

# RELAZIONE SPECIALISTICA

---

*Redatta ai sensi del DPR 554/1999*

## Sommario

1	INTRODUZIONE.....	6
2	DESCRIZIONE DELLA RETE.....	7
	2.1 Soluzione Tecnologica e Topologica.....	7
	Livello Fisico.....	7
	LIVELLO NETWORK.....	8
3	ELENCO SEDI.....	10
	3.1 Specifiche tecniche per infrastruttura Comunale in fibra ottica. Qualità dei materiali.....	10
	3.1.1 MATERIALI PER OPERE MURARIE.....	10
	3.1.2 MATERIALI PER OPERE STRADALI.....	11
	3.1.3 POZZETTI 40X76.....	14
	3.1.4 POZZETTI 80X125 E 70X90.....	15
	3.1.5 CHIUSINI IN GHISA.....	15
	3.1.6 TUBO/TRITUBO IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ DIAMETRO 50 MM.....	17
	3.1.7 TUBO IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ A SUPERFICIE ESTERNA CORRUGATA.....	21
	3.1.8 TUBO SPACCATO.....	23
	3.1.9 TUBO FLESSIBILE.....	23
	3.1.10 SISTEMA DI GIUNZIONE PER MONOTUBO E TRITUBO.....	23
	3.1.10.11 SISTEMA DI GIUNZIONE PER TUBO CORRUGATO.....	24
	3.1.10.12 TARGHETTA ADESIVA DI IDENTIFICAZIONE.....	25
	3.1.10.13 FLANGIA AD ESPANSIONE PER TUBO.....	25
	3.1.10.14 MINITUBI SINGOLI.....	26
	3.1.10.15 MINITUBI IN STRUTTURE MULTIPLE.....	27
	3.1.10.16 ELEMENTO DI CHIUSURA DEI MINITUBI.....	28
	3.1.10.17 ELEMENTO DI GIUNZIONE DEI MINITUBI.....	28
	3.1.10.18 ELEMENTO DI GIUNZIONE DEI MINITUBI OCCUPATI DA MINICAVI.....	29
	3.1.10.19 ELEMENTI DI TENUTA TRA MINITUBI E MINICAVI.....	29
	3.1.10.20 ELEMENTO DI TENUTA TRA TUBI E MINITUBI.....	29
	3.1.10.21 ELEMENTO DI PROTEZIONE DEL CAVO NEI MANUFATTI.....	30
	3.1.10.22 DISPOSITIVO DI PROTEZIONE DELLE SCORTE DEI CAVI ALL'INTERNO DEI MANUFATTI.....	31
	3.1.10.23 MARKER.....	31
	3.1.10.24 CANALETTA IN VETRORESINA.....	32
	3.1.10.24 STAFFE E MENSOLE.....	33
	3.1.10.25 CASSETTA IN FERRO ZINCATO.....	33
	3.1.10.26 TAPPO AD ESPANSIONE.....	33

3.10.27 TAPPO SPACCATO.....	35
3.10.28 GIUNTO PER MONOTUBI E TRITUBI .....	36
3.10.29 GIUNTO PER TUBO CORRUGATO.....	37
3.10.30 FLANGIA AD ESPANSIONE PER MONOTUBI.....	38
3.10.31 NASTRO DI SEGNALAZIONE .....	39
3.10.32 MINICAVI OTTICI.....	39
3.10.33 MUFFOLA PER GIUNTI IN FIBRA OTTICA.....	41
3.10.34 ARMADI DI TERMINAZIONE.....	45
3.10.35 CASSETTI DI GIUNZIONE E TERMINAZIONE.....	48
4 SPECIFICHE TECNICHE E MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLA RETE OTTICA.....	50
4.1 SEDI DI POSA.....	50
4.2 SCAVO TRADIZIONALE .....	51
4.2.1 DISFACIMENTI DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI.....	51
4.2.2 SCAVI.....	51
4.2.3 RINTERRI DEGLI SCAVI E RIPRISTINI.....	52
4.3 PERFORAZIONI SOTTERRANEE.....	53
4.4 MINITRINCEA .....	54
4.5 POSA DI MONOTUBI E TRITUBI .....	55
4.6 POSA DI MINITUBI ALL'INTERNO DI MONOTUBI, TRITUBI E INFRASTRUTTURE ESISTENTI .....	56
4.7 POSA DEI MINITUBI IN TRINCEA.....	58
4.8 SISTEMAZIONE DEI MINITUBI NEI MANUFATTI.....	60
4.9 POSA DI CANALETTE PER IL SUPERAMENTO DI PONTI E VIADOTTI.....	60
4.10 GIUNZIONE DEL TRITUBO .....	61
4.11 POSA DEI POZZETTI.....	62
4.12 POSA DEL CORDINO PILOTA E CHIUSURA DEI FORI DEL TRITUBO .....	64
4.13 POSA DEI MINICAVI .....	64
4.13.1 PREDISPOSIZIONE DEL CAVO.....	65
4.13.2 OPERAZIONE DI POSA DEL CAVO.....	65
4.13.3 PREDISPOSIZIONE DELLE SCORTE DI CAVO .....	67
4.13.4 POSA DEI MINICAVI ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI .....	68
4.13.5 POSA DELLE TARGHETTE DI IDENTIFICAZIONE CAVO.....	68
5 COLLAUDI RETE OTTICA.....	69
5.1 PROCEDURA DI COLLAUDO PER LA RETE IN FIBRA OTTICA.....	69
5.1.1 PARAMETRI.....	69
5.1.2 ATTENUAZIONE TOTALE DI SEZIONE .....	70

5.1.3	ATTENUAZIONE DELLE GIUNZIONI DI LINEA .....	71
5.1.4	LUNGHEZZA OTTICA .....	71
5.1.5	VERIFICA DI COERENZA.....	72
5.1.6	TENUTA PNEUMATICA DELLE MUFFOLE .....	72
5.2	PROCEDURA DI COLLAUDO PER L'INFRASTRUTTURA .....	72
5.2.1	PROVA DI TENUTA PNEUMATICA DEI MONOTUBI E TRITUBI .....	75
5.2.2	PROVA DI MANDRINATURA SUI MONOTUBI E TRITUBI .....	75
5.2.3	PROVA DI TENUTA PNEUMATICA DEI MINITUBI .....	76
5.2.4	PROVA DI MANDRINATURA SUI MINITUBI.....	77
5.3	ESITO DELLE VERIFICHE .....	79
5.4	REGOLARE ESECUZIONE .....	79
5.5	MODULISTICA COLLAUDO .....	80
6	SPECIFICHE TECNICHE APPARATI METROPOLITAN AREA NETWORK.....	82
6.1	NODO DI SMISTAMENTO.....	82
6.1.1	Funzionalità principali di QoS .....	83
6.1.2	Backpressure e Flow Control .....	83
6.1.3	Funzionalità principali dell'apparato .....	84
6.1.4	Funzionalità Ethernet .....	84
6.1.5	Layer 3 .....	85
6.1.6	Multicast .....	85
6.1.7	Fault tolerance.....	85
6.1.8	Security .....	85
6.1.9	Management .....	86
6.1.10	Alimentazione.....	86
6.1.11	Ambiente di esercizio .....	86
6.2	NODO PRIMARIO .....	86
6.2.1	Resilient Ethernet protocol.....	87
6.2.1	Caratteristiche Software.....	87
6.2.3	Ethernet Services.....	88
6.2.4	Protocolli supportati.....	88
6.2.5	Layer 3 Services .....	89
6.2.6	QoS .....	89
6.2.7	Multicast .....	90
6.2.8	Security .....	90
6.2.9	Availability .....	90

6.2.10 OAM.....	90
6.2.11 Manageability .....	91
6.2.12 Performance .....	91
6.2.13 Compatibilità dei moduli ottici .....	91
6.2.14 Consistenza .....	92
6.3 NODO SECONDARIO .....	92
6.3.1 Caratteristiche e funzionalità .....	92
6.3.2 Routing IP.....	93
6.3.3 Qualità del servizio .....	93
6.3.4 Protocolli supportati.....	93
6.3.5 Availability .....	93
6.3.6 Manageability .....	94
6.3.7 Performance .....	94
6.3.8 Consistenza.....	94
6.4 RETE RADIO.....	94
6.4.1 Infrastrutture di collegamento radio.....	95
6.4.2 Backhaul .....	96
6.5 Distribuzione radio .....	98
6.5.1 Base Station .....	99
6.5.2 CPE .....	100
7 PIATTAFORMA DI GESTIONE .....	102
8 FORMAZIONE.....	103

# 1 INTRODUZIONE

Nel presente documento sono descritte le Caratteristiche Tecniche e le relative specifiche dei materiali utilizzati per la realizzazione di una rete cittadina in fibra ottica nel comune di Giovinazzo, funzionale alla realizzazione della Rete Telematica comunale finalizzata alla trasmissione dati VOIP per le utenze comunali ed impianto di videosorveglianza cittadino.

Il progetto prevede l'utilizzo di materiali adeguati alle esigenze di installazione e rispettosi dei requisiti di legge e dalle Norme Tecniche, e l'esecuzione di lavori a perfetta regola d'arte e in ottemperanza delle normative e leggi in materia.

Il suolo pubblico deve essere restituito nello stato precedente alle opere.

Le attività previste in progetto sono le seguenti:

- Realizzazione di scavi a cielo aperto o chiuso, con rinterri e ripristini, in cui verrà adagiato e/o inserito il monotubo ed i minitubi per poi infilare il cavo in fibre ottiche;
- Fornitura e installazione di muffole di distribuzione e/o di spillamenti e/o di giunzione;
- Fornitura e installazione degli armadi e i dei subtelai sui quali devono terminare le fibre ottiche;
- Fornitura e posa di cavo in fibra ottica ed effettuazione delle terminazioni presso i siti individuati;
- Fornitura, installazione e configurazione degli apparati attivi di Networking della rete ottica;
- Fornitura, installazione e configurazione degli apparati attivi di Networking della rete Radio;
- Effettuazione delle misure di precollaudo al momento della stesura delle singole tratte di cavo e delle successive misure di collaudo;
- Fornitura, installazione e configurazione di un sistema di gestione della rete telematica;
- Formazione del personale dell'Amministrazione
- Servizio di assistenza e conduzione

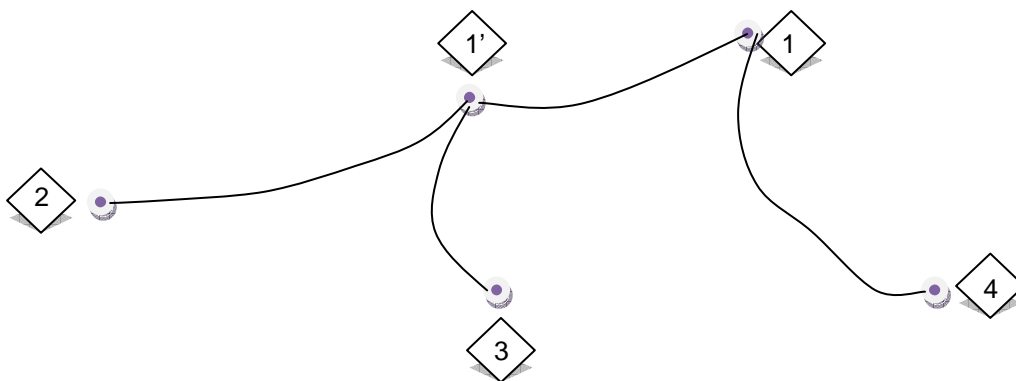
## 2 DESCRIZIONE DELLA RETE

### 2.1 Soluzione Tecnologica e Topologica

La soluzione prevede la realizzazione di una infrastruttura di livello fisico in fibra ottica e radio links e di un layer di Network attraverso Nodi Metro Ethernet. E' inoltre previsto l'alloggiamento degli apparati di rete e dei sistemi di monitoraggio e controllo, presso il Comando della Polizia Municipale

#### Livello Fisico

La realizzazione di una infrastruttura di trasporto di livello fisico avviene mediante l'utilizzo di cavi in fibra ottica multi coppia con caratteristiche idonee alle trasmissioni a lunga distanza e ad alta capacità, nonché alla posa stradale ed alla resistenza del caso. La topologia fisica ed i percorsi prescelti sono stati studiati al fine di agevolare la mappatura di un layer Network costituito da un centro stella dislocato in maniera diffusa tra il sito del Palazzo di Città ed il Comando della Polizia Municipale, dal quale dipartono tre rami di diffusione terminati sui nodi di cross-connect.



- 1: Palazzo di Città;
- 1': Comando Vigili Urbani (Centrale Operativa);
- 2: Scuola Elementare Don Bavaro;
- 3: Scuola Aldo Moro;
- 4: Chiesa Via Giovanni XXIII angolo Via Rodogni

Figura 1 Topologia fisica tipo

Ulteriori rami potranno in futuro essere creati con l'utilizzo di coppie di fibre all'interno dello stesso percorso del backbone ovvero potranno crearsi dei semianelli. Anche eventuali ampliamenti in base al numero di sedi ed alla loro disposizione sulle varie tratte può essere effettuata fino alla realizzazione di un unico anello di collegamento omnicomprensivo.

Sono stati valutati gli impatti e disagi sulla circolazione, cittadinanza e territorio nella scelta dei percorsi avendo come obiettivo l'utilizzo principale della tecnica della minitrincea per la realizzazione della nuova infrastruttura. Questa garantisce infatti minori costi e maggiore velocità rispetto alla trincea tradizionale.

