagne - FTTH Panorama European Union and Middle East at end December 2009, IDATE Lisbon February 24, 2010.

<sup>26</sup> Telenor Norvegia che in passato aveva realizzato una rete PtP ha di recente annunciato di voler adottare in futuro una rete realizzata con una topologia PmP e di voler modificare quella esistente.



FTTH PmP, mentre AT&T e Q-West hanno preferito connettere alla rete gli utilizzatori finali con l'architettura FTTC (con l'eccezione degli utenti business che sono connessi con una rete ad hoc FTTH), impiegano quindi come si è detto nella parte più remota della connessione la rete in rame esistente.

Nei Paesi dell'Estremo Oriente asiatico e in quella del Pacifico, dove la diffusione della rete ottica è di gran lunga maggiore e l'obiettivo perseguito mira a una copertura quasi totale dei Paesi, la scelta prevalente è stata indirizzata verso una rete FTTH PmP: questa soluzione è stata adottata in Giappone, Corea del Sud, Singapore e nelle aree di nuova urbanizzazione della Cina e più di recente in Australia e Nuova Zelanda. L'unica eccezione di rilievo sembra essere quella di Hong Kong dove il secondo operatore (Hong Kong Broadband Network) ha cablato quasi completamente l'intero territorio con una soluzione FTTH PtP.

La situazione che si è determinata questi Paesi è diversa da quella europea principalmente per l'intervento determinante dei governi centrali e locali sotto forma di finanziamenti diretti e indiretti. Marginalmente si ricorda che in Australia le rete in rame dell'accesso dell'operatore dominante Telstra, che era stata ceduta dallo Stato negli anni Novanta, è stata riacquistata quest'anno da una società a partecipazione statale NBN. In questi casi si è quindi naturalmente posto il problema di scegliere un'architettura di rete da adottare nell'intero Paese. Un'analogia questione si è posta negli ultimi mesi in Nuova Zelanda. Ma una scelta simile non può essere proposta in maniera dirigistica nel contesto europeo nel quale si vuole conservare il principio della concorrenza tra operatori.

## **6.2 Analisi di consulenti internazionali**

Le soluzioni da impiegare devono essere individuate da analisi approfondite delle singole realtà territoriali e in particolare dai singoli operatori in base alle aree che intendono coprire e ai differenti programmi di copertura graduale del territorio.

Un ausilio può venire dai rapporti di società di consulenza o da società manifatturiere come è stato segnalato prima. Se si analizzano però questi documenti si può osservare che presentano di solito un confronto limitato agli investimenti (Capex) necessari per realizzare le nuove reti.

In qualche caso, nelle analisi si considera anche una parte dei costi operativi (Opex) o, meglio, quelli che incidono in misura maggiore nelle valutazioni: il costo annuale per gli affitti dei locali impiegati per i nodi di rete e il costo da sostenere per l'energia necessaria sia per alimentare i sistemi installati in centrale sia per il condizionamento delle centrali. Di rado sono considerati i costi necessari per la manutenzione dei nuovi sistemi, sicuramente molto più affidabili di quelli tradizionali, ma che potrebbero richiedere, nel caso di disservizi, interventi di personale specializzato per tempi anche sensibilmente maggiori.



I costi Opex relativi alla gestione e alla manutenzione dei sistemi, molto più di quelli Capex, sono influenzati dall'organizzazione dell'esercizio di ciascun operatore e dalle differenti situazioni locali. Risulta quindi difficoltoso formulare analisi che possano essere indipendenti dal contesto locale e che quindi possano essere trasferiti ad altri scenari.

Da un esame attento di questi rapporti può essere tuttavia osservato che il confronto tra i dati riportati in ciascuno di questi studi è difficile perché spesso essi sono riferiti a situazioni proprie di alcuni Paesi, ossia di quelli dove sono stati rilevati i dati base necessari per confrontare le diverse soluzioni. Salta quindi agli occhi che già alcune voci (parametri e vincoli) non si ritrovano presenti in realtà territoriali differenti:

- cambiano spesso le regole imposte dalle Amministrazioni nazionali e si modifica, più in generale, il supporto assicurato dall'Autorità locale;
- differiscono le difficoltà ambientali, o solo quelle burocratiche che si frappongono alla posa delle infrastrutture nel sottosuolo urbano o rurale;
- mutano gli incentivi all'impiego di mezzi alternativi di scavo meno invasivi ma con caratteristiche diverse dai tradizionali e varia la disponibilità nell'impiego delle infrastrutture esistenti, utilizzabili nella realizzazione dei nuovi impianti;
- differiscono le difficoltà che si incontrano per l'installazione di cabinet per strada;
- cambiano anche le caratteristiche tipiche degli edifici: numero di appartamenti per stabile, possibilità di realizzare il cablaggio verticale specie in immobili esistenti, disponibilità dei condomini ad accettare interventi all'interno della propria proprietà - e ritardi legati alle decisioni di accesso -, necessità di eseguire lavori parziali o totali di cablaggio dell'intero immobile, etc.;
- sono diversi infine due parametri che condizionano le scelte: in primo luogo le dimensioni e la densità media della popolazione in ciascuna delle aree cavo e in secondo luogo la propensione all'impiego dei servizi a banda ultralarga.

Anche i costi da sostenere per connettere un utente alla rete sono in valore assoluto sensibilmente diversi: se si esaminano ad esempio i grafici riportati in una delle più recenti analisi, quella eseguita da Wik Consult, presentata a Berlino il 26 aprile 2010 e citata in bibliografia, i valori per unità immobiliare connessa sono molto alti, molto maggiori di quelli che ad esempio si ipotizza varranno in Italia.

Queste differenze nei costi a seconda del contesto geografico in cui sono valutate giustificano le scelte architettoniche e topologiche diverse degli operatori. Il costo molto alto che si incontra in alcune realtà territoriali, ha portato, come si è visto nella tabella 1 a privilegiare, come si è detto, la soluzione FTTC da diversi operatori europei.

Se si esaminano più da vicino però i dati riguardanti gli investimenti per realizzare le reti riportati nei rapporti si può osservare che se differiscono i valori assoluti indicati per la



realizzazione delle reti, le differenze percentuali tra le diverse soluzioni non sono molto diverse: la differenza di costo tra la soluzione FTTC e quella FTTH è compresa tra il 40 e il 50 per cento. Lo studio più recente di Wik sopracitato dà una differenza tra la soluzione FTTC e quella FttH-PtP di quasi tre volte.

Sembra opportuno anche segnalare che il confronto per gli investimenti necessari per realizzare la tratta esterna alle centrali porta nel caso di un'architettura di rete FttH a percentuali sul costo del raccordo alla rete della singola unità immobiliare che non differiscono molto tra loro (Tabella 6-2).

	$\Delta$ Capex (PtP/PmP)	Note
Analysis Mason per BSG	18%	<ul style="list-style-type: none"> <li>La percentuale di riutilizzo dei cavidotti è assunta all'incirca la stessa per il PtP e la PON (una differenza del 5% tra i due casi).</li> </ul>
WIK per ECTA	Compreso tra 10% e 20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il rapporto non considera la possibilità di riutilizzare cavidotti esistenti con le due topologie di rete.</li> <li>Si considera l'impiego di cavi con un numero molto alto di fibre, attestati in nodi di rete che a loro volta hanno un numero di terminazioni di clienti estremamente elevato.</li> </ul>
Alcatel-Lucent	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Differenza valida per una penetrazione del 20 per cento. Per una maggiore diffusione del servizio la differenza tra le due topologie di rete dovrebbe crescere ma nelle presentazioni non si dice di quanto.</li> </ul>
Cisco	25%	
ldate	13%	Lo studio è del 2006, quindi non tiene conto dell'evoluzione tecnologica. Inoltre non chiarisce le ipotesi assunte per la realizzazione delle infrastrutture. Sarebbe però escluso il costo della parte elettronica.

**Tabella 6-2:  $\Delta$  costo tra l'accesso PtP e quello PmP per la porzione esterna della rete.**

Si può da questi dati estrapolare che la differenza tra le due topologie di rete è in genere del 20% anche se, come è riportato nelle note riportate della tabella, non si conosce in diversi casi la percentuale di infrastrutture esistenti riutilizzate.

Inoltre, nella presentazione di Wik a Berlino di aprile 2010 citata in bibliografia, è anche mostrato il market share che deve essere garantito per rendere profittevoli gli investimenti. Lo studio dei consulenti, riferito a vari paesi europei, evidenzia che la soluzione PtP, anche se condivisa tra più operatori, può garantire un pay-back solo se copre una parte limitata della popolazione. Nel caso della Germania, esaminato in maggiore dettaglio, la soluzione PtP condivisa tra quattro operatori può avere un pay-back solo se limitata a coprire il 71% della popolazione, mentre la soluzione multi-GPON (n = 4) consente di coprire tutta la



popolazione garantendo il pay-back. Inoltre i pay-back time, nel caso si adotti una soluzione con più reti PmP collocate nella stessa infrastruttura fisica, si raggiunge in tempi molto più contenuti rispetto all'architettura PtP condivisa tra più operatori.

In alcuni dei rapporti è considerato anche una parte dei costi operativi (Opex) o, meglio quelli che incidono in misura maggiore nelle valutazioni: il costo annuale per gli affitti dei locali impiegati per i nodi di rete e il costo da sostenere per l'energia necessaria sia per alimentare i sistemi installati in centrale sia per il condizionamento delle centrali.

Di rado sono considerati i costi necessari per la manutenzione dei nuovi sistemi, sicuramente molto più affidabili di quelli tradizionali, ma che potrebbero richiedere, nel caso di disservizi, interventi di personale specializzato e tempi per il ripristino del servizio sensibilmente maggiori. I costi Opex relativi alla gestione e alla manutenzione dei sistemi sono, infatti, influenzati molto più di quelli Capex dall'organizzazione dell'esercizio di ciascun operatore e dalle differenti situazioni locali.

### 6.3 Iniziative nazionali

Per la difficoltà di estendere i risultati di questi rapporti al contesto nazionale, l'AGCOM ha individuato questa analisi come uno dei temi da approfondire nell'ambito del programma di studio e ricerca ISBUL.<sup>27</sup>

Nel rapporto è messo in luce che i dati presi in esame sono stati forniti dagli operatori e che spesso *“non erano state riscontrate differenze inconciliabili”* tra i valori proposti. Quando differivano in misura significativa è stata utilizzata *una ragionevole media dei valori indicati*.

Le sintesi presentate nel rapporto<sup>28</sup> costituiscono quindi una valutazione attendibile degli investimenti necessari per puntare a una copertura del territorio del 20 o del 50%. Non si entra qui nel dettaglio dello studio ma si riportano le principali conclusioni degli autori.

Si osserva che al punto 7, pagina 10 del rapporto si chiarisce che: *«L'investimento complessivo per la realizzazione delle infrastrutture passive ... ed attive ... di una NGN varia a seconda delle configurazioni previste. La Figura 17 presenta i risultati di sintesi: la stima condotta indica che il costo complessivo per dotare il Paese di una rete moderna e pro-competitiva, adottata da tutti i clienti business e da una parte molto significativa dei clienti residenziali di tutti i comuni più “interessanti” (copertura al 50%) sarebbe di poco superiore ai 13 miliardi di euro. In realtà è ragionevole ipotizzare che tale valore costituisca il tetto massimo, in quanto non considera significativi risparmi “latenti” in situazione di infrastruttura*

---

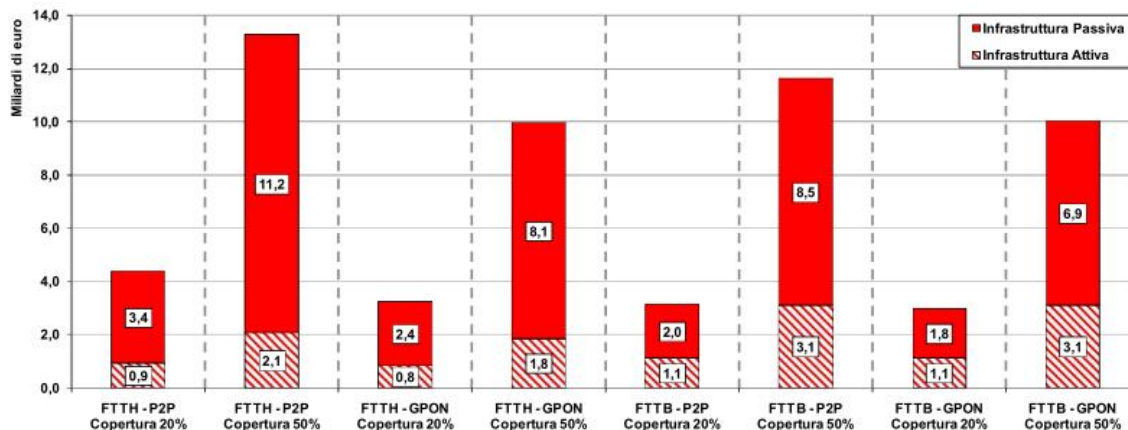
<sup>27</sup> Work package 2.2 – Le condizioni di sostenibilità economica/finanziaria di una NGN, 18 febbraio 2010 <http://www.agcom.it/default.aspx?DocID=4309>

<sup>28</sup> Nello studio è affrontato anche il caso di una architettura di rete FTTB ma non è considerata quella FTTC che per ora non sembra di interesse degli operatori di rete nazionali.





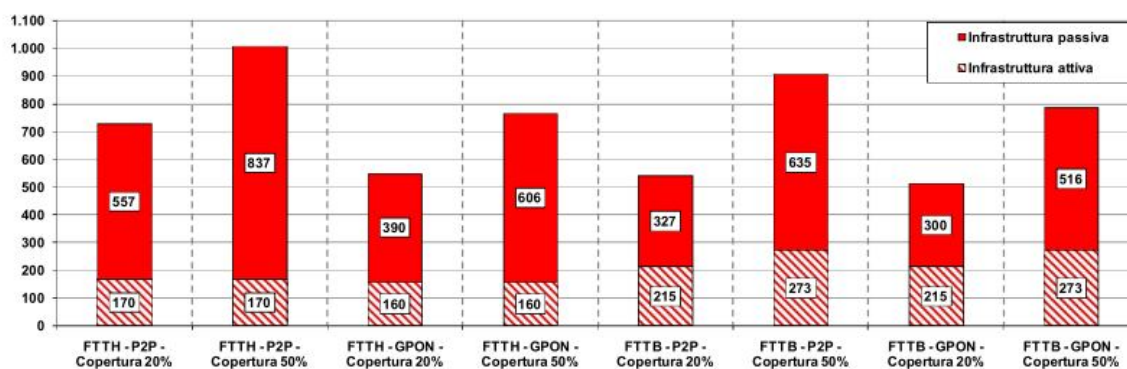
almeno parzialmente esistente né le quasi certe economie di scala e di esperienza che si manifesteranno in futuro.



**Figura 17: Investimenti totali (suddivisi in infrastruttura attiva e passiva) per la rete d'accesso NGN, per archetipi di rete e coperture di popolazione diverse (dati in miliardi di euro).<sup>29</sup>**

La Figura 17 scompone i valori complessivi dell'investimento richiesto nelle due componenti sopra descritte, distinguendo le infrastrutture passive, a carico della NGNCo, da quelle attive a carico delle OPCOs.

La Figura 18, invece, evidenzia il costo complessivo per linea (nelle diverse alternative tecnologiche),... ».



**Figura 18: Investimenti per linea passata (suddivisi in infrastruttura attiva e passiva).<sup>30</sup>**

Dalle figure è possibile rilevare che, nel caso di una copertura del territorio del 50%, l'incremento dei capex passando da una soluzione PmP ad una PtP è di circa il 34%.

<sup>29</sup> Testo del Wp 2.2 citato nella nota 3 (pagina 11 del rapporto).

<sup>30</sup> Testo del Wp 2.2 citato nella nota 3 (pagina 12 del rapporto).

Questo studio è stato considerato preliminare a un ulteriore approfondimento: infatti nel rapporto conclusivo di tutti gli studi ISBUL<sup>31</sup> si afferma:

*«La sostenibilità di una rete di accesso FTTP nel caso italiano è stata studiata dal wp 2.2 in base ad una serie di assunzioni, ben chiarite nel rapporto, che dimostrano innanzitutto la complessità del problema e la difficoltà di giungere ad ipotesi di scenario condivise tra gli stakeholders, tanto più quando l'analisi può costituire il primo passo di un processo che potrebbe portare alla definizione di una organizzazione del mercato, alla introduzione di determinati servizi all'ingrosso e alla proposta di prezzi da sottoporre al vaglio dell'Autorità.*

*È auspicabile quindi che su questo importante risultato del progetto ISBUL si apra un ampio dibattito... e che l'Autorità si doti in tempi brevi di un modello che le consenta una piena ed autonoma verifica delle conseguenze delle diverse assunzioni che i portatori di interesse proporranno.»*

È stato perciò ritenuto opportuno riprendere questo tema nel Comitato NGN Italia ponendo due quesiti agli operatori, uno generale e uno specifico.

Con il primo quesito<sup>32</sup> si chiedeva quanto segue: «Per quanto a vostra conoscenza, riferire su realizzazione ed impiego operativo di permutatori ottici in centrale, fornendo gli elementi tecnici disponibili, quali ad esempio: numero massimo di fibre permutabili, numero di fibre attestate su ciascun telaio, dimensione del permutatore in relazione al numero di fibre terminate, grado di flessibilità (totale o parziale), tecniche e modalità di permutazione, etc...».

Nelle risposte gli operatori alternativi hanno confermato che non si presenteranno problemi al permutatore ottico con l'architettura PtP. Hanno in proposito rimarcato che sono già disponibili sul mercato telai in grado di ospitare tra le 700 e le 1000 terminazioni di fibre ottiche che consentono di realizzare strutture fino a 10mila permutate in uno spazio equivalente a 28 telai N3.

Le soluzioni oggi offerte da numerose aziende consentono di ottenere un'elevata densità di linee permettendo al personale tecnico di intervenire agevolmente sugli impianti.

Telecom Italia ha manifestato dubbi sul limite massimo di clienti che un permutatore ottico uno-a-uno consente di gestire nel tempo limitandone la capacità a circa 2mila unità immobiliari servite.

Con il secondo quesito rivolto agli operatori del Comitato NGN si chiedeva di «Quantificare separatamente i costi di realizzazione dai costi di gestione di un'architettura PtP rispetto a

---

<sup>31</sup>Work Package 0 - Claudio Leporelli, "I temi chiave del Progetto ISBUL: un punto di vista sui problemi emersi, risultati ottenuti e proposte maturate."

<http://www.agcom.it/Default.aspx?message=visualizzadocument&DocID=4272>

<sup>32</sup> Domanda Q.7.B.3



quelli di un'architettura PmP nelle aree attualmente aperte all'unbundling, riportando le differenze secondo le modalità indicate nelle tabelle 1 e 2 eventualmente integrate con la fornitura di un proprio modello».

A questo quesito gli operatori alternativi hanno risposto che il tema era stato già trattato nell'ambito del progetto ISBUL suddetto e che valutazioni sul confronto potevano essere rilevate da rapporti internazionali di società di consulenza, in particolare da quello redatto nel 2008 da WIK per ECTA e reso disponibile sul sito nel 2009 e quello di Analysis Mason del 2008. Entrambi questi rapporti compaiono nella bibliografia e sono stati trattati in precedenza.

In più gli OLO hanno sottolineato che «il costo non può essere il driver per la scelta della topologia di rete, altrimenti non si sarebbe scelta l'architettura FTTH, che ha costi maggiori di quelle FTTB/FTTC. Infatti, si sta scegliendo la rete del futuro che dovrà supportare sia i servizi/prestazioni che il mercato richiederà, senza continui upgrade, sia l'ULL della fibra per preservare lo sviluppo del mercato competitivo».

Gli operatori hanno concluso che essi non ritenevano opportuno che il Comitato riprendesse questa analisi e non hanno quindi presentato le tabelle con i dati richiesti.

Telecom Italia ha risposto obiettando che occorre stabilire un modello di riferimento prima di dare i dati mettendo in evidenza che i confronti possono variare in misura sensibile in funzione dei parametri presi in esame nell'analisi comparativa. Anche Telecom non ha fornito i dati richiesti con la tabella.

Telecom Italia ha inviato di recente al Comitato un documento di confronto dettagliato tra le architetture FTTH con la tipologia PmP in tecnologia GPON, e quella PtP in tecnologia Gigabit Ethernet<sup>33</sup>. Le valutazioni economiche, è precisato nella nota, sono "basate su assunzioni derivanti dall'analisi della situazione urbanistica presente nelle principali città e da case study reali sulla disponibilità di infrastrutture in Italia".

Dalla valutazione fatta da Telecom risulterebbe, come è riportato nell'executive summary del documento che la soluzione PtP rispetto a quella PmP è:

- più costosa come capex, con un incremento che passa dal 60% per le aree meno infrastrutturate al 92% per quelle più infrastrutturate;
- più costosa di circa 30 volte per gli opex in centrale (spazi ed energia);
- non dissimile dal punto di vista delle prestazioni (1Gbit/s per cliente per entrambe le architetture);

---

<sup>33</sup> Telecom Italia, Architetture FTTH: Confronto GPON vs Pt2Pt.

- non conveniente per gli aspetti legati allo snellimento della rete, richiedendo oltre alla predisposizione di un numero di fibre molto maggiore con la soluzione PtP, anche l'esercizio di un numero di centrali (nodi di rete) superiore a quello attuale, per le difficoltà tecniche connesse con la gestione di una grande quantità di rilegamenti in fibra.

Il documento dell'operatore, disponibile sul sito del Comitato, riporta valori che sono molto più alti di quelli presentati in altre analisi e quindi andrebbero approfonditi in futuro, ad esempio, da quel gruppo ipotizzato dal coordinatore dei progetti ISBUL.

Come si è sottolineato in precedenza più le analisi si concentrano su situazioni reali presenti nel territorio più i risultati diventano attendibili.

Il Presidente del Comitato NGN Italia ha perciò ritenuto di fare approfondire il problema da alcuni studiosi e ricercatori universitari assieme ad alcuni membri del gruppo interno del Comitato: un primo gruppo ha esaminato il costo dell'investimento (Capex) necessario per realizzare l'infrastruttura della tratta posta all'esterno degli edifici. L'analisi, basata su dati forniti da AGCOM, ha considerato un campione di 200 centrali di Telecom Italia situate in 60 località. Si è inoltre ipotizzato che nella migrazione dalla rete in rame alla fibra i nuovi nodi di rete sarebbero stati disposti all'interno delle centrali esistenti. Le città sono state scelte tra quelle più densamente popolate (20), quelle mediamente popolate (20) e quelle minori (20).

La valutazione è stata effettuata nell'ipotesi di *Total replacement* in FTTH tenendo conto del riutilizzo delle infrastrutture esistenti.

L'analisi ha messo in luce le differenze di costo e di gestione che si hanno con le due tipologie di rete. Nella Figura 19 è riportata la variazione dell'investimento necessario per realizzare la rete ottica con un'architettura FTTH di tipo PtP o PmP nel caso si decida di connettere alla rete tutte le unità immobiliari di un edificio. I valori mostrati nell'ascissa di Figura 19 sono quelli medi calcolati raggruppando le centrali sulla base del numero di appartamenti per edificio (*dwelling factor* pari a 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13 e 16 rispettivamente).

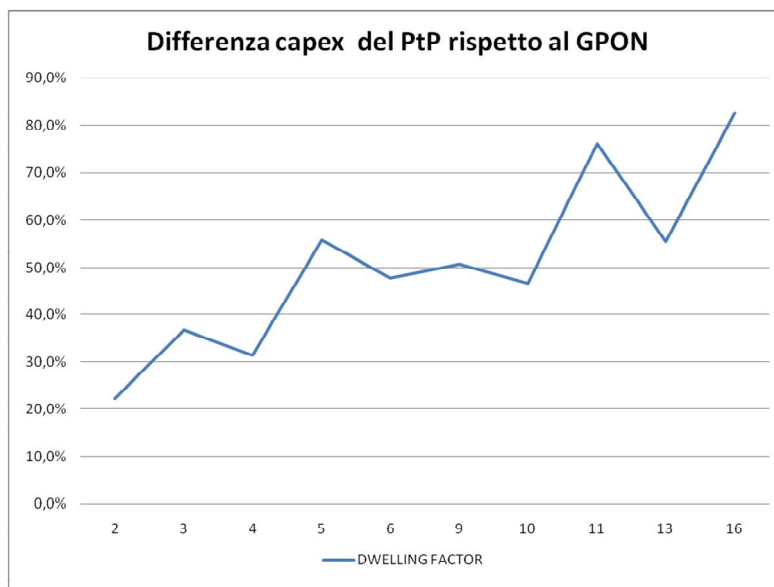
Secondo questa analisi la riduzione nel costo di installazione delle infrastrutture esterne di una rete PtP rispetto a quello dell'opzione GPON oscilla tra il 20 e il 80 %.

Una seconda analisi, condotta sempre da alcuni membri del Comitato NGN congiuntamente a ricercatori universitari, è riportata nell'Appendice B perseguendo l'obiettivo di raggiungere con la rete a banda ultra larga l'80% della popolazione invece del 50% come ipotizzato nella maggior parte degli studi prima citati.

In questa analisi sono stati valutati tutti i costi di installazione e di esercizio da sostenere con questa rete. Per quanto riguarda la simulazione relativa all'architettura GPON, per migliorare l'affidabilità del sistema, è stato considerato il caso di una rete ad anello in primaria. È stata inoltre valutata anche la possibile riduzione del numero delle centrali.



Lo studio ha messo in luce che il costo per singola famiglia servita non aumenta in misura molto elevata passando da metà del territorio nazionale all'80%. I comuni presi in esame sono stati perciò 3854 con un bacino di circa 19,9 milioni di unità immobiliari. Oltre questo valore la crescita della connessione per utente si incrementa sensibilmente.



**Figura 19:  $\Delta$  % tra i costi GPON e PtP al variare del numero di abitazioni per edificio.**

I risultati mostrano che il Capex per realizzare la connessione di un'unità immobiliare con le due soluzioni, PtP e GPON dipende sensibilmente da tre *building block*: ciascuno di essi causa infatti - nella realizzazione di impianti con l'una o l'altra architettura di rete impiegate per l'FTTH - differenze nei costi molto significative (vedi Figura B-4 dell'allegato 2 di pagina 94).

Gli altri *building block* - e più in generale gli altri parametri da considerare nelle valutazioni economiche - hanno costi per le due soluzioni pressoché comparabili.

Da questo studio emerge dunque che, considerando tutti i parametri che intervengono nella realizzazione e nella gestione dei nuovi sistemi per l'accesso e valutando i risparmi che si ottengono con la riduzione del numero delle centrali, il costo medio attualizzato per utente finale è differente per le due architetture di rete e passa da 549,7 € per la GPON a 935,9 € per la PtP ( $\Delta$  costo del 70% circa). Si sposta quindi, in modo significativo, nel tempo il *pay-back* dei sistemi impiegati nell'accesso.

Nell'analisi è stato anche valutato l'incremento di costo che si avrebbe qualora si realizzassero da uno stesso nodo ottico due o quattro reti GPON realizzate contestualmente per consentire l'utilizzo di infrastrutture distinte ai singoli operatori. I risultati mostrano che nel caso di due GPON l'incremento di Capex è di circa il 7% e, nel caso di quattro GPON, l'aumento di Capex è di circa il 12%.

## 7 CONCLUSIONI

Il documento ha esaminato i temi, tuttora molto dibattuti in Italia, relativi alle differenti scelte di configurazione architeturale per le reti ottiche di accesso di nuova generazione. Associato al problema architeturale si ha anche quello delle effettive possibilità tecniche di disaggregazione fisica della risorsa, che presenta numerose declinazioni attuative da esaminare attentamente caso per caso.

Pertanto, il rapporto, dopo avere ordinatamente illustrato le architetture già oggi sul mercato e quelle prevedibili per il breve/medio termine, ha anche discusso le modalità di unbundling che si possono realizzare per ciascuna di esse.

Infine, da quanto riportato in modo particolare nella precedente Sezione e nelle Appendici A e B si può concludere quanto segue:

- tenuto conto dei recenti orientamenti della Commissione europea e dello scenario internazionale non si pone il problema di imporre a livello regolamentare una specifica architettura di rete;
- la scelta di un'unica architettura di rete a livello nazionale indipendentemente dal contesto territoriale risulta economicamente inefficiente: le analisi qui riportate infatti hanno mostrato che il costo di connessione dell'unità immobiliare risulta fortemente variabile in funzione di un complesso insieme di parametri;
- con riferimento alle soluzioni FTTH, l'architettura PtP risulta sempre economicamente sfavorita rispetto alla GPON; in alcune aree geografiche dove non è possibile ottenere il ritorno dell'investimento con soluzioni FTTH potrebbe d'altra parte risultare economicamente efficace una scelta FTTC;
- fermo restando quanto discusso nel rapporto in relazione alle condizioni di apertura delle reti GPON, le analisi condotte hanno consentito di verificare che soluzioni basate su l'impiego di GPON multiple dispiegate contestualmente da uno stesso nodo ottico richiedono un incremento di investimento molto limitato rispetto alla GPON singola. E' stato verificato che l'impiego di una GPON multipla (fino a n=4) richiede Capex sempre inferiori rispetto a quelli necessari per realizzare una rete con architettura PtP.



## APPENDICE A - Confronto PtP-GPON con nodi ottici coincidenti con SL di Telecom Italia

L'obiettivo dello studio riportato in questa Appendice è la valutazione dei costi in conto capitale (Capex) associati alla realizzazione di un'infrastruttura di accesso in fibra del tipo FTTH secondo le due alternative PtP e GPON. Bisogna premettere che i risultati numerici ottenuti derivano dal *modello teorico* adottato e dalle assunzioni fatte e certamente non possono essere considerati di validità assoluta. Scopo principale dello studio è piuttosto mettere in evidenza le differenze tra le due soluzioni PtP e GPON rispetto alle varie voci che compongono il costo medio della casa connessa in differenti aree di centrale del territorio italiano distinte in base alla densità di popolazione e altri parametri demografici specifici quali la popolazione residente, il numero di abitazioni totali e il dwelling factor.

Lo studio ha fatto riferimento a reali centrali di Telecom Italia e nella scelta delle Centrali considerate (circa 200) sono stati presi in considerazione volutamente campioni "pregiati" di Centrali telefoniche o SL (Stadio di Linea) aperti all'*unbundling* (Full-ULL e Shared Access) co-locati ("centro") o meno ("remota") con uno Stadio di Gruppo Urbano (SGU). Nell'identificazione dei campioni si è cercato di riferirsi a SL che potrebbero presumibilmente risultare tra i primi ad essere coinvolti nel progetto di sviluppo NGAN in un'ottica di replacement "a isole" in quanto tra quelle maggiormente remunerative.

Le Centrali campione prese in considerazione sono localizzate in circa 60 Città capoluogo di provincia d'Italia, ordinate e suddivise in tre aree principalmente in base alla popolazione residente (*Fonte Istat 2004*). Ne risulta il seguente criterio di scelta:

- Aree di Centrale in Città molto popolate: rientrano in questa categoria le 20 "Città Top" fra i capoluoghi di provincia con popolazione compresa tra 2.500.000 e 170.000 abitanti;
- Aree di Centrale in Città mediamente popolate: rientrano in questa categoria 20 Città capoluogo di provincia con popolazione compresa tra 170.000 e 70.000 abitanti;
- Aree di Centrale in Città poco popolate: rientrano in questa categoria 20 Città capoluogo di provincia con popolazione compresa tra 70.000 e 20.000 abitanti.

Il totale degli abitanti nelle 60 Città considerate è di 13.241.063 e il totale del campione considerato di utenti serviti da tutte le 200 Centrali TI considerate è di 1.710.152 (13%).

I costi infrastrutturali per l'accesso dipendono infatti fortemente dalla morfologia e dalla demografia del territorio. Un'analisi completa sul territorio richiede normalmente la suddivisione in aree (*geotipi*) ognuna delle quali è caratterizzata da un'omogeneità al proprio interno per quanto concerne la densità di popolazione, la morfologia territoriale e l'esistenza di infrastrutture civili di telecomunicazioni nella rete di accesso.

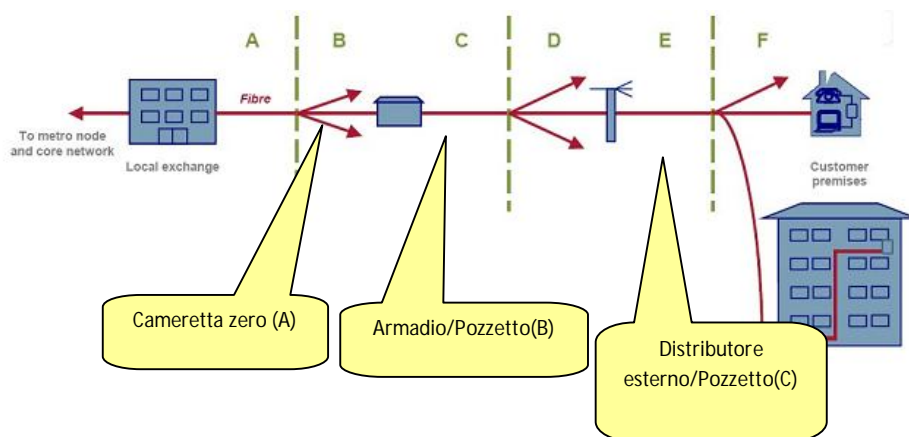


## A1 - Modello della rete

Per valutare i costi associati allo sviluppo di un'infrastruttura FTTH, nei due casi di architettura PtP e di architettura GPON, è stato definito un *modello di rete di accesso ottica* che rispecchia l'architettura di rete nelle aree di centrale considerate.