I nuovi scavi sono stati previsti per la quasi totalità sul manto asfaltato con la tecnica della Minitrincea, il tracciato è stato elaborato studiando il posizionamento delle infrastrutture già esistenti comunali ed i siti di pubblica utilità e le sedi delle altre amministrazioni pubbliche del territorio. Sono stati studiati dei percorsi in grado di collegare le sedi creando una infrastruttura capace di abbracciare la totalità dell'agglomerato urbano spingendosi fino all'area industriale in fase di sviluppo verso nord. Il tracciato prevede come già affermato l'utilizzo di infrastrutture esistenti, in particolare della rete di illuminazione pubblica.

## LIVELLO NETWORK

La disponibilità di servizi Multimediali Telematici sempre più ricchi e numerosi ha generato un rapido e costante aumento delle richieste di banda nelle reti locali, metropolitane o cittadine (come nel caso di cui si tratta) e geografiche.

A differenza del passato dove le tecnologie prevalenti erano basate sulla commutazione a circuito oggi tutti gli sviluppi sono basati sulle reti a commutazione di pacchetto nelle quali Ethernet è lo standard emergente. La sua naturale compatibilità coi protocolli di ordine superiore quali l'IP, il costo contenuto, il supporto di altissime velocità sempre in aumento e la sua efficienza hanno decretato lo sviluppo di tecnologie integrative capaci di rendere adatto questo protocollo nato per l'utilizzo in reti locali a bus, in topologie ed ambiti del tutto differenti.

La scelta, allineata allo stato dell'arte tecnologico, oltre a soddisfare i requisiti tecnici, garantisce:

- l'evoluzione e la piena interoperabilità con le tecnologie in dotazione all'Amministrazione, con evidenti ottimizzazioni sia sul piano tecnologico che su quello economico (migrazione al sistema VOIP per le comunicazioni);



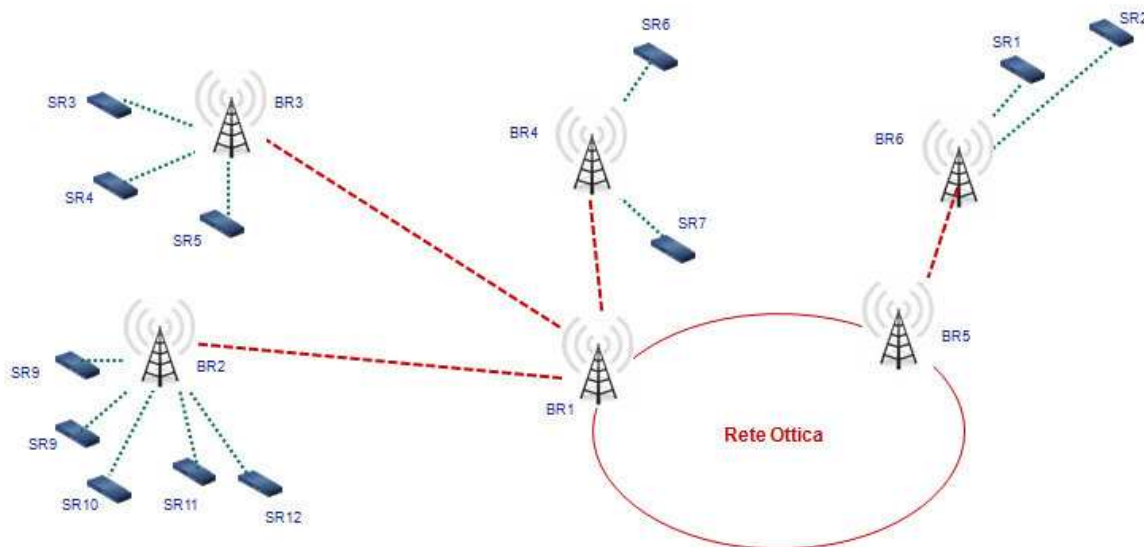
- una infrastruttura “aperta” conforme al modello ISO/OSI International Standard Organization/Open System Interconnection a tutela della capacità di evoluzione del sistema;
- la tutela degli investimenti con l’adozione di una tecnologia in grado di soddisfare l’allineamento con l’evoluzione del mercato senza rischi di obsolescenza delle tecnologie;
- Limitato utilizzo di risorse ottiche cittadine garantendo nel contempo affidabilità, scalabilità ed economicità.

In particolare la MAN si configura con una struttura con rami di backbone (ovvero di collegamento dorsale) comprendente i siti comunali ovvero siti dai quali in onde radio sarà irradiata la portante dati.

Tali rami sono costruiti in fibra; le sedi individuate sono disposte direttamente sul backbone; è inoltre prevista una estensione della rete in tecnologia radio per le sedi ricadenti in altre aree non direttamente connesse in maniera fisica al backbone.

Tali sedi sono considerate di tipologia “nodi secondari”. I nodi di congiunzione tra le rete radio e quella ottica sono previsti nei nodi primari 1 ÷ 4 per tutte le sedi, come indicato in Figura 1: il nodo 1 ed 1’ è in pratica un centro stella “diffuso”.

Le sedi delle altre amministrazioni sono connesse a livello fisico con l’attestazione della fibra ottica per cui sarà possibile per le ultime scegliere se utilizzare connessioni di livello fisico (dark Fiber) o di livello logico IP/MPLS.



### **3 ELENCO SEDI**

Si vedano gli elaborati grafici

#### **3.1 Specifiche tecniche per infrastruttura Comunale in fibra ottica. Qualità dei materiali.**

##### **3.1.1 MATERIALI PER OPERE MURARIE**

**ACQUA:** dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da sostanze organiche o comunque dannose all'uso cui è destinata;

**LEGANTI IDRAULICI:** Dovranno corrispondere alle norme in vigore ed a quelle che potranno essere emanate durante il corso dei lavori; al momento dell'uso dovranno trovarsi in perfetto stato di conservazione.

Il loro impiego nella preparazione di malte e calcestruzzi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole dell'arte;

**GHIAIE – GHIAIETTI – PIETRISCHETTI – SABBIE:** Da impiegarsi nella formazione dei calcestruzzi, escluse le pavimentazioni stradali. Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dalle norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice ed armato, in vigore o che potranno essere emanate durante il corso dei lavori.

Le dimensioni di massima non dovranno superare quelle compatibili per la struttura cui il calcestruzzo è destinato.

Il Direttore dei Lavori ha in ogni caso ampia facoltà di respingere tutti quei materiali che per dimensioni, per forma, per costituzione petrografica, ecc. non fossero ritenuti idonei alla confezione dei calcestruzzi;

**MATERIALI LATERIZI:** Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti dalle norme in vigore o che potranno essere emanate durante il corso dei lavori;

**MANUFATTI DI CEMENTO:** Dovranno essere fabbricati a regola d'arte, dosature e spessori dovranno corrispondere alle prescrizioni ed ai tipi; dovranno essere ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione, senza screpolature o sbavature, i tubi dovranno essere con diametro uniforme e muniti alle due estremità delle opportune sagomature per consentire un giunto a sicura tenuta;

### 3.1.2 MATERIALI PER OPERE STRADALI

**SABBIA PER IL RINFIANCO DELLE TUBAZIONI:** Dovrà provenire da cave fluviali o da frantumazione di materiali lapidei (polvere di cava), assolutamente scevra da terra, argilla, materiali organici od altri componenti estranei alla propria natura silicea. La rispondenza delle caratteristiche granulometriche ed organiche della sabbia approvvigionata, per le esigenze d'impiego, dovranno in ogni caso essere verificate dalla Direzione Lavori, che avrà piena facoltà di pretendere la sostituzione di partite giudicate non idonee.

**GHIAIA IN NATURA:** Dovrà provenire da cave fluviali (tout – venant) ed essere costituita da un miscuglio di sabbia e ghiaia derivante da rocce non gelive, di natura compatta e resistente, con esclusione di qualsiasi materiale eterogeneo o comunque dannoso per l'impiego a cui è destinato; dovrà inoltre risultare ben assortita nei suoi componenti con esclusione degli elementi litici non passanti al vaglio di cm. 7 e con percentuale di sabbia compresa fra il 40% ed il 60% del miscuglio;

**PIETRISCHI – PIETRISCHETTI – GRANIGLIA:** Al pari della ghiaia, dovranno derivare da rocce non gelive aventi alta resistenza alla compressione, essere scevri da sabbia, polvere od altre sostanze eterogenee, inoltre dovranno essere formati da elementi aventi più facce a spigoli vivi, avere i requisiti di durezza e potere legante richieste per le diverse categorie di lavori;

**INERTE NATURALE STABILIZZATO:** Potrà pervenire sia da cava fluviale che da frantumazione di rocce, da correggersi con la eventuale aggiunta di inerti e di additivi, in modo da ottenere un miscuglio "stabilizzato granulometricamente" che abbia le seguenti caratteristiche fisiche:

1) granulometria ricadente entro i seguenti limiti percentuali passanti in peso:

- passante al setaccio di 2 pollici 100%
- passante al setaccio di 1 pollice da 55% a 85%
- passante al setaccio ASTM n. 40 da 30% a 60%
- passante al setaccio ASTM n. 200 da 5% a 15%

2) limite di fluidità misurato sulla parte di materiale passante al setaccio A.S.T.M. n. 40: inferiore a 25;

3) limite di plasticità, anch'esso misurato sulla parte di materiale passante al setaccio A.S.T.M. n. 40: inferiore a 6.

Gli inerti componenti dovranno derivare da rocce non gelive di natura compatta e resistente con esclusione di qualsiasi materiale eterogeneo o comunque dannoso.

MISTO GRANULARE PROVENIENTE DALLA LAVORAZIONE DI MATERIALI RECUPERABILI: Dovrà essere costituito da una miscela di materiali granulari appartenenti alla classe A1 delle norme CNR-UNI 10006.

Tale materiale potrà essere di provenienze diverse, in proporzioni che in ogni caso saranno stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio della quale dovrà essere fornita idonea certificazione alla Direzione dei Lavori.

La rispondenza alle caratteristiche di seguito dettagliate potrà essere verificata dalla Direzione dei Lavori, che avrà piena facoltà di pretendere la sostituzione delle parti non giudicate idonee.

Caratteristiche del materiale da impiegare: Il materiale posto in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche: l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a mm 71, né forma appiattita, allungata o lenticolare; granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo e uniforme concorde a quello delle curve limiti indicate in tabella:

Serie crivelli e setacci UNI	mm	Miscela passante % totale in peso
Crivello UNI 2334	71	100
Crivello UNI 2334	40	75-100
Crivello UNI 2334	25	60-87
Crivello UNI 2334	10	35-67
Crivello UNI 2334	5	25-55
Setaccio UNI 2332	2	15-40
Setaccio UNI 2332	0.4	5-22
Setaccio UNI 2332	0.075	2-10

rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;

perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 40%;

limite liquido della frazione passante al setaccio 0,4 non maggiore di 25;

indice di plasticità non maggiore di 6;

indice di portanza CBR dopo 4 giorni di immersione in acqua non minore di 50;

equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM compreso tra 25 e 65, eseguito su campione prelevato dopo il costipamento.

MALTA CEMENTIZIA AERATA: Dovrà essere composta da aggregati selezionati e lavati (granuli di sabbia fino a 6 mm.) del tutto privi di sostanze reattive dannose o materiali terrosi, tenuti insieme da una matrice di pasta di cemento; dovrà presentarsi omogenea, compatta e priva di segregazioni o di

essudazione, con consistenza variabile da fluida a autolivellante, secondo la necessità di impiego o le prescrizioni delle Stazione Appaltante e/o degli Enti proprietari delle strade; in particolare dovrà presentare le seguenti caratteristiche tecniche:

1) tempo di indurimento sufficiente per sviluppare una buona portanza da 12 a 24 ore:  $\geq 15$  W/mmq;

2) contenuto di aria inglobata, omogeneamente distribuita in micro e macro bolle non comunicanti, compreso tra il 20% e il 30%;

3) massa volumica allo stato indurito compresa tra 1.600 e 1.800 kg/mc.;

4) resistenza a compressione dopo 28 giorni:  $\Rightarrow 20$  N/mm<sup>2</sup>;

**MISTO CEMENTATO:** Dovrà essere dosato a 80 Kg di cemento tipo 325 per ogni metro cubo di riempimento finito in opera; gli inerti saranno costituiti da pietrischetto dalle caratteristiche organolettiche analoghe all'impiego per la formazione del calcestruzzo, ma di pezzatura compresa fra 0 e 40 mm, idonea al riempimento di tutti gli spazi vuoti.

**EMULSIONI BITUMINOSE:** Dovranno essere di composizione costante, perfettamente omogenee, e stabilizzate all'atto dell'impiego; dovranno contenere non meno del 50% in peso del materiale solubile in solfuro di carbonio e non essere fabbricate con bitumi duri flussati. L'emulsionante adoperato nella fabbricazione dovrà avere caratteristiche atte ad assicurare la perfetta rottura delle emulsioni stesse all'atto del loro impiego e tale da evitare che il bitume possa concentrarsi nei recipienti prima dell'uso. Le emulsioni che manifestassero nei recipienti tale fenomeno saranno senz'altro rifiutate.

Nel periodo invernale il Direttore dei Lavori potrà ordinare per l'esecuzione dei ripristini, l'uso di emulsioni aventi particolari caratteristiche di resistenza alle basse temperature senza che perciò l'Appaltatore abbia diritto a prezzi diversi da quelli previsti contrattualmente.