Sia la *rete primaria* che la *rete secondaria* sono state divise in due segmenti collegati da punti di snodo situati in pozzetti – rispettivamente *cameretta zero (A)* per la primaria e *distributore esterno/pozzetto (C)* per la secondaria – , come mostrato in Figura A.1. Il punto di separazione fisica tra la rete primaria e la rete secondaria è l'*Armadio o pozzetto stradale (B)*, costituito più spesso da un giunto posto in un pozzetto (o cameretta) sotterraneo coperto da chiusino, cui fanno capo gli innesti dei cavidotti. Più raramente si tratta di un armadio stradale, nel quale sono terminati i cavi. Gli armadi stradali non sono stati inclusi nel modello di costo in quanto ad oggi né gli OLO né Telecom Italia sembrano favorevoli alla loro realizzazione (ed in particolare non sembra esservi interesse per la prestazione di *sub loop unbundling* che gli armadi permettono) consentendo di creare un Punto di Mutualizzazione esterno rispetto a centrali e edifici.

Si osserva che gli armadi stradali per reti ottiche vanno appositamente realizzati e sono elementi di rete piuttosto costosi (per 200 utenti si stimano costi in opera di 50-100 €/utente: tra i 10.000 e 20.000 €/armadio) e quindi nel modello di confronto questi costi non sono stati considerati. Essi verranno tuttavia ripresi nella parte finale dello studio relativa alla stima budgetaria di costo della rete a livello di sistema-Paese.



**Figura A-1: Infrastruttura di rete per la tecnologia FTTH**

In termini impiantistici, l'architettura FTTH-PtP è simile ad una architettura FTTH-GPON, tuttavia essa richiede una singola fibra per ogni utente, portando ad un aumento dei costi dovuto sia ad un più alto uso di fibre e sia ad un più basso riuso delle infrastrutture esistenti (a causa dello spazio in più necessario per un numero maggiore di fibre). Il numero di tracciati e di conseguenza pozzetti, muffole, etc. dipendono dal numero di utenti serviti dalla



Centrale e dalle caratteristiche infrastrutturali del modello considerato (tipo di scavo, fibra utilizzata). Nello studio, nel caso di architettura FTTH-GPON viene considerato un singolo livello di splitting (1:64) posto all'interno del pozzetto (B).

## **A2 - Principali ipotesi assunte nel modello**

In questa Sezione sono riassunte le principali ipotesi assunte nella definizione del modello presentato precedentemente.

Il modello prevede di connettere in un unico passo alla nuova rete FTTH la totalità degli edifici presenti nell'area di centrale oggetto della simulazione (*Total replacement*).

Inoltre, è previsto il riuso delle infrastrutture civili (canalizzazioni e tubi), disponibili sia sulla rete primaria che sulla rete secondaria, sulla base di un fattore percentuale di riuso adottato in modo uniforme sulle varie sezioni della rete di accesso. Nessun onere è previsto per l'utilizzo delle tubazioni disponibili in riuso (ad esempio, diritto d'uso IRU per 15 anni). Le tubazioni riutilizzate non contengono i cavi in fibra ottica, che vanno messi in opera e il cui investimento è stimato, così come per tutte le altre componenti del modello, secondo un approccio di tipo *greenfield* (realizzazioni ex-novo).

Circa il cablaggio di edificio, i possibili approcci realizzativi sono due, entrambi oggi impiegati dagli operatori italiani:

- approccio a cavo *multi-fibra*;
- approccio a *cavetti singoli*.

Una volta realizzata la connessione di adduzione al basamento dell'edificio l'operatore considera l'edificio "connesso" e sue abitazioni "case passate". Nell'approccio a cavo multi-fibra, la tratta verticale multi-fibra viene realizzata dall'operatore nel momento in cui viene richiesta la prima connessione ad un'abitazione dell'edificio, mentre la connessione orizzontale è realizzata solo per l'abitazione che ha richiesto il servizio. Ad ogni richiesta di ulteriori connessioni da parte delle altre utenze del palazzo, l'operatore che ha realizzato il cablaggio verticale provvede alla realizzazione dei tratti orizzontali richiesti.

L'approccio a cavetti singoli, invece, prevede che l'operatore realizzi con un cavo singolo, unicamente l'intera connessione di edificio (sia il verticale che l'orizzontale) per il singolo utente che la richiede. Nel nostro modello, nel calcolo del costo delle "case passate" si include il collegamento di accesso in fibra realizzato fino al box posto nel basamento dell'edificio. Inoltre, nel calcolo del costo delle "case connesse", il costo delle due componenti di cablaggio (verticale e orizzontale) per singola abitazione è assunto approssimativamente uguale nei due approcci di cablaggio di edificio prima illustrati.

Circa il modello di riuso delle infrastrutture esistenti che è stato adottato, si possono seguire due approcci:



- identificare le varie infrastrutture esistenti e riutilizzabili per ciascuna tratta di rete e valutare le opere necessarie per la realizzazione delle parti della tratta in cui non si hanno infrastrutture esistenti;
- valutare economicamente le opere necessarie per la realizzazione in nuova posa di ciascuna tratta di rete; per ognuna di queste tratte si applica poi un “fattore di riuso” inteso come la percentuale della tratta in cui si possono riutilizzare infrastrutture esistenti e che quindi non necessita di nuova posa.

Per motivi di semplicità nello studio si è scelto il secondo approccio, che è stato adottato anche negli studi di Analysys Mason. Si osservi che nel modello da noi adottato, il riuso delle infrastrutture esistenti non implica alcun onere economico per l'uso delle tubazioni messe a disposizione.

Quindi, se si applica un fattore di riuso dell'80% ad una certa tratta di tubazioni, la tratta va realizzata per il 20% ex novo, mentre per il restante 80% si assume la disponibilità di tubazioni esistenti al riuso senza onere.

Infine con riferimento ai costi di allestimento in centrale non sono stati presi in considerazione alcuni investimenti, quali:

- lavori edili;
- allestimento delle sale e dei telai per gli apparati attivi;
- allestimento dei telai passivi;
- adeguamento sistemi di alimentazione e condizionamento.

### **A3 - Parametri del modello**

Vengono di seguito descritti i parametri di ingresso del modello, catalogati in *quattro classi*, specificando, per ognuna di queste, in che modo i dati contribuiscono alla stima dell'investimento necessario alla realizzazione della NGAN. Le classi sono così denominate:

- *Area di intervento*
- *Rete primaria e secondaria*
- *Cablaggio di edificio*
- *Apparati di rete e di utente*

1. *Area di intervento*. L'area di intervento rappresenta la “porzione” di territorio coperta dallo Stadio di Linea all'interno del quale l'operatore andrà ad installare l'OLT. Nell'analisi dei costi non viene considerata la rete a monte dello Stadio di Linea. Sia la rete primaria che



la rete secondaria sono realizzate per mezzo di più strutture ad albero. Il modello permette di specificare:

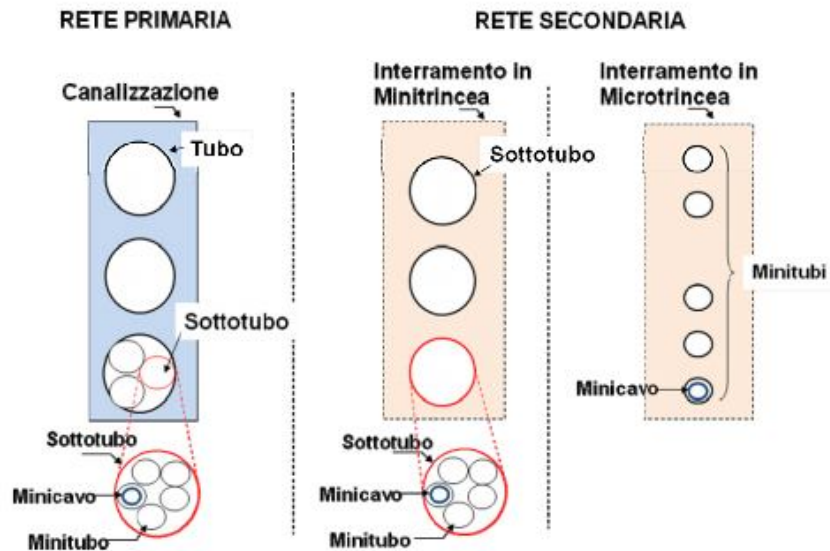
- localizzazione della sede, SL co-locato con SGU di ogni Centrale;
- lunghezza di ognuna delle due tratte in cui sono suddivise la rete primaria e la rete secondaria;
- gli utenti totali (OLO + TI) di ogni Centrale;
- il numero di edifici raggiunti da ogni Centrale;
- il dwelling factor, ovvero il numero medio di appartamenti per edificio;
- il numero di abitazioni, in termini, sia di “case passate” che di “case connesse”;
- il fattore di riuso della primaria, secondaria e pozzetti PtP e GPON, inteso come la percentuale di tratta in cui vengono riusate infrastrutture esistenti e che quindi non necessita di nuova posa. Unico costo è quello del minicavo poiché il riutilizzo tiene conto di tubi e sotto tubi vuoti non utilizzati e la possibilità di usare spazi vuoti all'interno di tubi e sottotubi non impiegati per il rame. Il riuso è utilizzato in modo uniforme sulle varie sezioni della rete.

2. Rete primaria e secondaria. Per quanto riguarda le infrastrutture civili della rete ottica di accesso, la struttura del modello risulta articolata, per le diverse sezioni della rete primaria e secondaria, come mostrato in Figura A-2. Il modello permette quindi di configurare, per ognuno dei segmenti della rete di accesso (sia primaria che secondaria), la tipologia e la numerosità di tubi, cavi e fibre presenti (Figura A-3). In particolare vengono assunti:

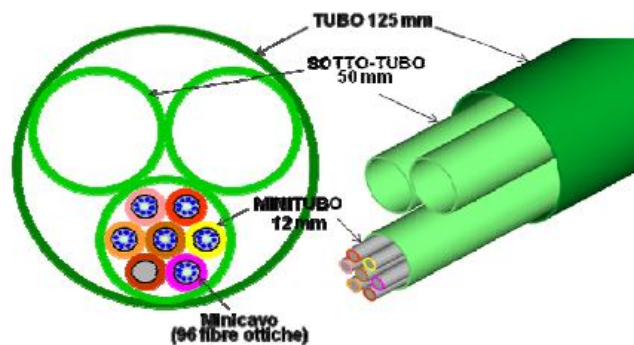
- a. Tubazioni in canalizzazioni nel segmento Centrale-Cameretta zero (A);
  - ogni scavo include la posa di almeno una canalizzazione; due ulteriori canalizzazioni sono possibili qualora la densità di case passate lo richieda;
  - ogni canalizzazione può ospitare un determinato numero di tubi (da 100-125 mm);
  - ogni tubo ospita un numero di sottotubi (da 50-63 mm);
  - in ogni sottotubo trovano posto un certo numero di minitubi (da 10-12 mm);
  - ogni minitubo è sede di un minicavo costituito da uno specifico numero di fibre fino ad un massimo di 144.



- b. Monotubi e minitubi in *minitrincea* nel tratto di primaria-300m fino al pozzetto (B).
- c. Minitubi in *microtrincea* in secondaria e nella tratta di adduzione.



**Figura A-2: Tubazioni in canalizzazione con sottotubi e minitubi anche interrati in minitrincea (rete primaria); sottotubi e minitubi interrati in microtrincea (rete secondaria)**



**Figura A-3: Tubi in canalizzazione, sottotubi, minitubi e micicavi**

Per i primi 300 m i parametri di ingresso comprendono: il numero massimo di tubi presenti nella canalizzazione; il numero massimo di sottotubi presenti all'interno di un tubo; il numero massimo di minitubi in un sottotubo; il numero di micicavi in un minitubo; il numero di fibre in un micicavo. Il numero di micicavi per minitubo è sempre assunto pari ad uno.



La valorizzazione degli investimenti necessari alla realizzazione della rete di accesso viene stimata a partire da due voci di costo: la prima comprende sia i materiali che le attività di scavo e posa relativamente alle infrastrutture civili (posa canalizzazioni, sottotubi e minitubi, posa sottotubi e minitubi interrati, posa pozzetti e muffole di estrazione), la seconda tiene invece in considerazione il costo del minicavo in fibra ottica e le attività di connettorizzazione, test e posa in opera. Dato che nel caso di riuso di infrastrutture esistenti, l'unica voce di costo è quella del minicavo, si assume che il costo della messa in opera del minitubo sia incluso nel costo del minicavo. Si ricorda poi che nel modello non sono inclusi altri oneri per il riuso del minitubo.

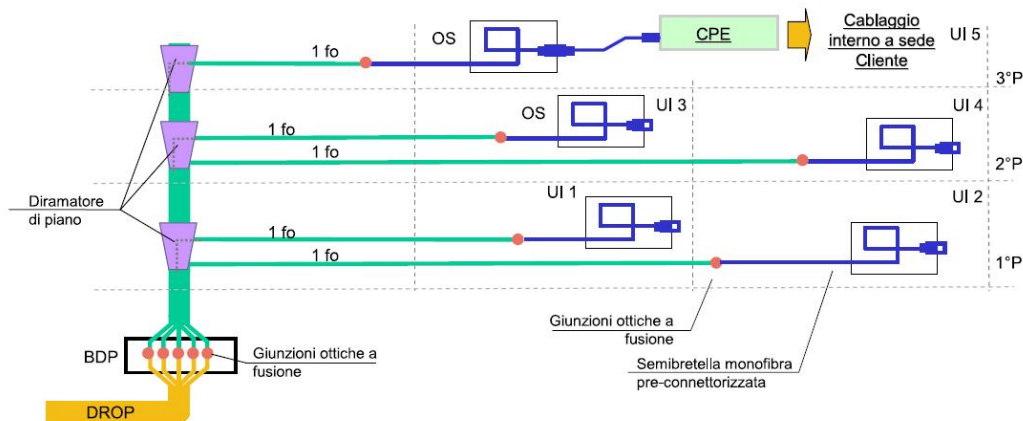
Il numero dei tracciati in primaria e in secondaria, di tubi, sottotubi, minicavi, nonché dei pozzetti e delle muffole di estrazione e giunzione sono stati dimensionati (prendendo opportuni margini) in base al numero totale di utenti (sia degli OLO che di TI) serviti da ogni centrale. Il progetto della rete di adduzione, poi, è stato realizzato considerando di portare una fibra ottica per U.I., più una di scorta per prevedere la possibile crescita futura delle U.I.

Alla caratterizzazione della rete di accesso, per quanto riguarda la soluzione GPON, contribuisce anche lo *split ratio* adottato nella rete di accesso per concentrare più utenti su una singola fibra. Il fattore di concentrazione degli utenti è specificabile in modo indipendente per ciascuno dei quattro segmenti della rete di accesso.

3. Cablaggio di edificio: il cablaggio di edificio (cablaggio verticale e cablaggio orizzontale) prevede una valorizzazione che dipende solamente dal fattore abitativo (Figura A-4). La valorizzazione degli investimenti necessari alla realizzazione del cablaggio comprende:

- la verticale d'edificio con un minicavo da 24 f.o.;
- i diramatori di piano posti all'interno delle scatole di derivazione di piano esistenti in base al numero di appartamenti per edificio e considerando una media di due appartamenti per edificio;
- raccordo utente dal diramatore di piano fino alla presa del cliente all'interno della singola U.I. dove vengono terminate e collegate alle CPE.





**Figura A-4: Cablaggio verticale dell'edificio (da PDI all'ultimo piano), sbraccio al piano e collegamento di utente**

4. Apparati di rete e di utente: gli apparati necessari alla realizzazione di una rete NGAN sono:

- *L'Optical Line Termination (OLT)*: nel caso di architettura GPON, è previsto l'utilizzo di un OLT-GPON in grado di servire, per ciascuna porta lato utente, 2,5 Gbit/s in *downstream* e 1,25 Gbit/s in *upstream*. Nel caso di architettura PtP si prevede invece l'uso generalizzato di apparati OLT del tipo *switch* Ethernet con porte verso l'utenza del tipo Fast Ethernet, operanti a 100 Mbit/s. Entrambi gli apparati OLT sono stati modellati utilizzando una coppia di parametri: il costo del dispositivo e il numero di interfacce lato utente. Nel caso GPON queste interfacce corrispondono alle porte cui sono connesse le fibre di distribuzione della rete di accesso, ognuna delle quali garantisce connettività a un numero di utenti pari al fattore complessivo di *splitting* configurato. Gli *switch* Ethernet della soluzione PtP vengono invece dimensionati prevedendo una porta Fast Ethernet per ogni singola casa connessa;
- *L'Optical Distribution Frame (ODF)*: è il permutatore ottico di centrale che connette gli apparati OLT alla rete primaria. In centrale sono previste due file di armadi ODF per permettere flessibilità nello smistamento e nella connessione degli OLT dei vari operatori alla rete di accesso;
- *Muffole di estrazione e giunzione*: all'interno dei vari pozzetti le funzioni di smistamento e giunzione delle fibre sono in genere realizzate con muffole contenenti schede di giunzione; nel caso della soluzione GPON, nella rete di accesso vengono installati degli *splitter passivi*. Il modello prevede la possibilità di inserimento di tali elementi presso l'armadio o il pozzetto stradale (B). Il numero di *splitter* è calcolato sulla base dei fattori di *splitting*, e cioè dei fattori di concentrazione dell'utenza su una singola fibra, mentre il costo degli *splitter* è valutato assegnando un valore medio sulla base di un listino che prevede differenti modelli di *splitter* in funzione del loro *split ratio*.

- *L'Optical Network Termination (ONT)*: lo sviluppo di una soluzione FTTH richiede la presenza dell'ONT in casa dell'utente specializzato a seconda della tecnologia di riferimento GPON e PtP. Gli apparati ONT considerati nel modello sono caratterizzati da un'interfaccia lato rete, in fibra ottica singola, che permette di collegare l'ONT alla rete di accesso in modalità duplex; un modulo per la ricezione/trasmmissione del segnale TDM, necessario solamente per la soluzione GPON; le interfacce di utente; tipicamente: porte Fast Ethernet, interfaccia WiFi, porte telefoniche, e porte USB.

Il modello definito permette di studiare alcuni aspetti economici associati al dispiegamento di una soluzione FTTH in un'area di intervento caratterizzata da un determinato numero di abitazioni, distinguibili tra "passate" e "connesse", e confrontando le due differenti opzioni architettureali.

I risultati sono proposti in termini di costo complessivo, ovvero: si valuta l'investimento totale necessario per la copertura dell'intera area di intervento, e si confronta il costo medio per utente connesso nelle due alternative architettureali.<sup>34</sup>

#### **A4 - Valorizzazione dei parametri del modello**

A partire dalle informazioni a disposizione, è stata costruita un'ipotesi di valorizzazione dei parametri sulla base della quale è sviluppata l'analisi del modello e sono stati valutati i costi di realizzazione dell'infrastruttura.

##### **a) Area di intervento**

1. *Dimensione della rete* - Come detto, nell'analisi si considera la realizzazione della rete NGAN per servire un numero di abitazioni pari agli utenti totali serviti da ogni centrale. Per definire il caso di riferimento si assume, come punto di partenza, che gli

---

<sup>34</sup> Occorre evidenziare come con la soluzione PtP diventi impraticabile la realizzazione di grandi centrali urbane (da 20.000 a 100.000 utenti) che, di contro, possono essere messe in opera con la soluzione GPON. Per quanto riguarda gli apparati di centrale di tipo OLT e ODF, è interessante il confronto tra i requisiti per servire 16.000 utenti nei due casi, riportati in uno studio Alcatel-Lucent. Nel caso PtP a fibra singola per utente, si assume di dover gestire a scopo di local loop unbundling due permutazioni della singola fibra di utente attraverso due ODF. Per gestire 32.000 permutazioni di fibre ottiche singole servono 24 armadi ODF, delle dimensioni 2200x900x300 mm, ciascuno capace di gestire fino a 1.440 fibre. Servono poi 24 armadi per l'hardware dell'OLT, inclusi 2 armadi per le terminazioni verso la rete metro, assumendo 720 porte di utente PtP per armadio. Gli OLT sono con porte Fast Ethernet a 100 Mbit/s. Nel caso GPON senza possibilità di local loop unbundling, assumendo un fattore di splitting complessivo 1:32, è sufficiente un armadio ODF (usato per 508 fibre, di cui 8 fibre verso la rete metropolitana) e due armadi per l'OLT, in quanto Alcatel-Lucent assume che in un armadio OLT si collochino fino a 256 porte GPON a fibra singola. Le assunzioni fatte sulla capacità degli armadi ODF in termini di trattamento delle fibre sono aggressive (alcuni stimano 720 per armadio ODF), mentre per la capacità degli armadi OLT-PtP si può arrivare fino a circa 1.000 porte per armadio. La capacità degli armadi OLT-GPON sembra invece adeguata. Comunque, anche modificando i parametri utilizzati, risulta che il numero di armadi nella soluzione PtP è circa 10 volte più grande che nel caso GPON. Quindi, gli ingombri, i consumi e i costi degli apparati in centrale (OLT e ODF) nel caso PtP sono superiori a quelli della soluzione GPON: si tratta di un rapporto che si avvicina a 10:1 per tutti e tre i parametri indicati (ingombri misurati in mq/utente, consumi in kW/utente, e costo degli apparati OLT/ODF in €/utente).



utenti siano connessi al 100%, ovvero le case siano connesse al 100% (*total replacement*). Riprendendo il modello della rete di Figura A-1:

- il numero delle case connesse/passate è pari agli utenti OLO+TI;
- il numero di camerette zero (A) è uguale a 1 per l'architettura GPON e massimo 5 per architettura PtP con pozzetti di dimensioni pari a 70x90 cm per i cambi di direzione (punti di snodo);
- ogni armadio stradale/pozzetto (B) serve in media 1.250 utenti di dimensioni 70x90cm per GPON e 170x220cm per PtP. All'interno dei pozzetti sono presenti splitter (+ scorta) con fattore di spitting 1:64 per GPON e muffole di estrazione (non superiore a 3) max 144 f.o. per PtP;
- il numero di distributori esterni è dimensionato in base al numero di utenti serviti; sono presenti pozzetti di dimensione 47x47 cm con muffola di estrazione max 144 f.o. Ogni muffola di giunzione può ospitare fino ad un max di 10 cavi [trunk (rete di accesso fino al pozzetto C) e drop (adduzione fino a PDI)]; è possibile prevedere per cavi drop a bassa potenzialità un incremento sino a 12]. Il numero max di U.I. è mediamente inferiore a 100 per muffola;
- il numero medio di edifici per punto di flessibilità è assunto pari a 6;
- il dwelling factor dipendente dalla centrale considerata ed è ottenuto a partire da dati Istat 2004 sul totale di appartamenti/totale edifici.

2. *Lunghezza delle sezioni della rete di accesso* - Si assume:

- pari a 300m il segmento di rete che va dalla centrale alla cameretta zero (A);
- pari a 60m il *raccordo* che va dal distributore esterno al distributore interno (PDI);
- i valori della rete primaria e secondaria (min, max e media) sono valori medi su tutte le distanze, rispettivamente, centrale/armadio di distribuzione e armadio di distribuzione/singolo terminale (chiostrina/distributore) calcolati sulla base di dati forniti da Agcom su rete di accesso TI.

**b) Rete primaria e secondaria**

Questa Sezione caratterizza alcuni aspetti del modello analizzato, quali: i fattori di *splitting* della soluzione GPON, i fattori di riuso e la struttura delle tubazioni per le diverse sezioni della rete, il costo delle installazioni di nuova posa e il costo della fibra ottica messa in opera.

1. *Splitting nella rete GPON* - Posizionamento degli *splitter* e loro fattore di *splitting* sono i due aspetti che l'operatore deve definire a priori nella progettazione della rete





GPON. Si è deciso di posizionare gli *splitter* su un livello, nel pozzetto nodale in prossimità del cabinet per un rapporto complessivo di 1:64.

2. *Fattore di riuso delle infrastrutture esistenti* - Per lo sviluppo della banda ultralarga nella rete di accesso è possibile riutilizzare l'infrastruttura civile esistente. Il problema è la determinazione del fattore di riuso di tale infrastruttura, che deve tenere conto di diversi fattori quali:

- la presenza di tubi e sottotubi vuoti, non utilizzati;
- la possibilità di usare spazi vuoti all'interno di tubi e sottotubi impiegati per il rame.

La necessità di definire un modello semplice porta all'introduzione del parametro "fattore di riuso", specificabile in modo indipendente per ogni sezione della rete di accesso, ed espresso in termini di "fattore percentuale di riuso" rispetto a realizzare *ex-novo* l'intera infrastruttura necessaria per la specifica sezione di rete.

In generale il fattore di riuso è minore sulla rete secondaria che sulla rete primaria. Si è scelto di considerare un fattore di riuso pari a:

- 80% per architettura GPON e 40% per architettura PtP in primaria;
- 40% in secondaria sia per GPON che PtP;
- 50% per il riutilizzo dei pozzetti esistenti.

3. *Messa in opera di nuove infrastrutture e di minicavi ottici* – Vengono riassunti di seguito gli aspetti infrastrutturali del modello analizzato, andando a caratterizzare, per ogni segmento di rete, il dimensionamento delle tubazioni (tubi, sottotubi, minitubi) e dei minicavi in fibra ottica. Per le canalizzazioni si assume che:

- ogni canalizzazione possa ospitare un determinato numero di tubi pari a 3 (da 100-125 mm);
- ogni tubo ospiti un numero di sottotubi pari a 3 (da 50-63 mm);
- in ogni sottotubo trovi posto un numero di minitubi pari a 5 (da 10-12 mm);
- ogni minitubo sia infine sede di un minicavo costituito da uno specifico numero di fibre fino ad un massimo di 144. Vengono considerati cavi da 12, 24, 30, 50, 96, 144 f.o.

Per le minitrincee si assume che:

- ogni scavo ospiti un numero di sottotubi pari a 3 (da 50-63 mm);
- in ogni sottotubo trovino posto un numero di minitubi pari a 5 (da 10-12 mm);



- ogni minitubo sia infine sede di un minicavo costituito da uno specifico numero di fibre fino ad un massimo di 144. Vengono considerati cavi da 12, 24, 30, 50, 96, 144 f.o.

Per le microtrincee si assume che:

- ogni scavo ospiti un certo numero di minitubo (da 10-12 mm);
- ogni minitubo sia infine sede di un minicavo costituito da uno specifico numero di fibre fino ad un massimo di 144. Vengono considerati cavi da 12, 24, 30, 50, 96, 144 f.o.

Di seguito vengono caratterizzate invece le voci che rientrano nel costo delle nuove infrastrutture. In Centrale vengono considerati:

- costi OLT;
- costo semibretelle monofibra pre-connettorizzate OLT-ODF;
- costo semibretelle monofibra pre-connettorizzate doppia fila ODF;
- costo doppia fila ODF;
- giunzione delle f.o. nei subtelai di giunzione ODF;
- attestazione dei cavi nel telaio terminazione fibre ODF.

I costi vengono sovradimensionati x1,5 utenti.

Dalla Centrale alla Cameretta zero vengono considerati:

- scavo canaletta Centrale-Cameretta zero (A);
- fornitura e posa di tubo 125 mm;
- fornitura e posa del monotubo nel tubo 125mm;
- fornitura e posa del minitubo nel monotubo;
- fornitura e posa di cavo f.o. per minitubo;
- fornitura e posa pozzetti.

Dalla Cameretta zero all'armadio stradale (pozzetto B) vengono considerati:

- scavo in minitrincea Cameretta zero (A) - Pozzetto (B);
- fornitura e posa di monotubo 40-63 mm;
- fornitura e posa del minitubo nel monotubo;



- fornitura e posa di cavo f.o. per minitubo;
- fornitura e posa di pozzetti;
- fornitura e posa di muffola di estrazione per PtP;
- attestazione dei cavi nelle muffole per PtP;
- giunzione delle f.o. nelle muffole per PtP;
- fornitura e posa splitter per GPON.

Dall'*Armadio/pozzetto stradale* al *distributore esterno* vengono considerati:

- scavo microtrincea Pozzetto (B)- Distributore (C);
- fornitura e posa del minitubo;
- fornitura e posa di cavo f.o. per minitubo;
- fornitura e posa di pozzetti;
- fornitura e posa di muffola di estrazione;
- attestazione dei cavi nelle muffole;
- giunzione delle f.o. nelle muffole.

Dal *distributore esterno* al *distributore interno (PDI)* vengono considerati:

- scavo microtrincea Distributore esterno(C) - Distributore interno(PDI);
- fornitura e posa del minitubo;
- fornitura e posa del cavo f.o. per minitubo;
- attestazione delle fibre del cavo nel PDI;
- giunzione delle f.o. nelle muffole;
- fornitura e posa muffola di estrazione (PDI).

A questo stadio la casa risulta "passed".

Dal *distributore interno* all'*utente finale* vengono considerati:

- fornitura e posa del minitubo;
- posa del cavo f.o. verticale per minitubo;



- diramatori di piano per il collegamento d'utente;
- giunzione ottica a fusione fibra verticale/semibretella ottica;
- semibretella monofibra pre-connettorizzata fino a casa del cliente;
- costo borchia + ONT a casa utente.

Quanto sopra rappresenta i costi del cablaggio verticale più il raccordo d'utente.

Per gli *scavi e le tubazioni*, nel costo della fibra installata (fornitura e posa di una singola fibra) a metro è inclusa anche la messa in opera dei minitubi in cui si infilano i minicavi. Il modello tiene in considerazione costi differenziati di messa in opera al variare del numero di fibre del minicavo.

Da sottolineare che *in rete secondaria fino al basamento dell'edificio, la struttura è simile al caso PtP (il numero di minitubi per le due opzioni è uguale).*

## **A5 - Valutazione economica**

In questa Sezione, sono riportati ed analizzati i principali risultati ottenuti nella valutazione dei costi considerati.

Viene riportato graficamente in Figura A-5 l'investimento necessario per la realizzazione della rete ottica per una architettura FTTH di tipo PtP e GPON che assume il 100% di case connesse. I numeri di utenti riportati in Figura A-5 sono valori medi calcolati raggruppando le Centrali sulla base del *dwelling factor* (pari a 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13 e 16 rispettivamente al numero di utenti).

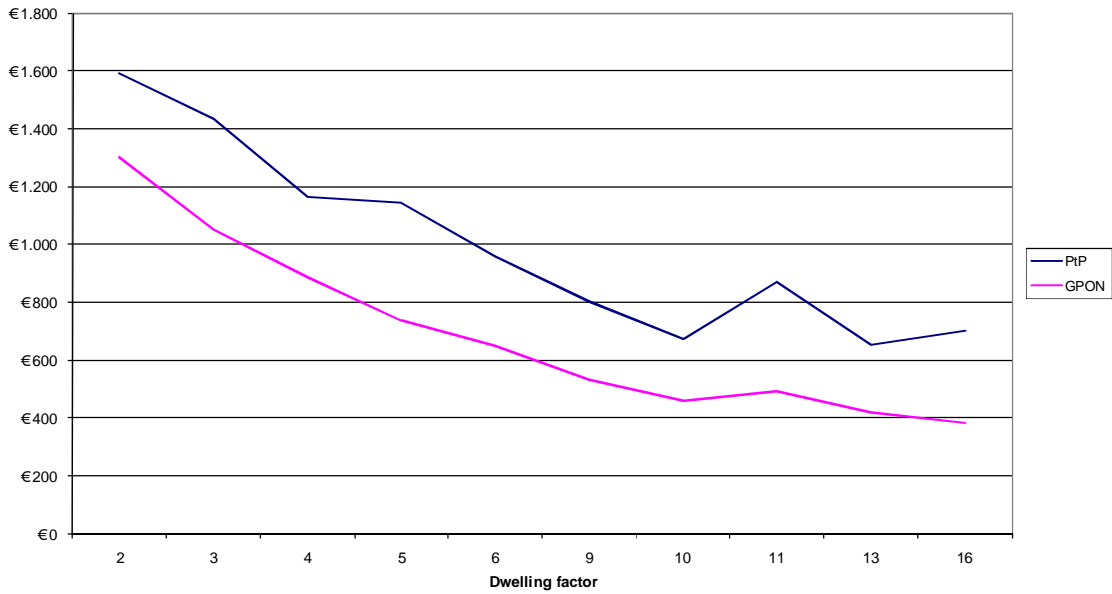
Inoltre, al fine di poter meglio identificare le differenze tra le due alternative, si riporta in Figura A-6 anche la differenza percentuale tra i costi GPON e PtP.

Il Costo Totale dell'opzione GPON rispetto a quello dell'opzione PtP oscilla tra il 20% e il 50% circa in meno.

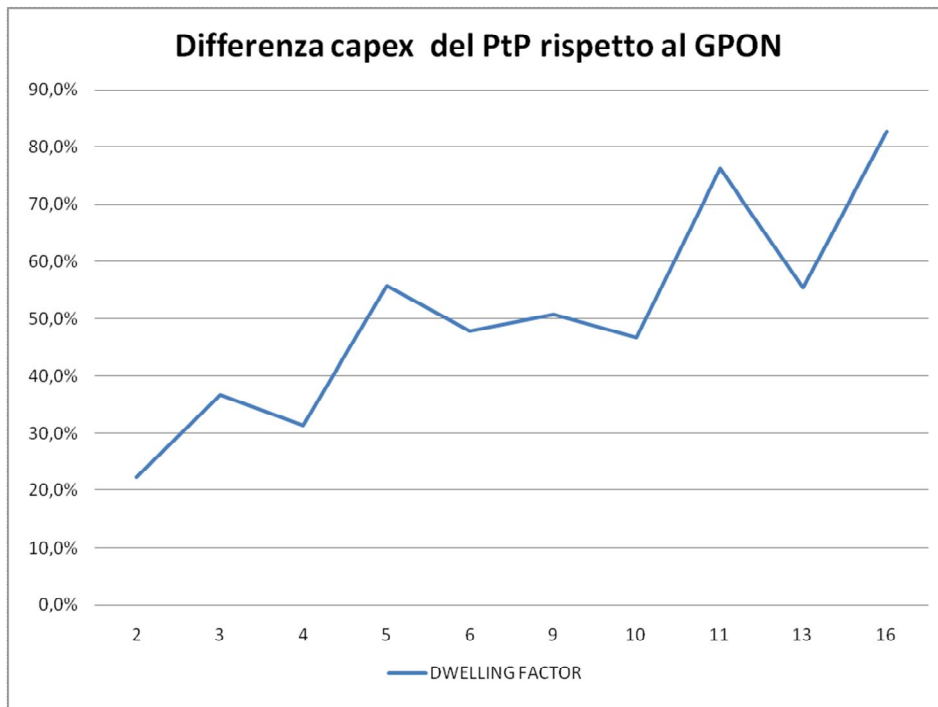
È bene evidenziare, ancora una volta, che tale risultato tiene conto dei soli costi legati agli investimenti (Capex), non considera in alcun modo i costi di gestione annuali (Opex), assume il Total replacement dell'area, e si riferisce a configurazioni impiantistiche che assumono di mantenere invariata la collocazione e il numero delle centrali locali perfettamente coincidenti con gli attuali Stadi di linea di Telecom Italia.