**MANUFATTI IN CALCESTRUZZO DI CEMENTO:** Saranno confezionati con alti dosaggi di cemento e vibrati in modo da ottenere un peso specifico non inferiore a 2,4 Kg/dmc. I cordonati per il contenimento dei marciapiedi avranno dimensioni di cm. 15 x 25 e lunghezza non inferiore a ml. 1,00. Saranno rifiniti nelle facce a vista e con lo spigolo esterno smussato. I pozzetti di raccolta delle acque meteoriche avranno dimensioni interne non inferiori a cm. 40 x 40 x 40 ed avranno il foro di uscita per tubo da 20 cm. collocato a richiesta sia verso la strada che di lato. L'altezza dal fondo del pozzetto al tubo di scarico dovrà risultare comunque non inferiore a cm 20. Dovranno presentare il diaframma con funzione di tenuta idraulica facilmente asportabile per la pulizia.

Le botole con relative controbotole, avranno le dimensioni minime di cm 6, ma il loro impiego sarà consentito solo nelle zone soggette a traffico pedonale e comunque solo su autorizzazione della Direzione Lavori.

**MANUFATTI IN CEMENTO ARMATO PER PROTEZIONE SOTTOSERVIZI:** Le lastre piane a protezione dei sottoservizi saranno confezionate con alti dosaggi di cemento vibrato, in modo da ottenere un peso specifico non inferiore a 2,4 Kg/dmc. L'armatura sarà eseguita con rete elettrosaldada del diametro mm 8, maglia cm 10x10. Le dimensioni di ogni singola lastra saranno cm 100x40x4.

**LASTRE IN PORFIDO:** Le lastre per la formazione delle zanelle avranno dimensioni di cm. 20 x 20 spessore compreso fra cm. 2,5 e 4,5 e tonalità il più possibile uniforme comunque di gradimento della Direzione Lavori.

**CORDONATI DI GRANITO:** I manufatti per il contenimento dei marciapiedi di cm. 15 x 27 e lunghezza non inferiore a cm 100 saranno a grana e tonalità uniformi, privi di venature o di intrusioni di minerali diversi.

### **3.1.3 POZZETTI 40X76**

Il manufatto modulare per infrastrutture di reti di telecomunicazioni deve essere costituito da un elemento di base da 30 cm ed uno di sopralzo da 20 cm con anello per l'alloggiamento del relativo chiusino in ghisa sferoidale D400 a due coperchi triangolari.

Il bordo superiore della base ed il bordo inferiore della prolunga, per consentire il loro accoppiamento devono essere sagomati con incastro maschio-femmina. I materiali impiegati nella realizzazione del pozzetto devono essere conformi alle norme tecniche - 2008:

Realizzati in calcestruzzo semi asciutto e sottoposti a ciclo continuo di vibrazione, devono avere resistenza  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ .

Nelle pareti verticali devono essere realizzati degli alleggerimenti per facilitare l'apertura dei fori di passaggio dei cavi.

Un foro centrale di diametro 30 mm, deve consentire la movimentazione del manufatto.

Sono comunque accettati i pozzetti in monoblocco di resina poliuretana.

### 3.1.4 POZZETTI 80X125 E 70X90

I pozzetti, in calcestruzzo armato prefabbricato, di dimensioni interne 80x125 cm  $\pm$  3% e 70x90 cm  $\pm$  3%, devono essere di tipo modulare e costituiti da:

un elemento di base o anello di fondo a pianta rettangolare e di forma parallelepipedica, con incorporata soletta di fondazione. Bordo superiore sagomato ad incastro di opportuno spessore, per consentire l'inserimento degli altri elementi. Anello di fondo del pozzetto con alla base un setto a frattura per consentire il drenaggio di acque e nelle pareti asole in cls non armato da sfondare per permettere l'accesso delle tubazioni.

Elementi di soprizzo di forma anulare e di dimensioni tali da permettere l'incastro alla relativa base e di altezze pari a 10, 20 e 40 cm, per entrambe le tipologie di pozzetti (90x70 e 125x80). Elementi con bordo, sia inferiore che superiore, sagomato ad incastro, di opportuno spessore, per la sovrapposizione dei diversi elementi;

Anello portachiusino di forma anulare e foro centrale. Sul bordo superiore dell'anello portachiusino delle boccole filettate per consentire di bloccare il telaio del chiusino all'anello. Boccole realizzate in acciaio zincato e disposte all'interno dei fori in modo tale da essere bloccate e consentire una corretta predisposizione dei perni filettati. Bordo inferiore dell'anello portachiusino con opportuna sagomatura per l'incastro con l'elemento sottostante. Anello portachiusino fornito con le boccole coperte da appositi tappi.

Chiusino in ghisa sferoidale (di spessore 10 cm), rispondente alla classe D400 della Norma UNI EN 124 (1995), di tipo doppio, dotato di quattro semicoperchi triangolari, per il pozzetto 125x80 cm, di tipo singolo, dotato di due semicoperchi triangolari, per il pozzetto 90x70 cm.

I materiali impiegati nella realizzazione del pozzetto devono essere conformi alle norme tecniche - 2008: Calcestruzzo  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ; Ferro d'armatura tipo B450A o B450C;

### 3.1.5 CHIUSINI IN GHISA

I chiusini devono essere costituiti da:

- Coperchio e telaio in ghisa sferoidale GS 500-7 a norma ISO 1083 (1987); materiale con valore di durezza Brinell 200 HBS, conforme alla classe D400 (carico di rottura  $>400 \text{ kN}$ ) della norma UNI EN 124 (1995) per installazione in carreggiate stradali (comprese le vie pedonali), banchine transitabili ed aree di stazionamento, per tutti i tipi di veicoli stradali;

- n. 4 semicoperchi triangolari per i pozzetti 125x80 cm;

- semicoperchi apribili “a portafoglio”, ad appoggio tripode, cioè in grado di garantire l’appoggio al telaio per soli tre punti; incernierati, con apertura minima a 100° e che già nella posizione aperti a 90° (circa) assumano la posizione di sicurezza (bloccaggio di sicurezza automatico);

- primo semicoperchio “maestro”, dotato di serratura di sicurezza, che blocca lo/gli altro/i semicoperchio/i “servente/i” (che non devono presentare fori per la chiave di manovra), munito/i di una placca di bloccaggio con il semicoperchio precedente, che ne consente l’apertura solo in sequenza, dopo lo sbloccaggio del primo semicoperchio;

- serratura di sicurezza chiusa con un tappo di protezione in materiale plastico, realizzato in modo tale da rimanere solidale con il semicoperchio stesso, quando viene estratto dalla propria sede per l’accesso alla serratura;

- articolazione “ghisa su ghisa” realizzata per fusione, con ganci sul semicoperchio e con sede di rotazione su telaio;

- telaio monoblocco a struttura alveolare, di altezza 10 cm e di dimensioni massime di ingombro 1320x1000 mm (pozzetto 125x80 cm) provvisto di idonei anelli, occhielli, o altro, per consentire/facilitare la movimentazione ed il posizionamento del dispositivo completo. Inoltre devono rispondere alle seguenti caratteristiche:

- massa areica non superiore a 375 Kg/m<sup>2</sup>;
- apertura dei semicoperchi tale da realizzare almeno un lato (il più lungo), per il chiusino doppio e due lati adiacenti, per quello singolo, liberi da ostacoli;
- sforzo equivalente dell’operatore all’apertura non superiore a 25 kg (in ottemperanza alla legge n.81/2008 e s.m.i., inerente la movimentazione dei carichi);
- dimensioni utili della luce 1060x700 mm, per il pozzetto 125x80 cm e Maxipozzetto 220x170, 800x700 mm per il pozzetto 90x70 cm;
- n posizione aperta a 90°, deve essere possibile rimuovere completamente ogni semicoperchio senza operazioni di smontaggio delle cerniere;
- superficie superiore del coperchio del chiusino con una conformazione tale da renderla libera da acque di scorrimento e possedere un motivo in rilievo composto da granulato antisdrucchiolo e siglatura:
- motivo in rilievo, né inferiore al 30%, né superiore al 50%, della superficie superiore totale del coperchio e del telaio;



- superfici interne ed esterne del coperchio e del telaio rivestite con vernice protettiva antiruggine idrosolubile di colore nero non tossica e non inquinante;

- tutte le parti del chiusino prive di bave e non presentare difetti di lavorazione, riparazioni, ecc...

Sui chiusini devono essere riportate le seguenti indicazioni sul semicoperchio "maestro":

- a richiesta: logotipo della Committente;

su tutti i semicoperchi:

- nome e/o sigla/logo di identificazione del costruttore;

- ultime due cifre dell'anno di costruzione;

- numero del lotto di fonderia;

- scritta "EN 124 - D400";

Il chiusino non deve presentare parti sporgenti, pertanto il granulato antisdrucchiolo e la siglatura deve avere lo stesso livello di rilievo.

### **3.1.6 TUBO/TRITUBO IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ DIAMETRO 50 MM**

Le successive specifiche si riferiscono a:

monotubi in PEAD tipo PN 10 diametro nominale 50 mm;

tritubi in PEAD tipo PN 10 diametro nominale 50 mm;

impiegati per posa sotterranea a protezione dei cavi in fibra ottica e/o minitubi di cui alle specifiche successive.

Tutte le suddette tubazioni devono avere delle rigature interne, atte ad aumentare la scorrevolezza dei cavi.; tritubi e monotubi devono avere le caratteristiche dimensionali rispondenti a quanto di seguito indicato:

Caratteristiche dimensionali e tolleranze (UNI 10910)

TIPO	Diametro utile interno (mm)	Spessore tubo misurato nella gola (mm)	Diametro esterno medio (mm)	Peso (kg/m)	Lunghezza bobine (m)
Monotubo Ø 50 PN 10	39,6÷40,8	4,6÷5,2	50,0÷50,4	0,66	300±1/-0
Tritubo Ø 50 PN 10	39,6÷40,8	4,6÷5,2	50,0÷50,4	2	350±1/-0

Caratteristiche dimensionali e tolleranze (UNI 10910)

TIPO	Ovalizzazione	Altezza rigatura (mm)	Numero totale rigature
Monotubo Ø 50 PN 10	2%(estruso)- 5%(srotolato)	0,20÷0,40	24
Tritubo Ø 50 PN 10	2%(estruso)- 5%(srotolato)	0,20÷0,40	33

Le tubazioni in PEAD devono essere conformi alle caratteristiche ed ai requisiti di accettazione prescritti dalle Norme UNI, in particolare le 7811, 7813, 7814, 7092, 5642, 5640, 5819, 6062, alla IEC 538. Per la movimentazione, la posa e le prove delle tubazioni in PEAD devono essere osservate le particolari prescrizioni contenute nelle raccomandazioni I.I.P.

Monotubi e tritubi devono essere ottenuti per estrusione di polietilene vergine ad alta densità PEAD, caricato con nerofumo master colorato di adatta granulometria e disperso uniformemente nella massa polimerica; caratteristiche dimensionali e tolleranze rispondenti a quanto indicato nelle precedenti tabelle; forniti in bobine aventi lunghezza nominale riportata nelle precedenti tabelle, opportunamente reggiate ed identificate in modo da rendere agevoli il loro carico e scarico unitamente ad eventuali verifiche; durante il loro stoccaggio le estremità dei tubi devono essere chiuse con tappi o altri sistemi atti ad evitare l'ingresso di acqua e/o corpi estranei; su ciascun tubo deve essere riportata l'indicazione del nome del costruttore, il diametro nominale e il tipo di materiale, giorno mese ed anno di costruzione, numero del lotto di fabbricazione, lunghezza metrica progressiva per ogni bobina.

La stampigliatura del monotubo di colore giallo/rosso/blu (o altro di immediato riconoscimento), effettuata per incisione a caldo ed eseguita ad intervalli regolari, deve essere leggibile anche dopo le opere di posa.

La stampigliatura sul tritubo deve essere realizzata con gli stessi accorgimenti del monotubo, ma la stampa deve essere effettuata solo su uno dei 3 tubi.

Dopo la posa dei tubi, all'interno di ciascun tubo, deve essere infilato un cordino di nylon, necessario per il tiro del cavo.

La materia costituente i monotubi o i tritubi deve essere in polietilene vergine ad alta densità e deve rispondere ai più elevati standard internazionali.

Il materiale utilizzato e il prodotto finito devono garantire i seguenti requisiti:

Massa volumica = 0,94 g/cm<sup>3</sup> (prova secondo norma UNI 7092 - Prove sulle materie plastiche. Determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari.) (coincide con la norma ISO 1183, ASTM D792) Temperatura di rammollimento >115°C

(prova secondo norma UNI 5642 - Prove sulle materie plastiche. Determinazione della temperatura di rammollimento Vicat dei materiali termoplastici.)

Temperatura massima del picco di fusione =128 °C (prova secondo norma ASTM D 3418)

Attività residua antiossidante (O.I.T.) = 15 minuti @ 210 °C (prova secondo norma UNI EN 728 Sistemi di tubazioni e canalizzazioni di materia plastica - Tubi e raccordi di poliolefine - Determinazione del tempo di induzione all'ossidazione.)

Termofluidità 0,3/0,9 g/10 minuti @ 190°C con carico di 49,05 N (prova secondo norma UNI EN ISO 1133 - Materie plastiche - Determinazione dell'indice di fluidità in massa (MFR) e dell'indice di fluidità in volume (MVR) dei materiali termoplastici.)

Contenuto di nero fumo >2% (prova secondo norma UNI 9556 - Materie plastiche - Materiali a base di poliolefine. Determinazione del contenuto di nero di carbonio (carbon black) per pirolisi.)

Prova di trazione su fustella: allungamento a rottura @ 23°C = 350% tensione di snervamento = 18 Mpa (prova secondo norma EN ISO 6259 - Thermoplastics pipes. Determination of tensile properties. General test method.)

Resistenza a compressione: la prova deve essere eseguita a temperatura ambiente 23 ± 2 °C su provini della lunghezza di 150 mm ciascuno. Ogni provino di monotubo PN 10 posto tra due piastre metalliche rigide di una macchina dinamometrica non deve rilevare una riduzione del diametro interno maggiore del 15% quando è sottoposto ad una compressione di 1600 N (ca. 150 kg).

La velocità di avvicinamento delle piastre metalliche deve essere regolata a 12,5 mm/min.

Impatto alle basse temperature. La prova deve essere eseguita su provini della lunghezza 150 mm ciascuno, mantenuti alla temperatura di -20 °C per il tempo di un' ora. Per la prova di un monotubo PN 10 viene impiegato un carico di 10 Kg ed un percussore di acciaio con superficie piatta e avente diametro esterno 50 mm ed estremità del raggio pari a 0,8 mm. Si dà un colpo nel punto di mezzo del provino, lasciando cadere il peso da un'altezza di 1500 mm.

Dopo la prova il campione non deve presentare fessurazioni visibili ad occhio nudo.

Resistenza alla perforazione. La prova deve essere eseguita a temperatura ambiente (23 ± 2 °C) su provini della lunghezza di 150 mm ciascuno. Per il tritubo tale prova sarà effettuata sui 3 tubi

precedentemente separati l'uno dall'altro. Ogni provino dovrà poter assorbire senza perforarsi un'energia d'urto pari a 7,85 J, esercitata da un perforatore costituito da un cilindro metallico sagomato ad un'estremità a sfera ( $R = 5 \text{ mm}$ ), disposto verticalmente e lasciato cadere centralmente su ciascun provino da un'altezza di 0,5 metri. Ogni provino dovrà assorbire senza perforarsi un'energia d'urto di 7,85 J.

Resistenza alla pressione interna. La prova deve essere eseguita attendendo 24 ore dall'estrusione delle tubazioni. Dal lotto di fabbricazione viene selezionato uno spezzone di tubo di lunghezza opportuna ricavare n°3 provette di lunghezza definita da norma EN 921. Ogni pezzo deve essere identificato con un numero. Il campione deve essere riempito di acqua e deve essere mantenuto a bagno d'acqua per 1 ora alla temperatura minima di 60°C e successivamente deve essere messo sotto pressione e portato nel PN 10 a 12,5 bar e mantenuto a tale pressione per 2 ore. Al termine della prova effettuata sui tre campioni non dovranno riscontrare cedimenti, rotture e/o deformazioni. Sul tritubo tale prova deve essere effettuata su uno dei 2 tubi laterali o sul centrale precedentemente separati.

Resistenza di rottura per impatto ambientale (stress cracking). La prova deve essere eseguita su campioni della lunghezza di almeno un metro curvati ad U con un mandrino del diametro di 450 mm. La porzione curvata del tubo dovrà essere immersa in una soluzione composta da 10% Antarox (Igepal) CO-630 in acqua, ad una temperatura di  $50 \pm 2 \text{ °C}$  per almeno 168 ore. Alla fine del periodo di prova il campione non dovrà mostrare crepe o spaccature. In alternativa potrà essere utilizzato il metodo di prova previsto dalla norma ASTM F 1248.

20

Verifiche delle dimensioni e dei pesi I monotubi e i tritubi devono avere le dimensioni riportate nelle precedenti tabelle. La lunghezza nominale delle bobine deve essere quella riportata nelle tabelle.

Aspetto. Devono essere controllati lo stato delle superfici (esterna ed interna) e l'aspetto dei manufatti. Le verifiche dello stato delle superfici devono essere effettuate in conformità alle Norme ASTM D 2563-70. I risultati devono corrispondere alla qualità del livello I di dette Norme. La verifica dell'aspetto dovrà essere effettuata mediante esame a vista. Le tubazioni devono essere privi di difetti quali bolle, bruciature, cavità, deformazioni, ammanchi di materiale, inclusioni d'aria, grinze, screpolature, lesione e di quanto altro possa compromettere l'efficienza del materiale.

Inoltre ogni bobina di monotubo deve essere munita di tappi a pressione in polietilene (oppure se richiesto tappi ad espansione) inseriti alle estremità della matassa per impedire infiltrazioni d'acqua o ingresso di corpi estranei.

Siglatura .Su ciascun tubo o tritubo devono essere riportate le seguenti indicazioni:

- il nome del costruttore;

- il mese e l'anno di produzione
- il tipo di materiale e il diametro nominale
- il numero del lotto di fabbricazione;
- la lunghezza metrica progressiva;
- il numero progressivo della bobina

### **3.1.7 TUBO IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ A SUPERFICIE ESTERNA CORRUGATA**

I tubi corrugati devono essere prodotti in conformità alla Norma CEI EN 50086-1-2-4.

Il tubo è un profilato di materiale plastico, con struttura coestrusa a doppia parete realizzata da un tubo esterno corrugato in PEAD e da una guaina interna liscia in PEBD (polietilene a bassa densità), che deve essere priva di irregolarità quali buchi e grumi non fusi ed avere un'ondulazione il cui diametro massimo sia non superiore al 3% del diametro nominale esterno del tubo. Gli spessori delle guaine interna ed esterna devono essere tali da garantire le prestazioni meccaniche e tecniche richieste per il tubo corrugato; eventuali variazioni nello spessore delle singole guaine devono risultare non superiori al 20%.

Tale profilato costituisce la protezione meccanica per i cavi che in tale struttura saranno ospitati.

La massa termoplastica del tubo deve risultare inerte alla corrosione, agli agenti chimici presenti nel terreno, così come agli agenti atmosferici; deve inoltre resistere ai batteri, alle spore ed ai funghi, agli idrocarburi, ai detersivi ed all'acqua.

I materiali delle due guaine devono inoltre essere di opportuna composizione in modo da fornire un'elevatissima resistenza alla radiazione U.V. (almeno 6 mesi).

Il tubo corrugato deve essere realizzato con materiali che minimizzino l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997. I monotubi devono rispondere alle seguenti caratteristiche nominali:

Diametro esterno (mm)	40	50	63	75	90	110	125	140	160	200
Diametro interno (mm)	31	40	50	60	73	92	105	120	137	171
Lunghezza bobina (m)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	25

e garantire resistenza allo schiacciamento a 450 N con deformazione del diametro = 5% (misurata su 5 cm di tubo a 20°C) Il raggio di curvatura non deve essere superiore a 0,55 m.

Il tubo corrugato deve essere fornito in matasse, opportunamente reggiate, in modo da rendere più agevoli le operazioni di trasporto, di posa e di eventuali verifiche. Le estremità del tubo devono essere chiuse con tappi, o altro sistema analogo, per evitare l'ingresso di corpi estranei nei periodi di stoccaggio; su una delle due estremità deve essere anche fornito un manicotto lineare di giunzione in PEAD per il raccordo fra tubi.

All'interno del tubo deve essere posizionata una sonda tirafilo, con carico di rottura 400÷600 N, per facilitare l'inserimento di una fune tiracavo.

Sul tubo, ad intervalli regolari di lunghezza non superiore a 3 m e su tutta la pezzatura, devono essere riportate le seguenti indicazioni mediante stampigliatura indelebile:

- in senso longitudinale:
  - il nome o la sigla/logo del costruttore
  - il mese e l'anno di produzione;
- in senso trasversale:
  - il nome o la sigla/logo del costruttore
  - il diametro esterno
  - la scritta "EN 50086-2-4" (CEI 23-46)
  - classe N;
  - il marchio IMQ, o equivalente;
  - la marcatura CE.

### 3.1.8 TUBO SPACCATO

Doppia guaina tubolare in polipropilene di colore nero utilizzata per la protezione dei cavi; apribile longitudinalmente, flessibile, ha caratteristiche dielettriche ed autoestinguenti; deve avere una buona resistenza agli urti, alla corrosione, alle basse temperature ed ai raggi U.V.

Deve essere utilizzata a protezione dei cavi nel passaggio all'interno dei pozzetti, nella posa su passerelle metalliche.

### 3.1.9 TUBO FLESSIBILE

Il tubo flessibile è realizzato con materiale di tipo rinforzato. Viene fissato a muro, o ad altri sostegni, con appositi collari.

Il tubo è da utilizzarsi in situazioni particolari dove non sia possibile installare tritubi e/o monotubi, oppure, ad esempio, dove siano richiesti raccordi fra cavidotti rigidi e armadi, o cassette.

### 3.1.10 SISTEMA DI GIUNZIONE PER MONOTUBO E TRITUBO

Dispositivo che ha il compito di giuntare ermeticamente i monotubi posti in trincea, nelle tubazioni, nei cunicoli e nelle gallerie, in modo tale da evitare che acqua e polvere entrino nei tubi e/o che le due estremità da giuntare siano disallineate.

Il sistema di giunzione deve essere a tenuta stagna, realizzato in accordo alla norma UNI 9561 e UNI 9562, in polipropilene, anello antisfilamento in poliacetale, guarnizione in gomma nitrilica 75 shore (NBR) e dotato di bussola mobile per alloggiamento o-ring.

Pressione nominale PN16 per tutti i formati fino al diametro esterno di 63mm, PN10 per i formati con diametro esterno superiore o uguale a 75mm.

Marchio IIP dell'Istituto Italiano dei Plastici e prodotto in regime di controllo del Sistema di Qualità ISO 9000.

Il sistema di giunzione deve essere realizzato con materiali che minimizzano l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Tutte le eventuali parti metalliche facenti parte del giunto devono essere non ossidabili e assicurare, per tutto il ciclo di vita del prodotto, la rispondenza alle caratteristiche meccaniche, fisiche ed elettriche della presente specifica.

Il prodotto, una volta installato, non deve necessitare di manutenzione.

Ogni eventuale guaina termorestringente utilizzata dovrà garantire le prestazioni complessive del sistema di giunzione qui descritto, in particolare buona robustezza meccanica ed elevata impermeabilità ai liquidi e ai gas.

Sul sistema di giunzione devono essere riportate, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione;
- il valore della coppia di serraggio (N\*m), nel caso in cui il sistema di giunzione è composto anche da parti da avvitare).

### **3.10.11 SISTEMA DI GIUNZIONE PER TUBO CORRUGATO**

Dispositivo che ha il compito di raccordare due tubi corrugati dello stesso diametro e di proteggere il giunto da intrusione di acqua e polvere.

Deve essere realizzato in PEAD, rispondente alla Normativa CEI EN 50086-2-4, per garantire che a varie temperature non esista differenza di ritiro fra il tubo ed il dispositivo.

Il raccordo deve essere realizzato con un accessorio esterno ai tubi, che deve anche garantire l'allineamento dei tubi stessi (è consentito un disallineamento dovuto soltanto alle tolleranze dei tubi giuntati), in modo che la luce interna dei due tubi raccordati sia completamente sgombra, cioè che non si formino gradini nel giunto. Il sistema di giunzione deve essere realizzato con materiali che minimizzano l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Il prodotto, una volta installato, deve risultare ermetico e non necessitare di manutenzione. Deve inoltre avere una conformazione particolare, tale da fornire un'elevata resistenza alla trazione dei tubi raccordati.



Sul sistema di giunzione devono essere riportate, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione.

### **3.10.12 TARGHETTA ADESIVA DI IDENTIFICAZIONE**

Etichetta adesiva indelebile, dove si riportano i dati significativi necessari per l'identificazione delle parti in particolare:

- eventualmente il logotipo della Committente;
- il tipo di cavo;
- il numero del giunto (solo per i giunti);
- il nome del sito (solo per le terminazioni).

### **3.10.13 FLANGIA AD ESPANSIONE PER TUBO**

Elemento di bloccaggio della terna di monotubi  $f=50$  mm nei punti di imbocco dei tubi in lisci da sottoequipaggiare.

Deve essere formata da due elementi circolari in PVC del diametro adatto al tubo nel quale deve essere inserita (diametro massimo uguale a quello esterno del tubo), provvisti di 3 fori per il passaggio dei monotubi in PEAD. I due elementi devono essere separati da una guarnizione in gomma che consente la tenuta ermetica con il tubo e devono essere uniti tra loro da viti passanti a brugola. Il dispositivo deve avere una lunghezza massima di 60 mm.

La flangia deve contenere i monotubi in PEAD senza procurarne schiacciamenti e deve essere contenuta all'interno del tubo nel quale viene installata. Deve essere munita di un battente che funge da fine corsa durante l'inserimento.

Deve essere installata senza richiedere particolari attrezzature e deve poter essere rimossa e reinserita più volte, garantendo sempre l'ermeticità della struttura. Lo sforzo di sfilamento della flangia dal tubo deve essere = 500 N.

Il dispositivo deve essere realizzato con materiali che minimizzano l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Tutte le eventuali parti metalliche facenti parte della flangia non devono essere ossidabili e assicurano, per tutto il ciclo di vita del prodotto, la rispondenza alle caratteristiche meccaniche, fisiche ed elettriche della presente specifica.

Sulla superficie frontale esterna devono essere riportate, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione.