**Costo medio per casa connessa PtP e GPON**



**Figura A-5: Costo medio per casa connessa al variare del dwelling factor**



**Figura A-6: Differenza percentuale tra i costi GPON e PtP**



### **a) Metodologia del confronto economico tra architetture FTTH-PtP e FTTH-GPON a livello nazionale**

I costi infrastrutturali per l'accesso dipendono fortemente dalla morfologia e dalla demografia del territorio. Un'analisi completa sul territorio richiede normalmente la suddivisione in *aree (geotipi)* ognuna delle quali è caratterizzata da un'omogeneità al proprio interno per quanto concerne la densità di popolazione, la morfologia territoriale e l'esistenza di infrastrutture civili di telecomunicazioni nella rete di accesso. Sulla base delle informazioni a disposizione relative ai dati *ISTAT 2004* sui Comuni d'Italia abbiamo che:

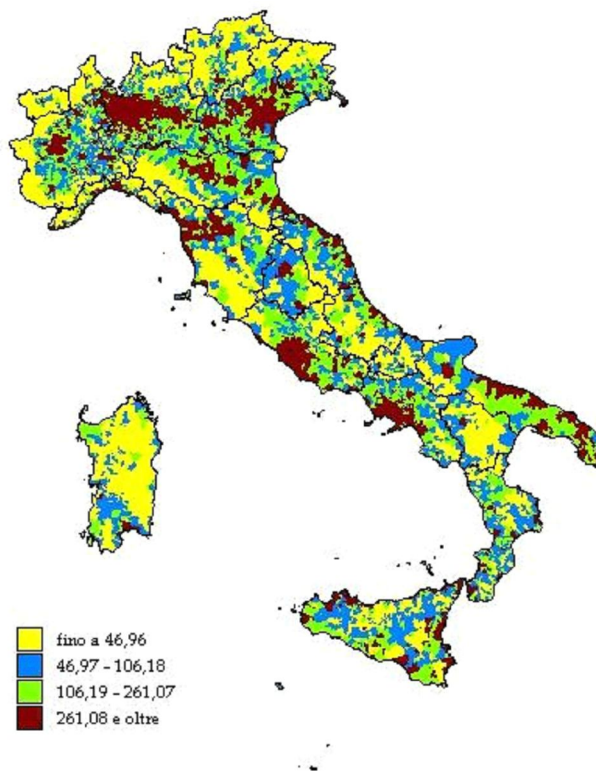
- la *popolazione* è di 57.020.802;
- le *famiglie* sono 21.522.549;
- la *superficie totale* è di 297.432 kmq;
- le *abitazioni totali* sono 26.506.042, divise in 21.310.181 (abitazioni residenti) e 5.195.861 (abitazioni "altre").

Alle quantità sopra riportate corrispondono un rapporto *popolazione/famiglie* pari a 2,65, un rapporto *popolazione/superficie* pari a 191,71 e infine un rapporto *popolazione/abitazioni* pari a 2,15.

### **b) Aree urbane, suburbane e rurali**

Una prima suddivisione tra *area urbana, suburbana (ad alta e bassa densità) e rurale* viene fatta partendo dalla *densità di popolazione* e in particolare viene utilizzata la geografia della densità di popolazione residente (abitanti/kmq) al 31 dicembre 2004 di fonte ISTAT mostrata in Figura A-7. La Figura mostra valori molto alti di densità abitativa nei grandi comuni capoluogo, ma è possibile osservare anche come la corona di comuni intorno a questi centri sia stata protagonista di un forte incremento di popolazione e inizi a giocare un ruolo diverso, con crescente consistenza di popolazione e quindi elevata densità.





**Figura A-7: Densità abitativa (popolazione/ km<sup>2</sup>) – Italia – Anno 2004. (Fonte Istat).**

Si può considerare quindi:

- **Area urbana:** densità abitativa **261,08 e oltre**;
- **Area suburbana più densa:** densità abitativa **da 106,19 a 261,07**;
- **Area suburbana meno densa:** densità abitativa **da 46,97 a 106,18**;
- **Area rurale:** densità abitativa **fino a 46,96**.

Si ha inoltre la seguente *percentuale di contribuzione* sulla superficie totale:

- Area urbana: **15,89%**;
- Area suburbana più densa: **22,94%**;
- Area suburbana meno densa: **25,44%**;
- Area rurale: **35,74%**.

Il *totale area suburbana* risulta essere del **48,38%**.

Inoltre, le famiglie sono così ripartite sulle aree:

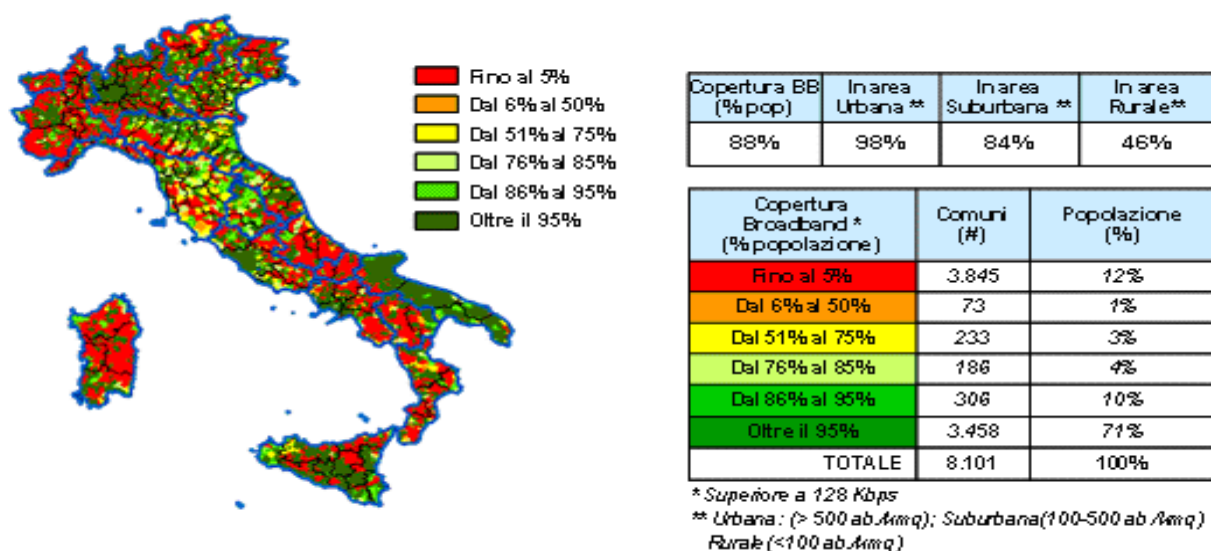
- Area urbana: **14.199.245**;
- Area suburbana più densa: **4.148.359**;
- Area suburbana meno densa: **2.083.183**;
- Area rurale: **1.091.762**.

Infine, la popolazione è così ripartita sulle aree:

- Area urbana: **37.310.816**;
- Area suburbana più densa: **11.494.898**;
- Area suburbana meno densa: **5.544.036**;
- Area rurale: **2.671.052**.

### c) Aree nere, grigie e bianche

È possibile ottenere la suddivisione in **aree nere** (aree ad alta profittabilità), **grigie** - dense e meno dense - (aree a media profittabilità) e **bianche** (aree a bassa profittabilità) considerando la *copertura broadband* (maggiore di 128 kbit/s). In particolare per la copertura broadband si può fare riferimento ai dati forniti dall' "Osservatorio Banda Larga, Between (2006)" [..."i livelli più elevati di copertura ADSL corrispondono alle aree metropolitane e alle zone del territorio morfologicamente più agevoli da infrastrutturare (pianure e zone ad alta densità di popolazione)"....] (Figura A-8).



**Figura A-8: Copertura broadband.** [Fonte Osservatorio Banda Larga, Between (2006)].





Essendo la percentuale di area bianca nota (divario digitale), è possibile fare una suddivisione delle aree nere e grigie (più o meno densa) come combinazione di parametri demografici quali la *popolazione residente*, le *abitazioni totali* e il *dwelling factor*. L'area nera rispecchia le aree in cui sia presente una copertura capillare in fibra ottica o dove esistono le condizioni prospettiche per una realizzazione delle opere di posa di fibra ottica a costi spesso marginali, le città capoluogo di regione, le aree a spiccata vocazione industriale, commerciale e turistica.

Risulta quindi:

- **Area nera:** parte dell'area urbana (suddivisione in base alla densità) con un *numero di abitazioni* per Comune maggiore di 90.000 U.I, *popolazione* maggiore di 200.000 e *numero di appartamenti per edificio* maggiore o uguale di 10. Rappresenta l'area in cui sono presenti le "Top 15" città più popolate d'Italia.

Con una percentuale di penetrazione broadband del 98% (area urbana broadband ad altissima densità con copertura maggiore del 95%, circa 9.328.762 abitanti e 4.336.463 U.I\*) rappresenta il **18,8%** della popolazione totale in Italia;

- **Area grigia più densa:** restante parte dell'area urbana e area suburbana grigia più densa (suddivisione in base alla densità) con un *numero di abitazioni* per Comune compresa tra 6.000 e 90.000 U.I, *popolazione* compresa tra 200.000 e 20.000 e *numero di appartamenti per edificio* maggiore o uguale a 6 e minore di 10.

Con una percentuale di penetrazione broadband dell'95% (area urbana broadband ad alta densità (siamo ancora nella percentuale di popolazione (71%) con copertura maggiore del 95%) con circa 19.167.075 abitanti e circa 8.909.789 U.I\*) rappresenta il **38,6%** della popolazione totale in Italia (Tabella A-1);

<b>Posizione</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Comune</b>	<b>Roma</b>	<b>Milano</b>	<b>Napoli</b>	<b>Torino</b>	<b>Palermo</b>	<b>Genova</b>	<b>Bologna</b>	<b>Firenze</b>
<b>Abitanti</b>	2.546.804	1.256.211	1.004.500	865.263	686.722	610.307	371.217	356.118
<b>Posizione</b>	9	10	11	12	13	14	15	<b>TOTALE</b>
<b>Comune</b>	<b>Bari</b>	<b>Catania</b>	<b>Venezia</b>	<b>Verona</b>	<b>Messina</b>	<b>Trieste</b>	<b>Padova</b>	
<b>Abitanti</b>	316.532	313.110	271.073	253.208	252.026	211.184	204.870	<b>9.519.145</b>

**Tabella A-1: Prime 15 città italiane per numero di residenti**

**Area grigia meno densa:** area suburbana grigia meno densa e area rurale (suddivisione in base alla densità) con un *numero di abitazioni* per Comune da 4.000 a 6.000 U.I e minore di 4.000 U.I, *popolazione* compresa tra 20.000 e 12.000 e minore di 12.000, *rispettivamente*, e *numero di appartamenti per edificio* maggiore o uguale a 3 e minore di 6.

Con una percentuale di penetrazione broadband dell'84% nell'area suburbana grigia meno densa (area suburbana broadband, circa 5.174.974 abitanti e 2.405.580 U.I\*) e del 46%



nell'area rurale (area suburbana broadband, circa 9.735.948 abitanti e 4.525.742 U.I.)<sup>35</sup> rappresenta il **30,1%** della popolazione totale in Italia;

- **Area bianca:** area a divario digitale (non raggiunto da DSL (7,5%) e da ADSL light (5%)), il **12,5%** (circa 6.842.497 abitanti e 3.180.726 U.I.\*) della popolazione totale meno broadband (87,5%) in Italia.

Il totale di area grigia risulta essere **68,7%**, circa 34.077.997 abitanti e 15.841.111 U.I. (Tabella A-2). Il rapporto *area grigia più densa/area grigia totale* risulta essere dello **0,56** ed *area grigia meno densa/area grigia totale* dello **0,44**. La divisione risulta essere quindi **44/56**.

Area	Nera	Grigia	Bianca
<b>Residenti</b>	<b>9.328.762</b>	<b>34.077.997</b>	<b>6.842.497</b>
<b>%</b>	<b>18,8%</b>	<b>68,7%</b>	<b>12,5%</b>
<b>U.I</b>	<b>4.336.463</b>	<b>15.841.111</b>	<b>3.180.726</b>

**Tabella A-2: Distribuzione orientativa di popolazione e unità immobiliari fra le tre aree**

## A6 - Risultati della valutazione economica

### a) Investimento a livello Paese

Per quanto riguarda i costi Capex, ossia gli unici considerati in questo studio, il costo medio per casa connessa (100% case connesse) nelle aree nere e grigie (più o meno dense) è ottenuto dai valori medi forniti in precedenza (calcolati su un campione di 200 Centrali (dislocate sia in centro che in periferia) aperte all'unbundling, co-locate o meno con lo SGU, presenti in 60 Città capoluogo di provincia e distribuite uniformemente nelle tre aree considerate).

Nelle analisi si assume di procedere gradualmente con gli investimenti a partire dalle aree più profittevoli (aree nere) via via alle aree grigie più dense e poi meno dense. Nel seguito si fanno tre ipotesi classificate a seconda dell'intensità di investimento globale disponibile, indipendentemente da quale sia il soggetto, o i soggetti, che lo eroga.

### b) Caso 1: Investimento a livello Paese di 5.000 milioni

In caso di architettura **GPON**:

- Area nera: si copre il **100%** delle famiglie (circa **4.046.239**) con un investimento di **1.747,98 milioni**;

<sup>35</sup> Valori ottenuti considerando un rapporto *popolazione/abitazioni* medio pari a **2,15**.

Area nera: il costo medio per casa connessa è di **740€** per PtP e di **432€** per GPON;

Area grigia più densa: il costo medio per casa connessa è di **810€** per PtP e di **546€** per GPON;

Area grigia meno densa (FTTH): il costo medio per casa connessa è di **1.248€** per PtP e di **890€** per GPON;

Area grigia meno densa (FTTC): il costo medio per casa connessa è di **483€** per PtP/GPON.

Il rapporto PtP/GPON è pari a **1,71** per area nera, **1,48** per area grigia più densa, **1,40** per area grigia meno densa (FTTH).



- Area grigia più densa: si copre il **71,7%** delle famiglie (circa **5.956.080**) con un investimento di **3.252,02 milioni**;
- Area grigia meno densa: si copre lo **0%** delle famiglie.

Risulta un totale di famiglie servite pari a **10.002.319**, circa il **46,48%** del totale delle famiglie.

In caso di architettura **PtP**:

- Area nera: si copre il **100%** delle famiglie (circa **4.046.239**) con un investimento di **2.994,22 milioni**;
- Area grigia più densa: si copre il **29,8%** delle famiglie (circa **2.476.271**) con un investimento di **2.005,78 milioni**;
- Area grigia meno densa: si copre lo **0%** delle famiglie.

Risulta un totale di famiglie servite pari a **6.522.510**, circa il **30,3%** del totale delle famiglie.

### **c) Caso 2: Investimento a livello Paese di 10.000 milioni**

In caso di architettura **GPON**:

- Area nera: si coprono il **100%** delle famiglie (circa **4.046.239**) con un investimento di **1.747,98 milioni**.
- Area grigia più densa: si coprono il **100%** delle famiglie (circa **8.307.703**) con un investimento di **4.536 milioni**;
- Area grigia meno densa (FTTH): si copre il **64,45%** delle famiglie (circa **4.175.303**) con un investimento di **3.716,02 milioni**;
- Area grigia meno densa (FTTC): si copre il **100%** delle famiglie (circa **6.478.288**) con un investimento di **3.129 milioni**.

Risulta un totale di famiglie servite pari a **16.529.245**, circa il **76,8%** del totale delle famiglie con impiego della tecnologia FTTH in area grigia meno densa.

Risulta un totale di famiglie servite pari a **18.832.230**, il **100%** delle famiglie con uso della tecnologia FTTC in area grigia meno densa. Si ha un residuo di **587,02 milioni** da impiegare nelle aree bianche.

In caso di architettura **PtP**:

- Area nera: si copre il **100%** delle famiglie (circa **4.046.239**) con un investimento di **2.994,22 milioni**;



- Area grigia più densa: si copre il **100%** delle famiglie (circa **8.307.703**) con un investimento di **6.729,24 milioni**;
- Area grigia meno densa (FTTH): si copre il **3,4%** delle famiglie (circa **221.586**) con un investimento di **276,54 milioni**;
- Area grigia meno densa (FTTC): si copre il **8,84%** delle famiglie (circa **572.546**) con un investimento di **276,54 milioni**.

Risulta un totale di famiglie servite pari a **12.575.528**, circa il **58,43%** del totale delle famiglie con impiego della tecnologia FTTH in area grigia meno densa.

Risulta un totale di famiglie servite pari a **12.926.488**, circa il **60,06%** del totale delle famiglie con impiego della tecnologia FTTC in area grigia meno densa.

#### **d) Caso 3: Investimento a livello Paese di 15.000 milioni**

In caso di architettura **FTTH/GPON** :

- Si copre il **100%** delle aree nere e grigie, sia quelle più dense che quelle meno dense, (circa **18.832.230**) con un investimento di **1.747,98 + 4.536 + 5.765,68 = 12.049,66 milioni**.
- Si ha un residuo di **2.950,34 milioni**.

In caso di architettura **FTTC** in area grigia meno densa:

- Si copre il **100%** delle aree nere e grigie, sia più dense che meno dense, (circa **18.832.230**) con un investimento di **1.747,98 + 4.536 + 3.129 = 9.412,98 milioni**.
- Si ha un residuo di **5.587,02 milioni**.

In caso di architettura **FTTH/PtP**

- Area nera: si coprono il **100%** delle famiglie (circa **4.046.239**) con un investimento di **2.994,22 milioni**;
- Area grigia più densa: si coprono il **100%** delle famiglie (circa **8.307.703**) con un investimento di **6.729,24 milioni**;
- Area grigia meno densa (FTTH): si copre il **65,26%** delle famiglie (circa **4.227.996**) con un investimento di **5.276,54 milioni**;
- Area grigia meno densa (FTTC): si copre il **100%** delle famiglie (circa **6.478.288**) con un investimento di **3.129 milioni**.

Si ha un totale di famiglie servite pari a **16.581.938**, circa il **77%** del totale delle famiglie con FTTH in area grigia meno densa.



Nel caso di FTTC in area grigia meno densa, si copre il **100%** delle aree nere e grigie, più e meno dense (circa **18.832.230**), con un investimento di **2.994,22 + 6.729,24 + 3.129 = 12.852,46 milioni**.

Si ha un residuo di **2.147,54 milioni**.

**e) Caso 4: Investimento a livello Paese di 18.000 milioni**

In caso di architettura **FTTH/GPON**

- Si copre il **100%** delle aree nere e grigie, più e meno dense (circa **18.832.230**), con un investimento di **1.747,98 + 4.536 + 5.765,68 = 12.049,66 milioni**.
- Si ha un residuo di **5.950,34 milioni**.

In caso di impiego dell'architettura **FTTC** in area grigia meno densa:

- Si copre il **100%** delle aree nere e grigie più e meno dense (circa **18.832.230**) con un investimento **1.747,98 + 4.536 + 3.129 = 9.412,98 milioni**.
- Si ha un residuo di **8.587,02 milioni**.

In caso di architettura **FTTH/PtP** :

- Si copre il **100%** delle aree nere e grigie più e meno dense (circa **18.832.230**) con un investimento **2.994,22 + 6.729,24 + 8.085 = 17.808,46 milioni**.
- Si ha un residuo di **191,54 milioni**.

In caso di architettura **FTTC** in area grigia meno densa:

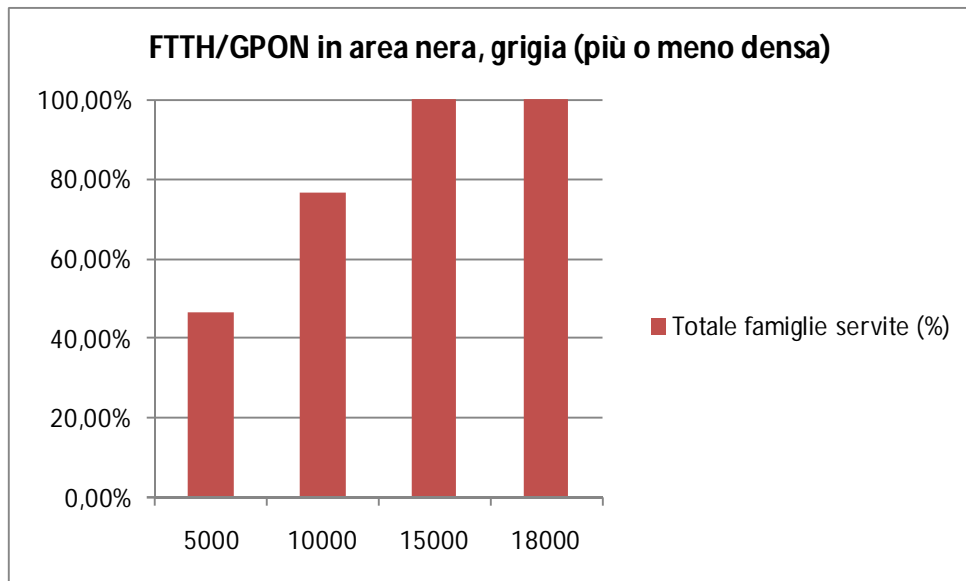
- Si copre il **100%** delle aree nere e grigie (più e meno dense) (circa **18.832.230**) con un investimento **2.994,22 + 6.729,24 + 3.129 = 12.852,46 milioni**.
- Si ha un residuo di **5.147,54 milioni**.

**A7 - Confronto dei risultati ottenuti**

A titolo di esempio le figure A-9 a A-10 mostrano il numero di famiglie servite in funzione dell'ammontare dell'investimento.

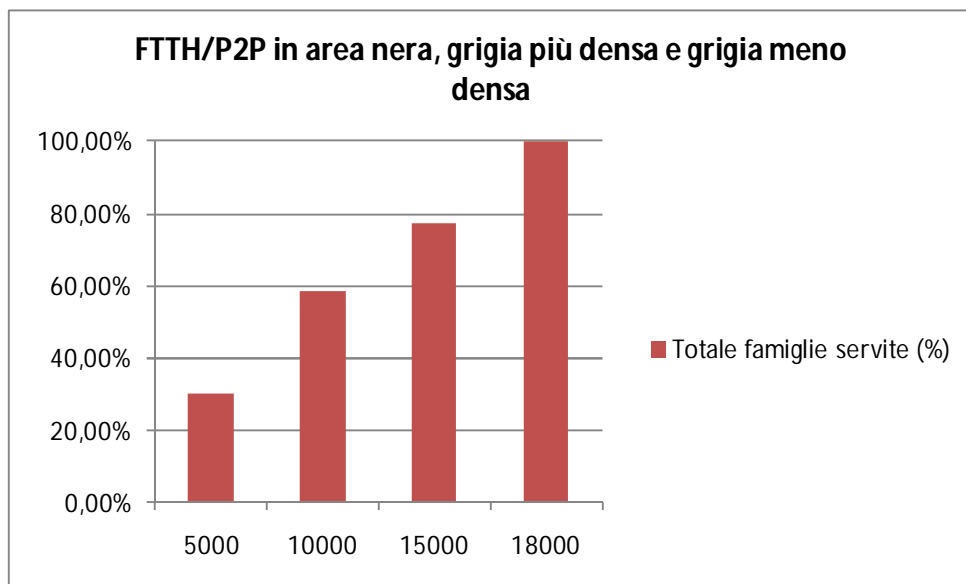


**a) Architettura FTTH/GPON in area nera e grigia**



**Figura A-9: Totale famiglie servite in percentuale al variare dell'investimento.**

**b) Architettura FTTH/PtP in area nera e grigia**



**Figura A-10: Totale famiglie servite in percentuale al variare dell'investimento.**



## A8 - Conclusioni: confronto economico PtP/GPON

### Nel caso di un investimento di 5.000 milioni:

- il *delta famiglie* (GPON meno PtP) è di **3.479.809**, il **18,48%** del totale delle famiglie sull'area considerata. In questo caso la copertura GPON è del **53,11%** delle famiglie e con la PtP è del **34,63%**.

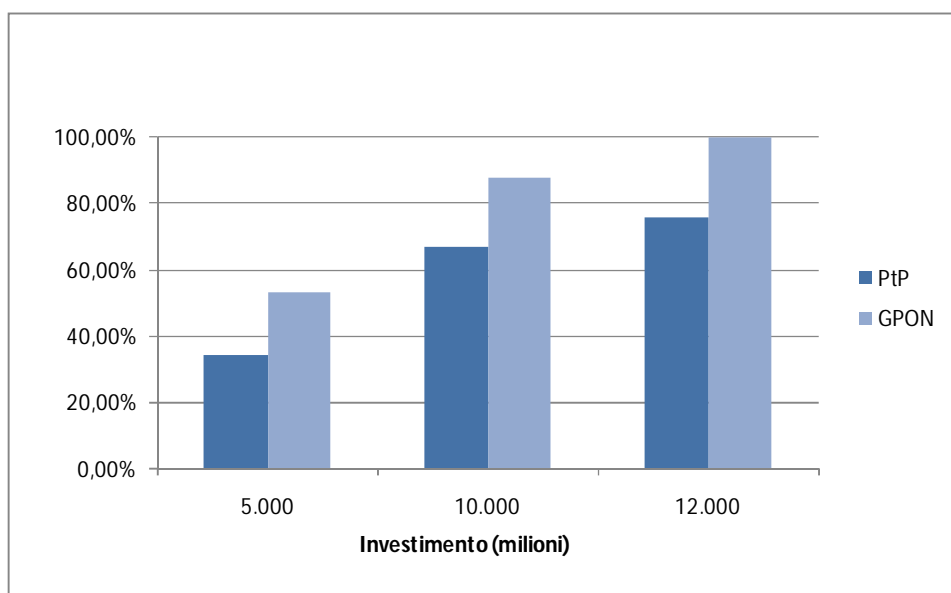
### Nel caso di un investimento di 10.000 milioni:

- per architettura FTTH in area nera e grigia: il *delta famiglie* (GPON meno PtP) è di **3.953.717**, il **21,1%** del totale sull'area considerata; In questo caso la copertura GPON è del **87,77%** delle famiglie e con la PtP è del **66,67%**.

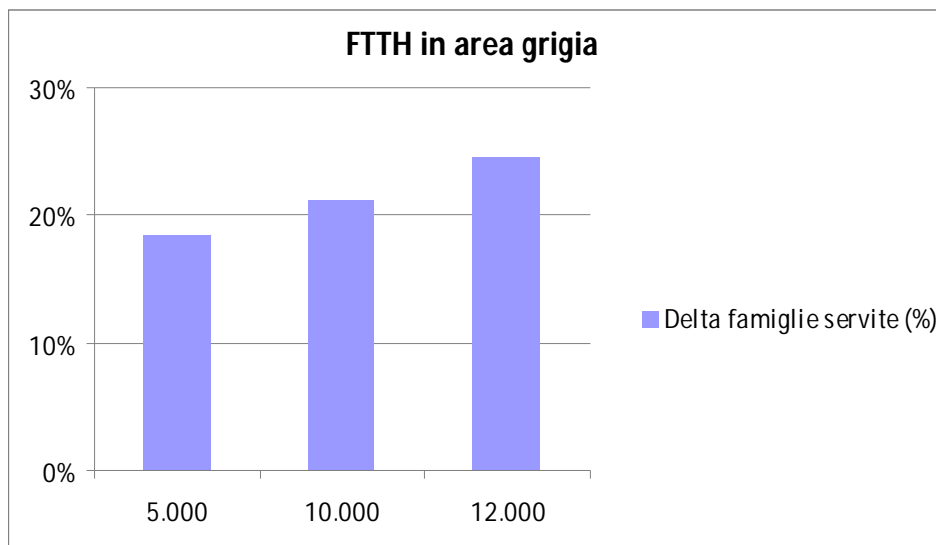
### Nel caso di un investimento di 12.000 milioni:

- per architettura FTTH in area nera e grigia: il *delta famiglie* (GPON meno PtP) è di **4.614.346**, il **24,5%** del totale sull'area considerata; In questo caso la copertura GPON è del **100%** delle famiglie e con la PtP è del **75,5%**.

A titolo esemplificativo le Figura A-11 e A-12 mostrano la differenza di penetrazione a parità di costo tra PtP e GPON.



**Figura A-11: Penetrazione PtP/GPON al variare dell'investimento**



**Figura A-12: Delta famiglie in percentuale al variare dell'investimento**

Dalle analisi effettuate si conclude quanto segue:

- la scelta di una tecnologia di accesso inappropriata porta con sé come conseguenza, per un assegnato volume di risorse economiche investibili, una cospicua riduzione del numero di famiglie servibili che, inevitabilmente, verranno a trovarsi nelle aree grigie e bianche del Paese. Si tratta di un danno significativo per il consumatore che vede crescere i livelli di digital divide.
- Non è vero che la soluzione più appropriata sia quella di scegliere una tecnologia unica per l'intero territorio nazionale: in considerazione della variabilità dei costi per l'accesso nelle diverse zone del Paese la soluzione andrà identificata realizzando un mix di tecnologie, senza dimenticare l'uso del FTTC nelle aree grigie meno dense
- Una giudiziosa gestione del monte investimenti, siano essi di origine privata che – principalmente – pubblica (o mista), potrà consentire di riservare una quota di risorse anche alle zone bianche in digital divide, specialmente se si combinerà anche l'uso del wireless.



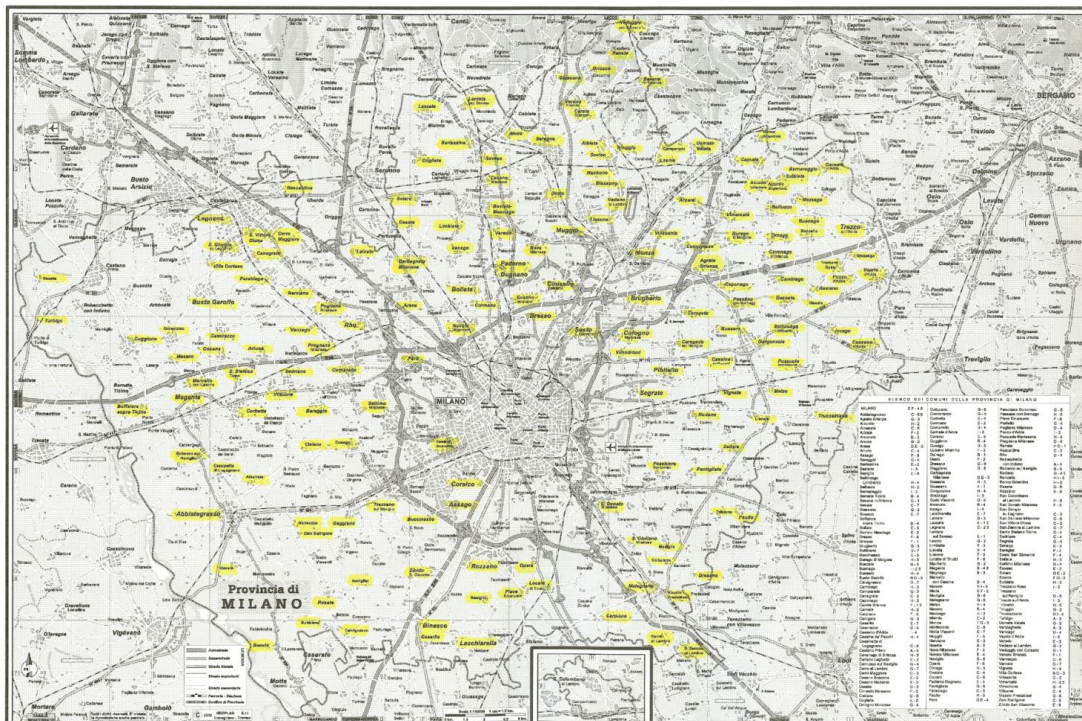


## APPENDICE B – Confronto PtP-GPON senza vincoli sulla collocazione dei nodi ottici

L'obiettivo dello studio riportato in questa Appendice è la valutazione dei costi, includendo sia quelli in conto capitale (Capex) che quelli operativi (Opex) associati alla realizzazione di un'infrastruttura di accesso in fibra del tipo FTTH secondo le due alternative PtP e GPON. Lo studio mira ad ottimizzare la rete di accesso, per ciascuna architettura considerata, senza vincolare né il numero né la collocazione sul territorio dei nodi ottici.

Si è preso in considerazione l'intero territorio nazionale e, sulla base dei dati ISTAT (censimento 2001) è stata valutata la convenienza di cablare i diversi comuni. Si sono in tal modo scelti **3854 comuni** con un bacino di circa **19,9 milioni di unità immobiliari**, pari a circa **l'80% del mercato potenziale Italiano**. La scelta di tale percentuale è orientata a valutare il costo finale della rete onde evitare che si ripresenti in maniera consistente il problema del "digital divide".