### 3.10. 14 MINITUBI SINGOLI

I minitubi singoli devono essere costituiti da polietilene ad alta densità (HDPE). Nella Tabella seguente sono riportate le varie tipologie disponibili.

	Diametro Interno [mm]	Diametro Esterno [mm]	Lung. Max Pezzzatura [m]	Campo d'applicazione
Minitubi 10/12	10	12	2000	Infrastrutture esistenti (tubi interrati, canalizzazioni, gallerie/cunicoli) per reti primaria e secondarie FTTH
Minitubi 10/14	10	14	1500	Posa direttamente in Trincea per reti secondarie FTTH
Minitubi 4/7	4	7	1250	Posa direttamente in Trincea per reti di Drop FTTH
Minitubi 5,5/7	5,5	7	2500	Infrastrutture esistenti (tubi interrati, canalizzazioni, gallerie/cunicoli) per rete di Drop FTTH

Allo scopo di minimizzare l'attrito in fase di posa dei minicavi i minitubi devono presentare nella superficie interna delle rigature o uno strato interno di materiale siliconico.

I minitubi singoli non devono essere direttamente impiegabili in caso di utilizzo di tecniche di scavo no-dig. Su tutti i minitubi devono essere ripetute esternamente per tutta la lunghezza le seguenti indicazioni:

- il nome del Costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione;
- tipo di tubo e di materiale;
- lunghezza progressiva.

I minitubi devono prevedere delle bande trasparenti nella colorazione per una più facile identificazione della presenza dei minicavi all'interno dei minitubi.

I minitubi devono essere forniti in bobine di lunghezza standard, le estremità dei minitubi devono essere chiuse con tappi o con altro sistema idoneo ad evitare l'ingresso di acqua o di corpi estranei nei periodi di stoccaggio.

### **3.10.15 MINITUBI IN STRUTTURE MULTIPLE**

Le strutture multiple devono essere costituite da un insieme di minitubi aventi le caratteristiche indicate nel paragrafo precedente opportunamente raggruppati mediante delle guaine di contenimento.

Le strutture multiple di minitubi possono essere delle seguenti tipologie:

- Bundle - struttura multipla di minitubi raccolti in una guaina esterna lasca ottenuta per estrusione di polietilene ad alta densità (HDPE). Questa struttura di minitubi assume conformazione piatta per l'imbobinamento che può essere ricondotta a circolare nella posa. La guaina esterna può essere del tipo H9E per cavi posati con la tecnica no-dig.

- Fender - struttura multipla di minitubi opportunamente affasciati e connessi mediante una pellicola di materiale plastico che li rende solidali non rigidamente in maniera tale che essi possano essere configurati sia con geometria distesa che ripiegata

Fender	Dimensioni	Campo d'applicazione
4x10/12	48x12 mm	Posa in tubazione
5x10/12	60x12 mm	Posa in tubazione
4x10/14	56x14 mm	Posa direttamente in trincea
5x10/14	70x14 mm	Posa direttamente in trincea

Bundle	Diametro esterno	Lung. Bobina m.	Campo d'applicazione
3x10/14	40 mm	3400	Posa direttamente in trincea
4x10/14	50 mm	1700	Posa direttamente in trincea
5x10/14	50 mm	1700	Posa direttamente in trincea
6x4/7	32 mm	3500	Posa direttamente in trincea
8x4/7	40 mm	3500	Posa direttamente in trincea
14x4/7	40 mm	3500	Posa direttamente in trincea
10x4/7	50 mm	3500	Posa direttamente in trincea
18x4/7	50 mm	1800	Posa direttamente in trincea
24x4/7	50 mm	1800	Posa direttamente in trincea

### 3.10.16 ELEMENTO DI CHIUSURA DEI MINITUBI

Dispositivi che devono essere sistematicamente utilizzati durante lo stoccaggio e nell'assetto finale di posa nell'infrastruttura per garantire la chiusura dei minitubi in modo da evitare l'ingresso di acqua e sporcizia all'interno di essi. Tali accessori devono essere inoltre rimovibili e reimpiegabili e devono essere disponibili in varie versioni che si differenziano a seconda del diametro dei minitubi.

### 3.10.17 ELEMENTO DI GIUNZIONE DEI MINITUBI

Il dispositivo di giunzione deve essere costituito da un manicotto a doppio innesto che consente di realizzare il collegamento dei minitubi garantendo sia la tenuta a trazione, sia la tenuta a pressione fino a 10 bar, pressione idonea per la posa dei microcavi con la tecnica del soffiaggio. Tali dispositivi devono essere inoltre rimovibili e reimpiegabili. Per garantire la tenuta pneumatica e idraulica, il taglio del tubetto singolo deve essere realizzato con l'apposito strumento in modo da risultare perfettamente perpendicolare al tubetto. Devono essere disponibili varie versioni di dispositivi di giunzione che si differenziano a seconda del diametro dei minitubi da giuntare.

Le giunzioni di fine pezzatura devono essere realizzate a breve distanza l'una dalle altre al fine di diminuire l'ingombro complessivo del giunto.

I campi di applicazione degli elementi di giunzione sono:

- direttamente in trincea;
- all'interno di manufatti;
- punti di estrazione da direttrici esistenti;
- punti di estrazione da direttrici di nuova posa costituiti da Bundle o Fender;
- fine pezzatura.

### **3.10.18 ELEMENTO DI GIUNZIONE DEI MINITUBI OCCUPATI DA MINICAVI**

Dispositivo di giunzione per minitubo occupato dal cavo, costituito da un manicotto a doppio innesto che consente di realizzare il collegamento dei minitubi garantendo sia la tenuta a trazione, che la tenuta a pressione. Tali dispositivi devono essere inoltre rimovibili e reimpiegabili.

Il campo di applicazione dell'elemento di giunzione dei minitubi occupati da minicavi è:

- nel caso di eventuali interventi di manutenzione.

### **3.10.19 ELEMENTI DI TENUTA TRA MINITUBI E MINICAVI**

I Dispositivi utilizzati per garantire la tenuta tra minitubi e minicavi, devono essere rimovibili e reimpiegabili. Disponibili in varie versioni, si differenziano a seconda del diametro dei minitubi.

### **3.10.20 ELEMENTO DI TENUTA TRA TUBI E MINITUBI**

Dispositivo di tenuta interposto tra i tubi esistenti sottoequipaggiati con minitubi e deve essere costituito da:

- due semigusci da predisporre all'estremità del tubo;
- due elementi di chiusura;

- una membrana con predisposizioni d'uscita per minitubi e/o cavi;

Sono disponibili varie versioni che si differenziano a seconda:

- del diametro dei tubi;
- del numero di minitubi;
- della presenza di cavi esistenti;
- della compatibilità con i sistemi di aggancio di altri eventuali elementi.

Tale sistema deve garantire sia la tenuta contro l'ingresso di liquidi e gas sia la tenuta a trazione.

Tali dispositivi devono essere inoltre rimovibili e reimpiegabili.

I campi di applicazione degli elementi di tenuta tra tubi e minitubi sono:

- nel pozzetto sul tubo di collegamento con l'edificio;
- sul tubo di ingresso alla centrale;
- nei cunicoli o gallerie praticabili;
- laddove si renda necessario per particolari esigenze di tenuta .

30

---

Nell'eventualità che il tubo sia stato precedentemente tagliato a filo della parete del manufatto, deve essere necessario l'applicazione di un'opportuna prolunga che permetta l'applicazione del tappo. Le prolunghie devono essere riapribili per permettere interventi di manutenzione, estrazione o riconfigurazione successiva alla prima installazione.

### **3.10.21 ELEMENTO DI PROTEZIONE DEL CAVO NEI MANUFATTI**

Il minitubo di protezione del minicavo nei manufatti quali cunicoli e gallerie pubblici servizi polifunzionali ( Ø 17 mm) deve essere costituito da un minitubo 10/12 mm protetto da uno strato di filati di vetro (V) antiroditoro e una guaina esterna (H9E).

Il monotubo può essere anche aperto in modo longitudinale con guaina esterna in polietilene (VE) e per questo utilizzato come protezione di un minicavo esistente; l'operazione di inserimento del minicavo nell'elemento deve essere eseguita con un apposito strumento e al termine il monotubo deve essere fascettato ogni 30 cm circa.

I minitubi singoli di protezione antiroditore devono essere utilizzati ogni qualvolta si ha la necessità di eseguire una posa diretta di minitubi all'interno di canalette poste su ponti, viadotti, gallerie pubblici servizi e gallerie polifunzionali. Inoltre, questo materiale deve essere previsto anche all'interno dei manufatti in situazioni particolarmente critiche per presenza di roditori.

Al fine di poter consentire l'utilizzo di tutti gli stessi dispositivi/accessori (tappi, giunti ecc.) previsti per i minitubi 10/12, ogni qual volta necessario, dovrà essere eseguita la rimozione della guaina esterna VH9E per il solo tratto interessato all'installazione del dispositivo.

La versione aperta del minitubo di protezione dovrà essere utilizzata solo in caso di necessità di protezione di minicavi continui esistenti

### **3.10.22 DISPOSITIVO DI PROTEZIONE DELLE SCORTE DEI CAVI ALL'INTERNO DEI MANUFATTI**

Dispositivo di protezione delle scorte dei cavi, costituito da una scatola rimovibile e reimpiegabile composta da due semigusci apribili, all'interno della quale è possibile disporre fino a 50 m di minicavo opportunamente guidato. Ogni dispositivo di protezione può contenere al massimo due scorte di minicavi.

Verranno installati in casi particolari e su specifica richiesta della Direzione Lavori:

- nei manufatti di rami principali principali.

### **3.10.23 MARKER**

Dispositivo per l'identificazione di punti sensibili (es. derivazioni interrato dei minitubi) che si vogliono di ritrovare in fase di esercizio e manutenzione.

Per una determinazione precisa del punto da ritrovare, si può posare sopra il punto, a una determinata profondità massima, una bobina rilevatrice (marker). La bobina rilevatrice funziona come uno specchio che riflette le onde emesse da uno strumento di rilevazione, adatto al tipo di marker posato.

### 3.10.24 CANALETTA IN VETRORESINA

Le canalette in vetroresina devono essere utilizzate per la protezione meccanica dei tubi e dei cavi, in particolare all'esterno di ponti, o tombini. Le canalette in vetroresina sono costituite da una base ad U, che rappresenta il vano di contenimento, un coperchio di chiusura ad incastro ed un elemento di unione delle basi, realizzati con fibra di vetro e resina poliesteri.

Il prodotto deve presentare tutte le superfici ricche di resina, prive di fibre affioranti, bolle, cavità, screpolature, ammacchi, lesioni e/o quanto altro possa compromettere l'efficienza del materiale.

Dimensioni (mm)	Larghezza esterna superiore (mm)	Altezza esterna (mm)	Larghezza esterna inferiore (mm)	Larghezza interna inferiore (mm)	Altezza interna (mm)	Peso (kg/m)	Sezione (mm <sup>2</sup> )
50 x 50	64,5	55	59	50	50	1,1	2500
80 x 80	95,4	85	90	80	80	1,7	6400
100 x 50	115,4	55	110	100	50	1,5	5000
120 x 120	136,4	125	131	120	120	2,6	14400
140 x 70	156,4	75	151	140	70	2,4	9800
140 x 100	156,4	105	151	140	100	2,8	14000
140 x 140	156,4	145	151	140	140	3,1	19600
175 x 70	191,4	75	186	175	70	2,6	12250
175 x 120	191,4	125	186	175	120	3,1	21000
175 x 175	191,4	180	186	175	175	3,6	30625

Le canalette devono rispondere ai seguenti requisiti:

- autoestinguenti (solo per installazione in cunicoli/gallerie o su ponti/viadotti in prossimità di vegetazione);
- ininfiammabili secondo HOOKER HLT 15 – 100 punti (solo per installazione in cunicoli/gallerie o su ponti/viadotti in prossimità di vegetazione);
- resistenti alle alte temperature (solo per installazione in cunicoli/gallerie o su ponti/viadotti in prossimità di vegetazione);
- inerti agli aggressivi chimici;
- dielettriche con alto valore di rigidità;
- elevato modulo di elasticità;



- colorazione resina grigio RAL 7001.

Sulle canalette devono essere riportate le seguenti indicazioni mediante stampigliatura indelebile:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di produzione.

### **3.10.24 STAFFE E MENSOLE**

Le staffe e le mensole per il sostegno delle canalette, delle passerelle e dei tubi su ponti, tombini e muri di sostegno possono avere dimensioni e forma diverse in funzione della struttura da supportare.

Le staffe e le mensole inoltre devono essere in acciaio zincato a caldo, lavorate e forate per il loro fissaggio con idonei tasselli ad espansione.

### **3.10.25 CASSETTA IN FERRO ZINCATO**

Dispositivo di protezione meccanica dell'infrastruttura da utilizzare quando non sia possibile rispettare la distanza dagli altri servizi prevista dalle norme e regolamenti, in caso di posa in prossimità di alberi le cui radici potrebbero provocare danneggiamenti, prima e dopo la zancatura delle cassette in VTR nei ponti e viadotti, in sostituzione delle canalette in VTR nella zancatura di ponti e viadotti quando è probabile che l'infrastruttura possa essere interessata dagli incendi.

Nel caso di scavo tradizionale in cui la profondità dello scavo sia inferiore a 50 cm i tubi devono essere protetti da Cassetta di Ferro zincato e bauletto in calcestruzzo.

Per le misure tipiche vedi tabella della canaletta in vetroresina.