Considerando soltanto un servizio offerto alle città principali si correrebbe, infatti, il rischio di sottovalutare l'incremento di costo per una copertura più estesa del territorio nazionale. A titolo di esempio si riporta nella figura B-1, una vista panoramica della mappa relativa alla provincia di Milano su cui sono evidenziati i comuni serviti presi in esame da questa simulazione.



**Figura B-1: Esempio di mappa di copertura NGAN (in giallo i comuni serviti)**



Sulla base di questa impostazione è stato sviluppato il progetto che è basato sulle seguenti ipotesi:

- a) Nei comuni presi in considerazione viene realizzata un'infrastruttura a "copertura totale" con la sola esclusione degli edifici censiti come "case sparse" lontane dai centri abitati;
- b) È previsto un completo trasferimento dell'utenza sulla nuova rete ("Total replacement");
- c) I costi di progettazione, documentazione ed i costi di struttura degli operatori non sono stati inclusi;
- d) Gli operatori possono accedere dalle centrali del livello SG (Figura B-2);
- e) I costi considerati sono quelli totali per la realizzazione della rete a prescindere dal soggetto al quale tali costi verranno attribuiti;
- f) Nelle soluzioni messe a confronto è stata valutata anche la possibile riduzione di costo delle singole centrali e del loro numero.

Le soluzioni analizzate per un confronto di costi sono:

- Una rete GPON (Gigabit Passive Optical Network) con un rapporto di "splitting" 1:64.
- Una rete PtP (Point-to-Point) che riporta le fibre d'utente fino nelle centrali SL alle quali dovranno accedere i diversi operatori.

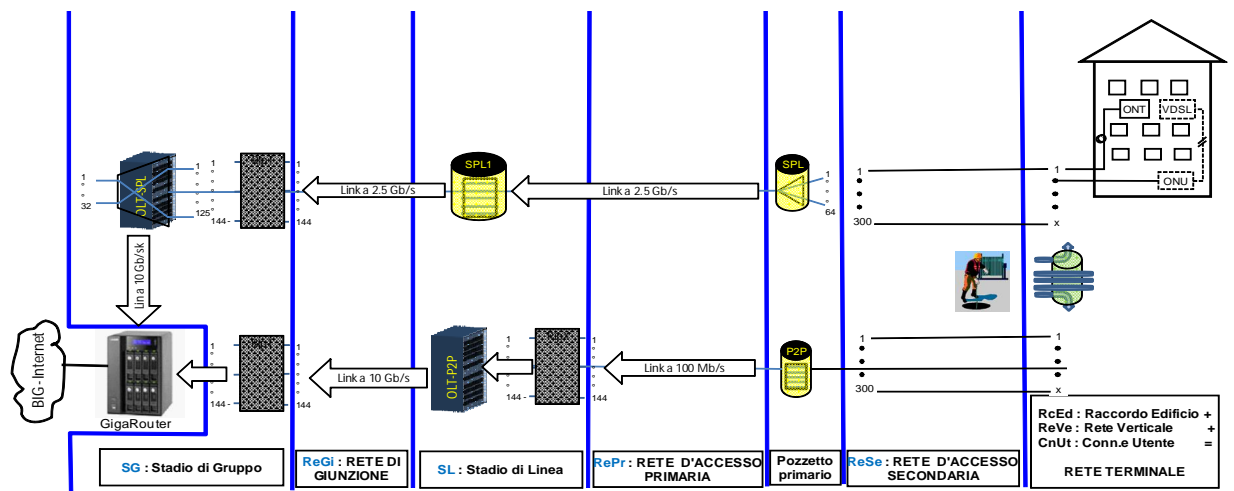
L'obiettivo perseguito con il confronto economico ha spinto a porre grande attenzione alla congruità reciproca delle due soluzioni e delle relative valorizzazioni, le quali sono comunque state dedotte, per quanto possibile, dai listini applicati dai fornitori di apparati o di lavori attualmente in vigore.

## **B1 - Struttura topografica di riferimento per il progetto**

In Figura B-2 è riportata la struttura della nuova rete per le due architetture di rete sopra definite.

I blocchi rappresentano i nodi principali della nuova rete e sono collocati tipicamente nelle posizioni degli Stadi di Gruppo (SG), degli Stadi di Linea (SL), degli armadi ripartilinea dell'attuale rete in rame (in figura è mostrato il pozzetto primario).





**Figura B-2: Architettura di riferimento per lo studio**

## B2 - Le soluzioni considerate

In questo paragrafo si descrivono i principi seguiti per il progetto della rete.

### a) Le centrali della rete

Uno degli obiettivi per le reti del futuro è la riduzione del numero di centrali. È stato valutato quindi il numero di centrali necessarie nei due casi: PtP, GPON. La conclusione è che nel PtP si è obbligati a mantenere l'attuale numero di centrali SL (3854 nel caso esaminato che si riferisce a una copertura dell'80%) perché il costo del "prolungamento delle fibre" dagli SL a gli SG costerebbe più delle economie che si conseguirebbero eliminando le centrali da cui partono i raccordi verso gli SG.

Nella soluzione GPON, grazie agli *splitter*, sono utilizzate un numero molto minore di fibre sulla tratta SL-SG e le centrali possono perciò essere ridotte alle sole SG. Per definire il numero di centrali da dismettere e la distanza tipica tra gli SG e gli SL è stata eseguita un'indagine dettagliata per le regioni Lombardia ed Emilia-Romagna in modo da definire un meccanismo, che fosse poi estrapolabile alle altre regioni.

Per coprire distanze fino a 10 km è sufficiente l'uso di *splitter*; oltre tale distanza si è previsto di inserire opportuni concentratori in cabinet (da installare all'esterno o in opportuni ambienti) in grado di raggiungere centri distanti fino a 60 km.

Ciascuna delle centrali è stata valutata in termini di spazi, impianti, consumi. In particolare sono stati valutati i costi di terminazione e permutazione delle fibre in centrale per il caso PtP, e della sola terminazione fibre per il caso GPON.

Si sono ipotizzati cassetti di terminazione, ciascuno con capacità di 144 fibre, telai con capacità di circa 2mila fibre e, nella soluzione PtP, un 20% di attestazioni di fibra in più sul lato centrale rispetto alle attestazioni lato cavo.



Il dimensionamento è stato calcolato centrale per centrale e il relativo costo è stato valutato utilizzando alcune recenti stime dei prezzi e le tariffe ufficiali praticate da Telecom Italia agli OLO.

Per ognuna delle centrali si è poi stimata la lunghezza ed il costo del cavo di giunzione, ipotizzando già disponibili le infrastrutture per accogliere i nuovi portanti per queste tratte.

### **b) Elettronica nelle centrali**

Nel caso di rete GPON è stato ipotizzato l'uso di un apparato a standard ITU con un livello di prezzi ricavato dai risultati delle ultime gare nazionali. Dimensioni e consumi sono stati ottenuti da un esame dei prodotti disponibili sul mercato (circa 150mW per utente e 32mila utenti per telaio a standard ETSI (600x600mm), nell'ipotesi di rapporto di splitting 1:64.

Nel caso PtP si sono considerati apparati di concentrazione con una capacità di 768 interfacce a 100Mbit/s per subtelaio e 3072 utenti per un telaio ETSI. Il consumo per utente, comprendente il consumo dell'apparato di aggregazione a valle dei concentratori di ingresso, è stato stimato intorno a 2,5 W.

## **B3 - Architettura della rete d'accesso**

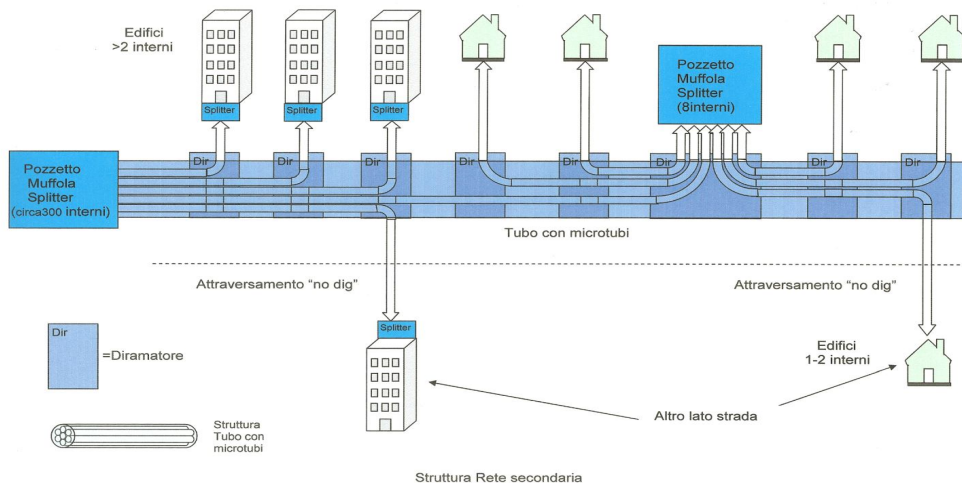
La rete di accesso è stata schematizzata in quattro "segmenti" riportati in figura B-2:

- rete primaria,
- rete secondaria,
- rete di accesso agli edifici,
- rete di cablaggio verticale.

La struttura della rete secondaria è basata sul modello della figura B-3: a partire dal pozzetto primario, dove termina la rete primaria che raccoglie il traffico di circa 300 utenti, è prevista una tubazione principale che passa in prossimità dei singoli edifici. All'interno di tali tubi è inserita una struttura di minitubi ciascuno dei quali è utilizzato per collegare un singolo edificio tramite diramatori installati in prossimità di ogni edificio.

L'installazione di appositi minicavi, uno per ogni minitubo, può in tal modo essere eseguita per soffiatura. Nel caso di edifici con un numero basso di unità immobiliari è previsto un livello intermedio di smistamento per ridurre il numero di tubi e di cavi tra il pozzetto primario e quello secondario.





**Figura B-3: Struttura della rete**

È stato previsto che normalmente gli scavi e le relative strutture siano posizionate su un solo lato della strada e che la connessione degli edifici sull'altro lato sia realizzata tramite scavi "no dig".

Per quanto riguarda la rete secondaria è stato previsto dappertutto l'impiego di minitrincea. Per la rete primaria è stata ipotizzata una struttura analoga fra la centrale e i pozzetti terminali di rete primaria.

Nel caso di sistemi GPON, gli splitter sono stati posizionati nella muffola primaria e intermedia e negli edifici più grandi, in modo da minimizzare il costo dei cavi e dei relativi giunti. Grazie alle ridotte dimensioni e al ridotto costo del cavo, nel caso di soluzione GPON si è previsto l'impiego di un'architettura a doppia via (anelli) sulla rete primaria, che migliora l'affidabilità.

Per la cablatura si sono utilizzati cavi con capacità di 8/12/24/36/96/300 fibre, ottimizzati in funzione della specifica situazione di impianto e dell'architettura (PtP o GPON).

Il calcolo del tracciato e dei materiali per le reti primaria e secondaria, è stato fatto con un modello che tiene conto della struttura urbanistica di ogni comune.

Gli edifici censiti nei dati ISTAT sono stati raggruppati in tre categorie riconducibili a diverse densità urbane; per ciascuna categoria si sono definite regole di calcolo di scavi e risorse, validate poi dal confronto con progetti campione relativi ad alcuni comuni della Lombardia.

La percentuale di riuso delle infrastrutture esistenti è stato stimato a livello budgetario applicando opportuni coefficienti di correzione al costo degli scavi.

Si precisa che per avere una stima più accurata del *valore assoluto* degli investimenti è naturalmente necessario eseguire un'analisi più accurata della situazione reale del territorio.

Per la valorizzazione delle attività e delle risorse, si è fatto riferimento ai listini in uso per recenti forniture sul mercato nazionale.

Per il cablaggio verticale negli edifici si è ipotizzato l'uso di una delle recenti tecnologie che prevede l'installazione iniziale di un cavo a fibre singolarmente estraibili. A ciascun piano dello stabile è previsto l'impiego di opportuni organi di diramazione tramite i quali è possibile collegare, anche in tempi successivi, gli utenti al "box" situato alla base dell'edificio.

Tale box contiene la terminazione del cablaggio verticale e quelle delle fibre lato cavo provenienti dall'esterno dell'immobile; nel caso di rete multi-GPON è prevista la possibilità di effettuare una permuta, mentre nel caso PTP è stato ipotizzato solo un sezionamento. I costi del cablaggio verticale sono stati stimati non avendo finora consuntivi su larga scala ai quali riferirsi.

Per valutare il costo delle CPE (apparati d'utente) sono state considerate le seguenti soluzioni:

- per la rete PtP: un AGW (Access GateWay) con interfaccia ottica a 100Mbits lato centrale;
- per la rete GPON: un terminale che integra le funzioni di terminazione della rete GPON (Optical Network Termination) con le funzioni di un AWG;

Tale soluzione è resa possibile grazie alla disponibilità di un nuovo prodotto che permette di realizzare in un solo elemento sia funzioni di terminazione che di instradamento del traffico. Con tale ipotesi, costi, consumi e dimensioni delle due soluzioni sono sostanzialmente equivalenti. Nella stima del costo si è conservata una ridotta differenza dovuta alla maggiore complessità della terminazione della rete GPON rispetto alla PtP.

Va però osservato che il prezzo sarà determinato in futuro dal successo sul mercato dei singoli prodotti e dai relativi volumi, per cui al momento le due soluzioni possono essere considerate in pratica equivalenti.

## **B4 - Gli elementi dell'analisi**

### **a) Centrali SG**

Il secondo livello di concentrazione del traffico è stato ipotizzato di collocarlo negli "Stadi di Gruppo" (SG), distanti tipicamente una decina di chilometri dalle terminazioni finali di utente. In esse il traffico viene instradato verso i Giga-router e di qui alla "Big Internet" che gestisce lo scambio di traffico fra le reti dei vari operatori, nonché il traffico di lunga distanza.

Le voci di costo messe in conto per ogni centrale sono:



- Costo dell' "housing" nell'edificio in base ai m<sup>2</sup> occupati.
- Costo degli apparati, batterie di continuità e relativi consumi.
- Cassetti e armadi dei ripartitori ottici e relative bretelle di raccordo in centrale.

#### **b) Rete di giunzione**

La "Rete di Giunzione" si può presumere che possa trovare posto in infrastrutture esistenti per cui si sono valorizzati i seguenti elementi:

- IRU a 15 anni per gli scavi.
- Cavi valorizzati in funzione della dimensione dell'area servita e delle distanze geografiche dedotte dalle mappe di riferimento del progetto.
- Eventuali splitter nel caso di impiego dell'architettura GPON.

#### **c) Centrali SL**

Nella soluzione GPON si è ipotizzato che le attuali centrali SL siano sostituite o da splitter passivi o da concentratori. È stato anche valutato l'impiego di due o quattro GPON sovrapposte che possono quindi essere gestite da operatori diversi.

Nel caso della soluzione PtP le centrali SL continuerebbero, invece ad essere in servizio e la loro valorizzazione è stata fatta sulla base delle seguenti voci:

- Costo dell' "housing" nell'edificio in base ai m<sup>2</sup> occupati.
- Costo degli apparati, delle batterie di continuità e dei relativi consumi.
- Cassetti, armadi dei ripartitori ottici e per le relative bretelle di raccordo in centrale.

Gli eventuali Giga router presenti nelle centrali SL non sono stati messi in conto in quanto non appartenenti alla rete in esame. Il loro costo dovrebbe eventualmente essere aggiunto per le sole centrali SL del caso di una rete PtP.

#### **d) Rete primaria**

Per la rete primaria sono stati stimati gli scavi in base alla topografia delle mappe di riferimento, e sono state valutate le seguenti voci:

- **ScaPr:** Scavi della rete primaria con riuso di infrastrutture esistenti stimate pari al 30% nel caso GPON e del 15% nel caso PtP sullo sviluppo necessario per la nuova rete. Le stime potranno essere confermate da verifiche di dettaglio sul territorio. La valutazione del costo degli scavi tiene conto della distribuzione di edifici ed abitazioni nelle varie tipologie urbanistiche.



- **TubPr:** Tubazioni della rete primaria organizzate in modo da raggiungere agevolmente ciascun pozzetto con i cavi ad esso relativi.
- **CavPr:** Cavi della rete primaria dimensionati per servire mediamente un'area cavo con in media cinque pozzetti da 300 utenti, e valorizzati in base alla distanza e alla capacità.
- **PoCvPr:** Il costo per la posa dei cavi di rete primaria tiene conto dell'eventuale installazione simultanea di più cavi.
- **GiRePr:** Il numero dei giunti della rete primaria stimati sulla base del numero di fibre posate.

#### e) Rete secondaria

Valutazioni analoghe a quelle effettuate per la rete primaria sono state fatte per la rete secondaria dove però è stato ipotizzato che il riuso di infrastrutture esistenti risulterà in genere molto limitato per entrambe le architetture di rete esaminate:

- **ScaSe:** Scavi della rete secondaria con riuso di infrastrutture esistenti stimati pari al 5% dello sviluppo necessario. La stima degli scavi per realizzare la nuova rete tiene conto della distribuzione di edifici ed abitazioni nelle varie tipologie urbanistiche.
- **TubSe:** Tubazioni della rete secondaria organizzate in modo da raggiungere agevolmente ciascun edificio (o pozzetto secondario per edifici con pochi appartamenti) con i cavi ad esso relativi.
- **CavSe:** Cavi di rete secondaria, valorizzati in base a distanza e capacità e dimensionati per servire un pozzetto a cui siano connessi una media di 300 utenti.
- **PoCvSe:** Costo di posa dei cavi di rete secondaria.
- **GiReSe:** Giunti della rete secondaria, stimati in relazione ai cavi utilizzati.