### **3.10.26 TAPPO AD ESPANSIONE**

Dispositivo di chiusura per monotubi e tritubi in PEAD lisci e per tubi corrugati ha lo scopo di chiudere ermeticamente le estremità dei tubi non utilizzati da cavi, in modo da non permettere l'ingresso di liquidi, o corpi estranei, all'interno dei tubi stessi.

Il dispositivo di chiusura deve essere formato da due elementi, separati da due guarnizioni in neoprene, uniti da un perno filettato passante terminato con una leva di serraggio dalla parte del tappo esterna al tubo e con un occhiello di diametro non inferiore a 6 mm, per l'ancoraggio del cordino di tiro, dalla parte del tappo inserita nel tubo. Il dispositivo di chiusura possiede inoltre un riferimento meccanico che ne consente la battuta sulla parete terminale del tubo dove viene inserito. Il diametro del meccanismo di battuta è equivalente al diametro esterno del relativo tubo.

Il tappo deve rimanere integro e funzionale anche in presenza di ambienti aggressivi, dovuti ad acidi, basi ed idrocarburi. Il meccanismo di chiusura del dispositivo deve poter essere attivato senza richiedere l'impiego di speciale attrezzatura e deve consentire la variazione graduale del diametro del tappo, in modo da farlo aderire alla superficie interna del tubo.

Tutti i dispositivi di chiusura hanno un meccanismo che limita lo sforzo massimo applicabile sulle parti soggette alla tenuta pneumatica.

L'operazione di chiusura e di rimozione del tappo dal tubo deve essere reversibile per un numero adeguato di volte.

Tutte le eventuali parti metalliche non devono essere ossidabili e devono assicurare, per tutto il ciclo di vita del prodotto, la rispondenza alle caratteristiche meccaniche, fisiche ed elettriche della presente specifica.

I tappi devono essere realizzati con materiali che minimizzino l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Sulla superficie frontale esterna devono essere riportati, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione.

Il tappo deve essere fornito assemblato, ed in linea di massima già pronto per essere installato. Prima di inserirlo nel tubo, occorre far passare il cordino di tiro nell'apposita asola posta all'estremità del perno filettato e legarlo per assicurarlo a quest'ultimo, avendo cura di garantire una certa ricchezza di cordino all'interno del tubo.

### 3.10.27 TAPPO SPACCATO

Dispositivo di chiusura per monotubi e tritubi in PEAD lisci e per tubi corrugati ha lo scopo di chiudere ermeticamente le estremità dei tubi utilizzati da un cavo, in modo da non permettere l'ingresso di liquidi, o corpi estranei, all'interno dei tubi stessi.

Il tappo deve essere composto da due parti simmetriche legate fra di loro da una bretellina di stampaggio. Il dispositivo di chiusura deve essere fornito di un riferimento meccanico che ne consenta la battuta sulla parete terminale del tubo dove viene inserito. Il diametro del meccanismo di battuta deve essere equivalente al diametro esterno del relativo tubo.

Il tappo deve rimanere integro e funzionale anche in presenza di ambienti aggressivi, dovuti ad acidi, basi ed idrocarburi.

Il meccanismo di chiusura del dispositivo deve poter essere attivato senza richiedere l'impiego di speciale attrezzatura e deve consentire la variazione graduale in funzione del diametro del cavo al suo interno, in modo da far aderire il dispositivo sia sul cavo, sia alla superficie interna del tubo. Nelle condizioni di serraggio, il dispositivo deve avere una lunghezza = 10 cm.

L'operazione di chiusura e di rimozione del tappo dal tubo deve essere reversibile per un numero adeguato di volte.

35

I tappi devono essere realizzati con materiali che minimizzino l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Sulla superficie frontale esterna devono essere riportati, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, devono essere riportate le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione.

Il tappo deve avere la caratteristica di essere adattabile a vari diametri di cavo : esso infatti deve essere costruito con la possibilità di essere tagliato in punti prestabiliti, in modo da aderire, quanto più possibile, all'esterno della guaina del cavo.

Una volta inserito il tappo nel tubo, per farlo scorrere lungo il cavo fino alla battuta si potrà utilizzare un mazzuolo di gomma.

Se non si realizza la perfetta tenuta fra il tappo ed il cavo, si potrà applicare all'esterno della parte conica del tappo una fascetta di plastica del tipo in dotazione allo stesso. In tal caso, per la rimozione del tappo, occorrerà prima rimuovere detta fascetta.

### **3.10.28 GIUNTO PER MONOTUBI E TRITUBI**

Dispositivo che ha il compito di giuntare ermeticamente i monotubi posti in trincea, nelle tubazioni, nei cunicoli e nelle gallerie, in modo tale da evitare che acqua e polvere entrino nei tubi e/o che le due estremità da giuntare siano disallineate.

Il sistema di giunzione deve essere a tenuta stagna, realizzato in accordo alla norma UNI 9561 e UNI 9562, in polipropilene, anello antisfilamento in poliacetale, guarnizione in gomma nitrilica 75 shore (NBR) e dotato di bussola mobile per alloggiamento o-ring.

Pressione nominale PN16 per tutti i formati fino al diametro esterno di 63mm, PN10 per i formati con diametro esterno superiore o uguale a 75mm.

Marchio IIP dell'Istituto Italiano dei Plastici .

Il sistema di giunzione deve essere realizzato con materiali che minimizzano l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Tutte le eventuali parti metalliche facenti parte del giunto devono essere non ossidabili e assicurare, per tutto il ciclo di vita del prodotto, la rispondenza alle caratteristiche meccaniche, fisiche ed elettriche della presente specifica.

Il prodotto, una volta installato, non deve necessitare di manutenzione.

Ogni eventuale guaina termorestringente utilizzata deve garantire le prestazioni complessive del sistema di giunzione qui descritto, in particolare buona robustezza meccanica ed elevata impermeabilità ai liquidi e ai gas.

Sul sistema di giunzione devono essere riportate, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;

- il mese e l'anno di costruzione;
- il valore della coppia di serraggio (N\*m) (nel caso in cui il sistema di giunzione è composto anche da parti da avvitare).

### 3.10.29 GIUNTO PER TUBO CORRUGATO

Dispositivo che ha il compito di raccordare due tubi corrugati dello stesso diametro e di proteggere il giunto da intrusione di acqua e polvere.

Deve essere realizzato in PEAD, rispondente alla Normativa CEI EN 50086-2-4, per garantire che a varie temperature non esista differenza di ritiro fra il tubo ed il dispositivo.

Il raccordo deve essere realizzato con un accessorio esterno ai tubi, che deve anche garantire l'allineamento dei tubi stessi (è consentito un disallineamento dovuto soltanto alle tolleranze dei tubi giuntati), in modo che la luce interna dei due tubi raccordati sia completamente sgombra, cioè che non si formino gradini nel giunto.

Il sistema di giunzione deve essere realizzato con materiali che minimizzano l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Il prodotto, una volta installato, deve risultare ermetico e non necessitare di manutenzione. Deve avere inoltre una conformazione particolare, tale da fornire un'elevata resistenza alla trazione dei tubi raccordati.

Sul sistema di giunzione devono essere riportate, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione.

### 3.10.30 FLANGIA AD ESPANSIONE PER MONOTUBI

Elemento che ha lo scopo di bloccare la terna di monotubi  $f=50$  mm nei punti di imbocco dei tubi  $f=125$  mm lisci da sottoequipaggiare.

Deve essere formata da due elementi circolari in PVC del diametro adatto al tubo nel quale deve essere inserita (diametro massimo uguale a quello esterno del tubo), provvisti di 3 fori per il passaggio dei monotubi in PEAD. I due elementi devono essere separati da una guarnizione in gomma che consente la tenuta ermetica con il tubo e essere uniti tra loro da viti passanti a brugola. Il dispositivo deve avere una lunghezza massima di 60 mm.

La flangia deve contenere i monotubi in PEAD senza procurarne schiacciamenti e deve essere contenuta all'interno del tubo nel quale viene installata ed essere munita di un battente che funge da fine corsa durante l'inserimento.

Deve essere installata senza richiedere particolari attrezzature e deve poter essere rimossa e reinserita più volte, garantendo sempre l'ermeticità della struttura. Lo sforzo di sfilamento della flangia dal tubo deve essere = 500 N.

Il dispositivo deve essere realizzato con materiali che minimizzano l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Tutte le eventuali parti metalliche facenti parte della flangia non devono essere ossidabili e assicurare, per tutto il ciclo di vita del prodotto, la rispondenza alle caratteristiche meccaniche, fisiche ed elettriche della presente specifica.

Sulla superficie frontale esterna devono essere riportate, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, le seguenti indicazioni:

- il nome o la sigla/logo del costruttore;
- il mese e l'anno di costruzione.

### 3.10.31 NASTRO DI SEGNALAZIONE

Il nastro segnalatore ha la funzione di evidenziare la presenza di cavi e/o di manufatti posati in trincea.

Il nastro di segnalazione deve essere realizzato in polietilene di colore giallo (RAL 1023), inerte agli agenti alcalini ed acidi presenti nel terreno.

- Deve possedere le seguenti caratteristiche:
- costituzione tre strati coestrusi, senza uso di collanti;
- siglatura con scrittura indelebile (a Norma MIL M 81531);
- spessore  $0,138\text{mm} \pm 10\%$  (a Norma ASTM D 2103);
- larghezza  $150\text{ mm} \pm 10\%$ ;
- peso (misurato su 150 m)  $19,25 \pm 3\text{ g/m}$  (a Norma ASTM D 2113);
- densità  $= 0,93\text{ g/cm}^3$  (a Norma ASTM D 1248);
- temperatura di infragilimento  $-30\text{ }^\circ\text{C}$  (a Norma ASTM 746);
- resistenza alla lacerazione  $> 800\text{ g}$  in direzione longitudinale (a Norma ASTM D 1922);
- allungamento a rottura  $= 700\%$  in direzione longitudinale (a Norma ASTM D 882);
- carico a rottura  $= 20\text{ N/mm}^2$  in direzione longitudinale (a Norma ASTM D 882).

39

Il nastro deve risultare di aspetto omogeneo e di superficie liscia, esente da screpolature, ammanchi, inclusioni, o da qualunque altro difetto che possa comprometterne la funzionalità. La colorazione gialla di sicurezza deve risultare omogenea.

La siglatura deve risultare leggibile, con lettere di altezza  $23 \pm 2\text{ mm}$ , ripetibile ogni 80 cm al massimo e deve riportare le seguenti indicazioni:

“COMUNE DI GIOVINAZZO - Attenzione cavi in fibra ottica”.

### 3.10.32 MINICAVI OTTICI

I Minicavi devono essere posati con la tecnica del soffiaggio ad aria all'interno dei Minitubi.

Sono formati da un nucleo costituito da tubetti contenenti da 12 a 24 fibre.

I tubetti devono essere cordati ad elica aperta (SZ) sopra un elemento centrale costituito a seconda dei casi da :

- un filo metallico rivestito in vetroresina o in polietilene;
- vetroresina (cavi dielettrici)

L'intera struttura deve essere rivestita in LSZH (guaina non propagante la fiamma a bassa emissione di fumi opachi e gas tossici).

Si possono utilizzare i minicavi con guaina esterna LSZH di potenzialità superiore alle 72 fibre che prevedono l'utilizzo di fibre di tipo G.657 A2 con rivestimento primario (coating) da 200 µm.

Nei restanti minicavi si conferma l'utilizzo di fibre di tipo G.652 con rivestimento primario da 250 µm.

La posa con tecnica tradizionale di tiro a mano deve essere eccezionalmente consentita, solo per brevi tratte di lunghezza inferiore ai 50 mt.

Nelle Tabelle che seguono sono riportate le tipologie e le potenzialità dei cavi previsti:

Potenzialità del Cavo	Sigla Cavo/Protezioni	Diámetro esterno massimo LSZH (mm)	Numero di tubetti + riempitivi	N° Fibre per tubetto
24 FD	TOL6M 24 2(125M) T/M	7,5	2 tubetti + 4 riempitivi	12
48 FD	TOL6M 48 4(125M) T/M	7,5	4 tubetti + 2 riempitivi	12
96 FD	TOL6M 96 4(245M) T/M	7,8	4 tubetti + 2 riempitivi	24

Tipologia di minicavi con guaina LSZH (M) con elemento centrale metallico



Potenzialità del Cavo	Sigla Cavo/Protezioni	Diametro esterno massimo Polietilene (mm)	Numero di tubetti + riempitivi	N° Fibre per tubetto
24 FO	TOL6M 24 2(12SM) T/E	6,5	2 tubetti + 4 riempitivi	12
48 FO	TOL6M 48 4(12SM) T/E	6,5	4 tubetti + 2 riempitivi	12
96 FO	TOL6M 96 4(24SM) T/E	7,8	4 tubetti + 2 riempitivi	24

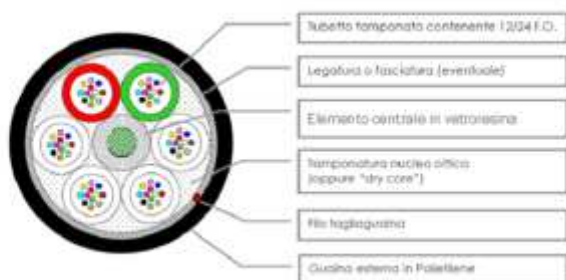
Tipologia di minicavi con guaina in polietilene con elemento centrale metallico

Potenzialità del Cavo	Sigla Cavo/Protezioni	Diametro esterno massimo LSZH (mm)	Numero di tubetti + riempitivi	N° Fibre per tubetto
24 FO	TOL6D 24 2(12SM) T/M	7,5	2 tubetti + 4 riempitivi	12
48 FO	TOL6D 48 4(12SM) T/M	7,5	4 tubetti + 2 riempitivi	12
96 FO	TOL6D 96 4(24G.657 A2) T/M	7,8	4 tubetti + 2 riempitivi	24

Tipologia di minicavi con guaina LSZH (M) con elemento centrale dielettrico

Potenzialità del Cavo	Sigla Cavo/Protezioni	Diametro esterno massimo Polietilene (mm)	Numero di tubetti + riempitivi	N° Fibre per tubetto
24 FO	TOL6M 24 2(12SM) T/E	6,5	2 tubetti + 4 riempitivi	12
48 FO	TOL6M 48 4(12SM) T/E	6,5	4 tubetti + 2 riempitivi	12
96 FO	TOL6M 96 4(24SM) T/E	7,5	4 tubetti + 2 riempitivi	24

Tipologia di minicavi con guaina in polietilene con elemento centrale dielettrico



### 3.10.33 MUFFOLA PER GIUNTI IN FIBRA OTTICA

La muffola deve poter essere installata all'interno di manufatti in cemento (cameretta, o pozzetto), all'interno di locali per terminazioni, manufatti in esterno (cassoni) e su palificazione.