La rete secondaria include pure:

- **Pozt:** Pozzetti a ciascuno dei quali fanno capo circa 300 utenti.
- **Muff:** Muffole associate ai pozzetti.
- **Splt:** Eventuale splitter nel caso dell'architettura GPON.

#### f) Rete di adduzione e di edificio

Si è raggruppata sotto questa voce la parte di rete che raggiunge l'edificio e la singola abitazione.

Le voci di costo prese in esame sono in questo caso sono:

- **IngEd:** Ingresso nell'edificio che, ove applicabili, include le seguenti voci:





- scavo di adduzione;
  - tubetto di raccordo allo scavo principale;
  - eventuale box di edificio;
  - quota di competenza del “pozzetto intermedio” e relativa muffola di edificio;
  - foro d’accesso all’edificio;
  - diramatore di edificio.
- **VerEd**: Cablaggio verticale dell’edificio.
  - **ConAb**: Connessione dell’unità immobiliare che include il raccordo (bretella) d’utente e la borchia.
  - **CPE**: Terminale d’utente.

## B5 - I risultati ottenuti

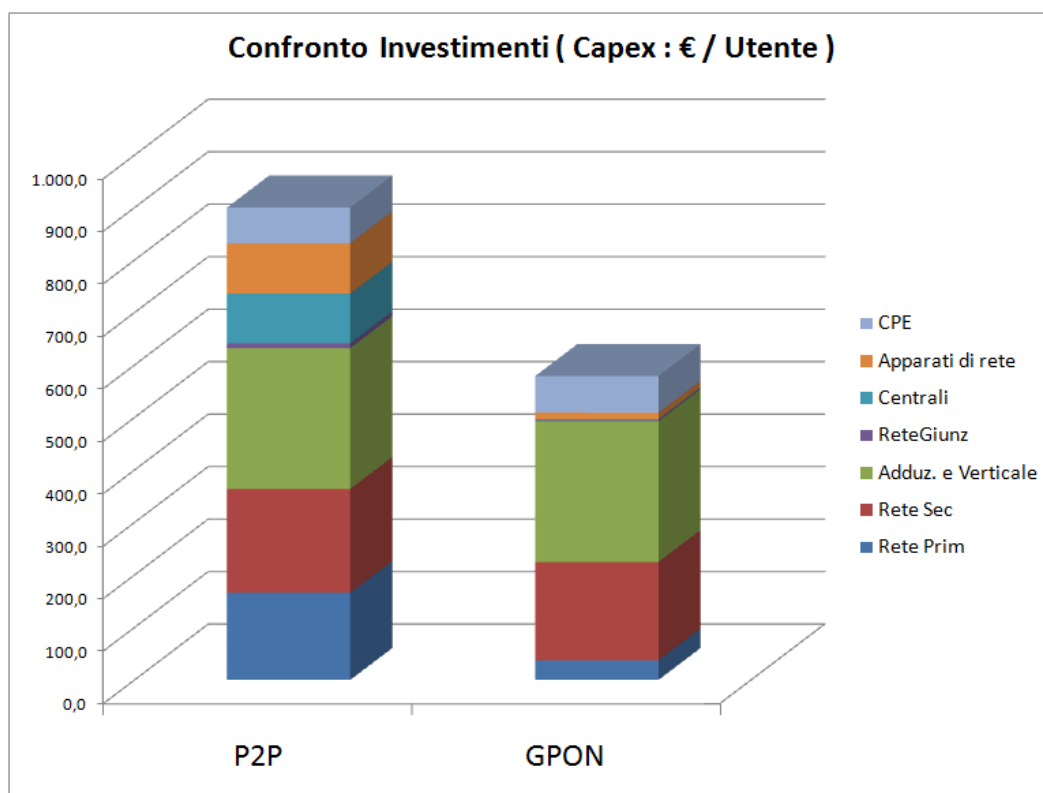
Si riportano di seguito nelle tabelle B-1/B-2/B-3 e nelle figure B-4/B-5/B-6 i risultati del confronto tra PtP e GPON. I valori costituiscono una ripartizione di costi per le varie voci in €/Utente con una copertura totale sui comuni che coprono l’80% di abitazioni dell’Italia.

Le attualizzazioni sono state calcolate con un tasso del 5% annuo e con l’ipotesi che si impieghino sette anni per lo sviluppo con investimenti costanti ogni anno (coefficiente risultante: 0,827), mentre per le spese correnti si è assunta una crescita nei sette anni e un valore fisso per il tempo restante che è stato considerato fino a dieci anni dalla fine dello sviluppo della nuova rete (coefficiente risultante: 8,633).

<b>CAPEX per utente</b>	<b>PtP (€)</b>	<b>GPON (€)</b>
Rete primaria	150,5	33,1
Rete secondaria	189,2	178,7
Tratta di adduzione e cablaggio verticale di edificio	259,2	259,2
Rete di giunzione	12,1	6,8
Centrali	90,7	1,1
Apparati di rete	96,0	12,0
CPE (Customer Premise Equipment)	68,0	70,0
<b>TOTALE</b>	<b>865,5</b>	<b>560,8</b>
<b>FATTORE DI COSTO</b>	<b>1,54</b>	<b>1</b>

**Tabella B-1: Confronto degli investimenti tra le due soluzioni architetture PtP e PmP**



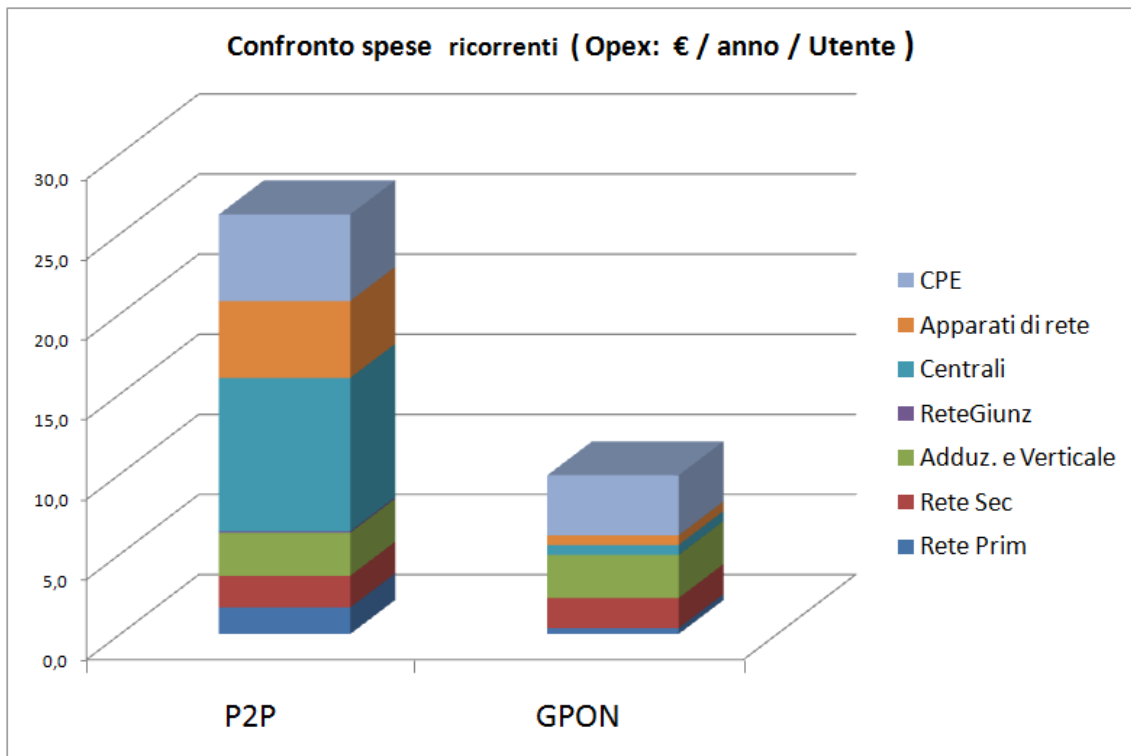


**Figura B-4: Confronto degli investimenti**

<b>OPEX per utente per anno</b>	<b>PtP (€)</b>	<b>GPON (€)</b>
Rete primaria	1,5	0,3
Rete secondaria	1,9	1,8
Tratta di adduzione e cablaggio verticale di edificio	2,6	2,6
Rete di giunzione	0,1	0,3
Centrali	9,2	0,6
Apparati di rete	4,8	0,6
CPE (Customer Premise Equipment)	5,4	3,8
<b>TOTALE</b>	<b>25,5</b>	<b>10,0</b>
<b>FATTORE DI COSTO</b>	<b>2,56</b>	<b>1</b>

**Tabella B-2: Confronto tra i costi di gestione tra le due architetture PtP e PMP**



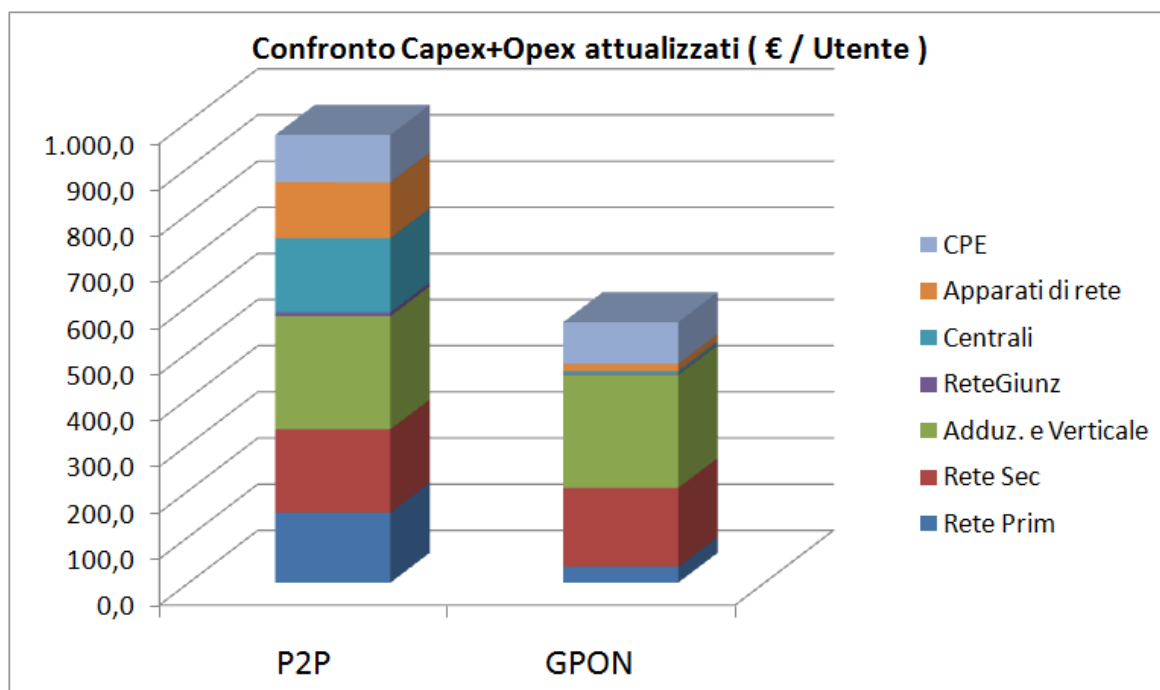


**Figura B-5: Confronto spese ricorrenti**

<b>CAPEX + OPEX per utente attualizzato (NPV per utente)</b>	<b>PtP (€)</b>	<b>GPON (€)</b>
Rete primaria	137,4	30,3
Rete secondaria	172,7	163,1
Tratta di adduzione e raccordo verticale di edificio	236,6	236,6
Rete di giunzione	11,0	8,0
Centrali	154,6	6,3
Apparati di rete	120,8	15,1
CPE (Customer Premise Equipment)	102,8	90,3
<b>TOTALE</b>	<b>935,9</b>	<b>549,7</b>
<b>FATTORE DI COSTO</b>	<b>1,70</b>	<b>1</b>

**Tabella B-3: Confronto tra i costi totali per le due architetture di rete PtP e PmP**





**Figura B-6: Confronto capex-opex attualizzati**

## B-6 - Confronto delle soluzioni

Le tabelle riportate evidenziano un costo per utente (riportato al valore iniziale: NPV) che per la soluzione Punto-Punto è di circa il 72% in più. Esso è concentrato in tre building block come riportato nella tabella B-4:

	GPON (€)	PtP (€)
Rete primaria	34,2	151,6
Centrali	6,2	160,8
Apparati di rete	15,1	120,8

**Tabella B-4: Costo per utente riportato al valore iniziale (NVN) con le due architetture**

Tale costo porta, come mostrato nella tabella B-3 sopra riportata, un aggravio di spesa dell'ordine del 72%.

Dal confronto con altre analisi effettuate in altri contesti possono essere rilevate differenze sui valori assoluti in euro necessari per realizzare la rete in altri contesti e in genere si riferiscono solo alla rete esterna ma si riscontrano percentuali di incremento nei costi assai



simili fra le diverse tecnologie specie se riportati agli attuali costi necessari per realizzare la rete e alle economie che progressivamente si sono ottenute con la riduzione di prezzo delle soluzioni tecnologiche offerte sul mercato e con l'introduzione di metodi di scavo meno invasivi e di gran lunga meno costosi.

Si segnala infine che la valutazione relativa alla realizzazione di due o di quattro GPON sovrapposte ha portato a un incremento di costo del 7,2 % nel caso di due PmP e del 12,3 % nel caso di quattro GPON sovrapposte.



## BIBLIOGRAFIA

### Analysis Mason:

- **Models for efficient and effective public-sector interventions in next generation broadband access networks** – June 9, 2008 for Broadband Stakeholder Group  
<http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Publication.3613.html>
- **The costs of deploying fibre-based next-generation broadband infrastructure** – September 2008 for Broadband Stakeholder Group  
[http://www.broadbanduk.org/component/option,com\\_docman/task,doc\\_view/gid,1036/Itemid,63/](http://www.broadbanduk.org/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,1036/Itemid,63/)

### WIK:

- **The economics of Next Generation Access Network** – July 2009 for ECTA  
<http://www.ectaportal.com/en/REPORTS/WIK-Study/WIK-NGA-Study-2008>
- *Thomas Pluckebaum* - **Profitable Broadband Deployment and its Limits** - International WIK Conference on " National Strategies for Ultrabroadband Infrastructure Deployment: Experience and Challenges" - April 26<sup>th</sup> – 27<sup>th</sup>, 2010, Berlin  
[http://www.wik.org/fileadmin/Konferenzbeitraege/2010/National\\_Strategies/PLUECKE\\_BAUM\\_WIK\\_Ultrabroadband\\_Conference\\_2010.pdf](http://www.wik.org/fileadmin/Konferenzbeitraege/2010/National_Strategies/PLUECKE_BAUM_WIK_Ultrabroadband_Conference_2010.pdf)

### Alcatel-Lucent:

- *Thomas Kallstenius* - **Building Sustainable Fiber Nations** - Fiber Council 2008; March 2008
- *Alberto Lotti* – **Building the Fibre nation** 8° Seminario Bordoni «Fotonica, banda larga, NGN» May, 21 2008 - <http://www.fub.it/files/Lotti210508.pdf>
- *Danny Moortgat* - **Network Economics: Business case tools** - November 21, 2008
- *Franco Micoli* - **New Generation National Network: Building Sustainable Fiber Nation** - May 2009

### CISCO:

- *Wolfgang Fischer* - **FTTH Technology Considerations** - September 23, 2009  
[http://www.wik.org/fileadmin/Konferenzbeitraege/2009/Challenges\\_for\\_FTTB\\_H\\_in\\_Europe/S1\\_2\\_Fischer\\_WIK\\_FTTH\\_Conference2009.pdf](http://www.wik.org/fileadmin/Konferenzbeitraege/2009/Challenges_for_FTTB_H_in_Europe/S1_2_Fischer_WIK_FTTH_Conference2009.pdf)

### IDATE:

- **Etude sur le développement du très haut débit en France** - Mars 2006 IDATE pour le Ministre de l'Industrie de la France.  
<http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/064000373/0000.pdf>



## Abbreviazioni

AGCOM Autorità per la garanzia nelle comunicazioni

CPE Customer Premise Equipment

ETSI European telecommunications standart institute

FTTH Fiber To The Home

ITU-T International Telecommunications Union - Telecommunications Standardisation Sector

MPoP Metropolitan Point of Presence

NGA New Generation Access Network

NGAN New Generation Access Network

NGN Next Generation Network

ODF Optical Distribution Frame

PmP Punto-Multipunto

PON Passive Optical Network

PtP Punto-Punto

SLA Service Level Agreement

SMP Significant Market Power

UI Unità Immobiliare

ULL Unbundling Local Loop