La muffola deve essere realizzata in modo da consentire, sullo stesso lato, l'ingresso e l'uscita dei cavi primari e l'uscita dei cavi secondari.

Prerogativa principale della muffola è quella di permettere la gestione separata delle singole fibre (e quindi dei circuiti), mediante opportuni moduli di giunzione, eliminando così la possibilità di interferire su circuiti già in funzione durante le operazioni di reintervento, o di configurazione della rete.

La muffola è un componente soggetto a possibili interventi sia di ampliamento, sia di manutenzione; tale particolarità evidenzia la necessità di conoscere perfettamente il tipo di muffola da inserire in impianto.

Si possono classificare i seguenti tipi di muffole in funzione del loro utilizzo in impianto:

- muffola per giunto di linea, derivazione o per giunto pot-head;
- muffola per giunto di estrazione.

La muffola deve essere concepita come un sistema modulare con una configurazione base che può essere equipaggiata, in fabbrica, o direttamente in campo, con diversi moduli e/o accessori, per poter essere utilizzata nelle configurazioni elencate precedentemente.

La muffola, consiste quindi in un contenitore di materiale plastico, resistente agli urti, a tenuta stagna (IP 68 secondo EN 60529 ed IEC 529) che deve essere composta da:

- una base circolare con un sistema per la sigillatura dei cavi entranti e/o uscenti;
- un coperchio di chiusura;
- un sistema in grado di chiudere ermeticamente e permettere la riapertura di base e coperchio, senza l'uso di attrezzature specifiche, a garanzia di semplice ed immediata riaccessibilità; comunque per prevenire la possibilità di accesso da parte di personale non autorizzato ai moduli di giunzione contenuti all'interno della muffola, tale sistema deve essere predisposto per l'eventuale impiego di lucchetti, o sigilli, di sicurezza.

Il tutto deve essere espressamente concepito per garantire la protezione meccanica ed ambientale dei giunti su cavi in fibra ottica per installazione sotterranea.

La base della muffola deve incorporare un imbocco per l'attestazione di un cavo continuo (giunto di estrazione) ed almeno 6 imbocchi circolari per l'attestazione di cavi da giuntare (giunto di linea, pot-head e di derivazione), realizzati chiusi da stampo ed apribili, mediante taglio, in fase di installazione.

La base deve essere inoltre dotata di un contatto passante per il collegamento di terra delle armature dei cavi, se necessario.

La chiusura ermetica fra base e coperchio deve essere garantita da un'opportuna guarnizione in materiale indeformabile. Tale guarnizione deve essere rimovibile, per prevenire, durante le fasi di installazione e riaccesso alla muffola, ogni contaminazione della stessa con grasso, gel, polvere, o altri materiali, che possano pregiudicare la perfetta richiusura stagna.

Il coperchio di chiusura deve essere corredato di valvola per la verifica della tenuta pneumatica.

L'asportazione del coperchio deve mettere a giorno, completamente ed immediatamente accessibili, tutti i cablaggi ottici, i moduli necessari alla gestione delle singole giunzioni, gli eventuali dispositivi di diramazione dei cablaggi e quant'altro debba risultare facilmente accessibile durante i normali interventi di manutenzione e riconfigurazione della rete.

All'interno della muffola deve essere predisposto un telaio che consenta di assemblare, in modo modulare e flessibile, i vari moduli di giunzione necessari alle diverse configurazioni.

Tale telaio deve essere realizzato in modo da poter contenere e proteggere la ricchezza di fibra continua nel caso di giunto di estrazione.

Le singole fibre all'interno della muffola devono poter essere gestite singolarmente senza interferire su eventuali circuiti già in esercizio; pertanto, l'accesso alle singole giunzioni allocate nei moduli deve avvenire senza la necessità di manipolare, o rimuovere, i cablaggi.

Ogni modulo deve contenere la giunzione delle fibre facenti parte del singolo circuito, o del singolo elemento (tubetto) ed essere strutturato al suo interno in modo che la singola fibra sia protetta e guidata, al fine di garantire il costante rispetto del minimo raggio di curvatura, anche durante la manipolazione del modulo stesso.

Il modulo deve essere in grado di accettare eventuali sistemi di protezione delle giunzioni.

La muffola deve essere equipaggiata con gli opportuni accessori in grado di consentire la separazione (sfioccamiento) delle fibre appartenenti al singolo tubetto al fine di garantirne il corretto instradamento ai rispettivi moduli di giunzione, nel rispetto del raggio di curvatura minimo consentito e di una semplice installazione.

L'elemento centrale dei cavi, deve poter essere vincolato meccanicamente all'interno della muffola ed in grado di sopportare eventuali forze scaturite dal cavo stesso.

La muffola deve inoltre essere dotata di una presa stagna a 9 contatti con relativa spina accessibile dall'esterno, da utilizzare per la continuità dell'armatura dei cavi. Tale presa garantisce la tenuta stagna della muffola anche durante le operazioni di misura della continuità dell'armatura dei cavi.

La base ed il coperchio della muffola devono essere realizzati in soli due pezzi, mediante stampaggio di opportuno materiale plastico.

Lo stampo della base deve incorporare anche gli imbrocchi cavi. Tali imbrocchi devono essere realizzati chiusi da stampo e devono poter essere apribili, mediante taglio, in fase di installazione.

Per la sigillatura stagna ed il bloccaggio dei cavi deve essere utilizzata una guaina termorestringente.

L'utilizzo delle parti metalliche deve essere limitato al minimo indispensabile.

Eventuali parti metalliche devono essere comunque non ossidabili e devono assicurare, per tutto il ciclo di vita del prodotto, la rispondenza alle caratteristiche meccaniche, fisiche ed elettriche, idonee a soddisfare la presente specifica.

La sigillatura deve consentire l'identificazione del lotto di fornitura di ogni singolo componente della muffola.

All'interno della muffola devono essere riportate le seguenti indicazioni:

- numero del lotto, o numero di identificazione della serie di produzione (deve essere comunque riferito all'insieme di tutti i componenti del prodotto finito);

all'esterno:

- il nome e/o la sigla/logo del costruttore;
- il logotipo della Committente: "Comune di Giovinazzo: Telecomunicazioni".

La muffola è corredata degli opportuni accessori e materiali di consumo necessari per una corretta installazione:

- kit di bloccaggio e di attestazione del cavo continuo;
- kit di bloccaggio e di attestazione di un cavo;
- kit di bloccaggio e di attestazione di uno o più cavi utente;
- kit di predisposizione del secondo cavo su imbocco circolare;
- sistema di supporto.

Il modulo di giunzione deve essere ospitato all'interno delle muffole e dei cassette ottici. Deve essere realizzato in modo tale da contenere e proteggere la ricchezza delle fibre ottiche, le giunzioni fra le fibre ottiche e le fibre ottiche continue.

Il modulo di giunzione deve essere studiato e realizzato anche per poter alloggiare, ove necessario dispositivi ottici passivi.

Il modulo di giunzione deve poter essere montato con un sistema a cerniera su apposite piastre predisposte all'interno dei componenti il sistema.

I moduli devono poter essere montati singolarmente, o in gruppi preassemblati di più moduli (pacchetto), consentendo in ogni caso la rimozione del singolo modulo dalle piastre.

Il sistema a cerniera deve far ruotare il modulo in modo tale da consentire un facile accesso ai giunti ed alla ricchezza delle fibre ottiche conservate all'interno del modulo.

Il modulo deve poter alloggiare una ricchezza di fibra di almeno 3 metri, in modo tale da consentire un'agevole operatività in fase di giunzione ed il rifacimento di almeno 12 giunzioni.

Il raggio minimo di curvatura delle fibre ottiche deve essere di 30 mm.

Il modulo deve poter consentire la gestione del singolo circuito, o qualora necessario, del singolo elemento (tubetto).

I moduli devono poter alloggiare qualsiasi tipo di giunto, sia esso a fusione, o meccanico.

Il modulo di giunzione deve essere ottenuto per stampaggio di opportuno materiale termoplastico autoestinguento di Classe V0.

Deve essere possibile identificare il lotto di produzione mediante opportuna siglatura del modulo di giunzione. Per l'installazione dei moduli di giunzione devono essere disponibili i necessari accessori.

### 3.10.34 ARMADI DI TERMINAZIONE

Gli armadi rack 19" devono avere una struttura a parallelepipedo, simmetrico rispetto al proprio asse, con porte e pareti a filo struttura, in modo da permettere un accoppiamento laterale e anteriore/posteriore illimitato. La reversibilità dell'apertura delle porte e la possibilità di allocazione delle stesse su tutti i lati non devono porre limiti alle configurazioni possibili.

Le dimensioni richieste per gli armadi rack 19" sono di seguito elencate:

- armadio da 25 unità rack 1200 mm <= H <= 1300 mm L = 600 mm P = 600 mm
- armadio da 42 unità rack 2150 mm <= H <= 2200 mm L = 600 mm P = 600 mm

Norme di riferimento

- IEC 297-1 - Passo di foratura 19";

- UNI EN 12150-1: 2001 - Prova di frammentazione del vetro;
- UNI EN 1288-3 - Vetro temprato;
- Grado di protezione: Protezione IP20 a norma EN 60529 (idoneo all'impiego in ambiente interno).

## Materiali

Gli armadi rack devono possedere le caratteristiche di seguito riportate:

- struttura portante in lamiera d'acciaio, spessore 2 mm, totalmente smontabile, composta da quattro piantane angolari con forature per fissaggio ripiani o altri accessori, tetto e fondo giuntati e imbullonati;
- tetto in lamiera d'acciaio, spessore 1,5 mm, con apertura per il passaggio cavi con chiusura a scorrimento;
- ulteriore apertura 19" chiusa da pannelli ciechi;
- possibilità di inserire (dall'esterno) uno o due gruppi di ventilazione forzata;
- fondo in lamiera d'acciaio, spessore 1,5 mm, con apertura per il passaggio cavi con chiusura a scorrimento;
- forature anteriori e posteriori per aerazione passiva
- perni "prigionieri" M6 di messa a terra sul tetto e sul fondo;
- montanti 19";
- apposito spazio di grandezza 19" per l'alloggiamento delle canaline di alimentazione: ciò allo scopo di avere le canaline di alimentazione in una posizione comoda senza occupare spazio nella parte frontale o posteriore del cablaggio;
- verniciatura (previo idoneo trattamento fosfatico, atto a garantirne l'adesione) di tutti i moduli eseguita con polvere termoindurente epossidica atossica, con aspetto liscio opaco (spessore medio del rivestimento 60 µm), di colore grigio RAL 7035; la verniciatura deve essere • predisposizione per la messa a terra;
- n° 3 multiprese per armadio rack 19" equipaggiate con 6 prese Universali/Shuko e magnetotermico AC, 2P+T,16A , 4,5KA Curva C;
- n°2 ventole da 150 mc/h da installare sul tetto dell'armadio.

#### Caratteristiche tecniche porta anteriore:

- a filo armadio, composta da due profili verticali in lamiera d'acciaio di spessore 1,2 mm, lastra di vetro temprato di sicurezza trasparente di spessore 4 mm incollata e imbullonata alla cornice metallica;
- tutti i cristalli utilizzati devono risultare sottoposti al processo di tempra termica; il vetro impiegato deve essere rispondente ai criteri di sicurezza vigenti in materia verso le persone; in particolare il prodotto dovrà essere rispondente alla normativa UNI 7142-(88) "Vetri temprati per edilizia e arredamento";
- perno "prigioniero" M6 di messa a terra di maniglia a leva a scomparsa nera, con il foro della chiave coperto;
- chiavi d'apertura unificate a tutte le altre serrature degli armadi dell'intero lotto di fornitura;
- tipo asportabile (con cerniere a molla), apertura superiore ai 90° e con totale reversibilità (installabile indifferentemente con apertura destra o sinistra); possibilità di installazione della porta su tutti i lati e spostamento anche dopo cablaggio

#### Caratteristiche tecniche porta posteriore:

- a filo armadio, in lamiera d'acciaio forata per l'aerazione naturale, spessore 1 mm;
- perno "prigioniero" M6 di messa a terra di maniglia a leva a scomparsa nera, con il foro della chiave coperto;
- chiavi d'apertura unificate a tutte le altre serrature degli armadi dell'intero lotto di fornitura;
- tipo asportabile (con cerniere a molla), apertura superiore ai 90° e con totale reversibilità (installabile indifferentemente con apertura destra o sinistra); possibilità di installazione della porta su tutti i lati e spostamento anche dopo cablaggio.

#### Caratteristiche tecniche dei montanti:

- in lamiera di acciaio zincata di spessore di 3 mm successivamente protettatramite zincatura bianca, finalizzata alla conduttività elettrica;
- muniti di una doppia foratura per contenere i dadi a gabbia e in modo che i dadi siano posizionabili a passo su tutta la profondità dell'armadio;
- posizionati e ancorati ad apposite barre di distribuzione delle forze, in modo da permettere un carico ammissibile dell'armadio pari a 450 Kg distribuito sui 4 montanti;

- regolabili in modo che il loro posizionamento più esterno anteriore/posteriore permetta l'ancoraggio di guide telescopiche di server profondi fino a 730 cm.

### 3.10.35 CASSETTI DI GIUNZIONE E TERMINAZIONE

I cassette MOC da 19", devono:

- essere costruiti in lamiera da 15/10, preferibilmente di colore grigio RAL 7035 bucciato
- avere le alette di fissaggio che permettano l'aggancio anche su montanti posteriori;
- presentare i manicotti disposti su un'unica fila orizzontale a vista
- essere equipaggiato con due schede di giunzione in grado di ospitare 12 giunzioni per scheda e i relativi porta giunti;

In corrispondenza di ogni manicotto deve essere visibile la numerazione (1, 2, ..., 24) sulla parte frontale deve essere ben visibile la scritta "MAN COMUNE DI GIOVINAZZO" e ci deve essere lo spazio per eventuali etichettature.

48

Il MOC deve potere essere installato all'interno di armadi rack 19" in modo che la posizione dei manicotti risulti sufficientemente arretrata rispetto alla superficie della porta chiusa dell'armadio; in pratica, la distanza lineare minima che deve intercorrere tra il punto più vicino della porta chiusa dell'armadio rack e il manicotto deve risultare 50mm.

Presso le sedi i MOC da fornire devono essere in grado di ospitare i moduli di giunzione e terminazione di capacità pari a 24/48/96/144 connettori SC, precaricato con 24/48/96/144 connettori SC e altrettante semibretelle preconnettorizzate SC.

La scheda di giunzione da alloggiare all'interno del "MOC" di terminazione deve essere realizzata in modo tale da contenere e proteggere:

- la ricchezza delle fibre;
- la giunzione fra le fibre;
- le fibre continue



deve essere predisposta per il montaggio con un sistema a cerniera; se montate sovrapposte all'interno del MOC con la possibilità di apertura a libro, la scheda deve essere chiusa con l'apposito coperchio e fissata con cerniere idonee.

La scheda di giunzione deve poter alloggiare una ricchezza di almeno 1,5 metri di fibra singola in modo da consentire un'agevole operatività nell'esecuzione delle giunzioni e il rifacimento delle stesse per almeno 10 volte; deve essere equipaggiata con n. 2 porta-giunti in nylon per fissare le giunzioni delle fibre; ogni porta giunti deve essere predisposto per n. 6 giunzioni.

La scheda di giunzione deve essere realizzata per stampaggio in materiale termoplastico e deve essere indicato il nome del costruttore, la data di produzione e il tipo di materiale utilizzato.

Ogni elemento deve essere opportunamente etichettata secondo quanto prescritto dalla Committente.

#### Passacavi

I passacavi servono per la dispersione della ricchezza delle bretelle ottiche e vanno posizionati sotto ai "MOC", nella misura di uno ogni due MOC.

Nel caso in cui siano previsti uno o due MOC per armadio, è necessario posare comunque n. 1 dispersore.

I dispersori devono possedere le seguenti caratteristiche:

- struttura in lamiera d'acciaio, spessore 2,00 mm;
- altezza 1 unità rack con 4 asole per fissaggio su telai da 19" con viti M6
- quattro punti per dispersione fibre con l'accesso superiore aperto
- verniciatura a polvere RAL 7035 bucciata

## 4 SPECIFICHE TECNICHE E MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLA RETE OTTICA

### 4.1 SEDI DI POSA

Le sedi di posa delle infrastrutture sotterranee per le telecomunicazioni costituite da tubi e relative al presente appalto sono le seguenti:

- trincee realizzate con scavi tradizionali;
- minitrincee delle dimensioni interne di 10-12 cm di larghezza e di 35/40 cm di profondità;
- perforazioni sotterranee;
- tubazioni e cunicoli esistenti.
- pareti esterne di ponti e viadotti.
- pareti di edifici

Durante i lavori di disfacimento scavo e rinterro, e durante la posa delle infrastrutture devono essere osservate tutte le disposizioni di cui al Nuovo Codice della Strada e le seguenti prescrizioni:

- attenersi alle Norme ai Regolamenti ed alle disposizioni degli Enti per quanto riguarda la durata di esecuzione delle opere;
- rispettare, nelle interferenze con altri servizi, sia le prescrizioni impartite dall'Ente proprietario della strada sia le Leggi e Normative vigenti;
- assicurare la continuità della circolazione stradale con mezzi idonei, mantenere la disponibilità dei transiti e degli accessi carrai e pedonali nel rispetto delle norme di sicurezza, collocare in posizione ben visibile gli sbarramenti protettivi e tutele segnalazioni stradali previste dal Nuovo Codice della Strada;
- rilevare la posizione di cippi o di segnali indicatori orizzontali e verticali allo scopo di poter assicurare, successivamente, la loro rimessa in sito con esattezza;
- porre in atto ogni altro provvedimento impartito dalla Direzione Lavori, dalle Prescrizioni degli Enti interessati, anche per un adeguato periodo di tempo successivo alla ultimazione delle opere e fino al collaudo;
- sorreggere opportunamente i cavi, le tubazioni ed ogni altra opera di terzi che risultino interessate dallo scavo e provvedere alla loro definitiva sistemazione nello stato in cui sono stati trovati;
- mantenere la disponibilità di accesso ai servizi esistenti evitando per quanto possibile, di posizionare l'infrastruttura sopra altre infrastrutture preesistenti.

## 4.2 SCAVO TRADIZIONALE

### 4.2.1 DISFACIMENTI DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI

I disfacimenti devono essere limitati alla superficie strettamente indispensabile per l'esecuzione degli scavi e devono essere condotti in modo da ridurre al minimo gli oneri per i ripristini; si deve perciò ricorrere, ove possibile, all'impiego di idonei mezzi meccanici (es. frese, macchine a lame rotanti, ecc.) per il disfacimento della pavimentazione e del relativo sottofondo.

I mezzi utilizzati per i disfacimenti, gli scavi, i rinterri, devono essere tali da non danneggiare, ne durante il loro spostamento ne durante l'esecuzione delle opere, il manto stradale (ad es. i mezzi cingolati devono essere provvisti di appositi pattini gommati).

Deve essere assicurata la massima riutilizzabilità degli elementi di pavimentazione disfatta, in particolare i materiali recuperati e reimpiegabili, come basoli, selci, cubetti di porfido o simili, devono essere accatastati a parte in modo da poter essere reimpiegati all'atto del ripristino. Quando esigenze di traffico o di sicurezza lo richiedano si deve provvedere all'allontanamento dei suddetti materiali dai bordi dello scavo ed al loro successivo ritrasporto in sito.

### 4.2.2 SCAVI

Prima di avviare le operazioni di scavo si devono effettuare le indagini preliminari per l'individuazione dei sottoservizi esistenti.

Gli scavi devono essere eseguiti con i mezzi più idonei ed in relazione alle caratteristiche ambientali, alla stratigrafia del terreno ed ai servizi presenti nel sottosuolo nonché alla tipologia dell'impianto. La larghezza dello scavo deve essere la più stretta possibile e deve essere dimensionata alla conformazione del pacco tubi. Quando vi sia pericolo di frane lo scavo deve essere convenientemente armato. Il fronte dello scavo deve essere, di norma, di lunghezza tale da poter essere richiuso al termine della giornata lavorativa. La profondità dello scavo deve essere mantenuta il più possibile costante in modo da evitare bruschi cambi di pendenza. Gli attraversamenti stradali, quando non sia autorizzata la chiusura al traffico, devono essere condotti in modo tale che rimanga sempre disponibile, per la circolazione del traffico, una sufficiente porzione della sede stradale; negli attraversamenti stradali l'infrastruttura di tubi deve essere posata, di norma, direttamente in trincea senza tubi camicia. Allo scopo di evitare la posa di pozzetti non necessari, gli attraversamenti stradali devono essere realizzati con angolo non inferiore a 60° rispetto all'asse stradale.

Gli scavi in adiacenza ad alberature e l'eventuale estirpazione di siepi e radici devono essere sempre autorizzate dagli eventuali Enti preposti. Gli scavi di profondità superiore a 150 cm devono essere eseguiti nel rispetto del D. Lgs. 81/2008 in merito alla tutela dei lavoratori che operano nello scavo stesso.

Pertanto si dovrà provvedere ad allargare convenientemente la trincea e ad armare le pareti della stessa, al fine di permettere l'agibilità negli scavi degli operatori e la sicurezza per eventuali smottamenti.

Si devono mettere in atto tutti i provvedimenti (opere provvisorie incluse) al fine di garantire la stabilità degli impianti di terzi presenti nello scavo e nelle sue immediate vicinanze.

Gli scavi devono essere mantenuti asciutti, se occorre con l'uso di pompe; il materiale scavato deve essere collocato regolarmente lungo lo scavo stesso, lasciando la banchina praticabile. Eventuali guasti riscontrati o provocati, nonché le fughe e le infiltrazioni da vicine condotte di gas o di acqua devono essere segnalati immediatamente agli Enti interessati, per i provvedimenti del caso.

Tutti i materiali non riutilizzabili provenienti dai disfacimenti e/o dagli scavi devono essere trasportati alle discariche autorizzate.

Al fine di garantire la corretta protezione meccanica delle infrastrutture sotterranee, gli scavi devono consentire, di norma, i seguenti estradossi minimi:

- per scavi su marciapiede 30-40cm;
- per scavi longitudinali e trasversali su carreggiata 50-60 cm;

Resta comunque l'obbligo di rispettare l'altezza degli estradossi e/o le profondità di scavo prescritte nei disciplinari e/o negli atti di assenso emessi dal proprietario della strada.

Il fondo dello scavo deve essere accuratamente spianato e privato di sassi o spuntoni. Sul fondo dello scavo, per la posa di tubi di qualsiasi tipo e tritubi, occorre predisporre un letto di sabbia o inerti a granulometria molto fine.

#### **4.2.3 RINTERRI DEGLI SCAVI E RIPRISTINI**

Per operazioni di rinterro si intendono il riempimento degli scavi effettuati, in tutto od in parte, con materiale di risulta, sabbia, materiale inerte o stabilizzato, conglomerati in calcestruzzo e/o bituminosi, ecc.

Salvo diversa disposizione del proprietario della strada ed al fine di evitare successivi cedimenti, il materiale di rinterro, sia esso terra proveniente dallo scavo sia materiale inerte, deve essere accuratamente costipato in strati successivi di circa 20 cm con mezzi idonei, (vibrocostipatrici, compattatori, ecc)..

Qualora la parte superiore dello scavo debba essere riempita con conglomerati in calcestruzzo e/o bituminosi e tale operazione, su richiesta del proprietario della strada, non venga effettuata immediatamente, il riempimento totale dello scavo deve essere eseguito fino al livello del piano stradale (con terra di risulta o inerte) in modo da evitare avvallamenti o rilievi pericolosi per la pubblica incolumità. Il successivo riempimento della parte superiore deve essere effettuato con la preventiva realizzazione di un

idoneo cassonetto, trasporto del materiale di risulta alle discariche, e successiva posa degli strati di conglomerato cementizio o bituminoso previsto.

### 4.3 PERFORAZIONI SOTTERRANEE

Al fine di facilitare il rilascio di permessi da parte degli Enti proprietari e qualora non sia possibile o conveniente eseguire gli scavi a cielo aperto, si devono adottare tecniche posa “no-dig”.

Col termine “no-dig” si comprendono le tecniche di messa in opera di tubi nuovi, riparazione e riabilitazione di tubi esistenti ed ispezione di infrastrutture sotterranee mediante macchine e robot senza la necessità di scavare a cielo aperto.

Limitatamente alla messa in opera di infrastrutture sotterranee le tecniche esistenti possono essere raggruppate in tre categorie:

- Directional drilling (trivellazione guidata)
- Rod pusher ( spingitore di aste)
- Impact moling ( talpa a percussione)

La scelta del tipo di macchina da impiegare è correlata alla natura del terreno, alla tipologia del tracciato di posa, ed al tipo di infrastruttura da realizzare.

Tali mezzi possono operare sia per la costruzione di attraversamenti (strade, ferrovie, fiumi, ecc.) sia per la perforazione longitudinale.

Con tale soluzioni si possono realizzare perforazione di superiori anche ai 150 metri in dipendenza della natura del terreno.

Al fine di effettuare perforazioni sotterranee per la posa di infrastrutture è necessario effettuare una indagine georadar del sottosuolo per verificare la natura del terreno, la presenza di sottoservizi, ecc.

## 4.4 MINITRINCEA

La minitrincea è costituita da un taglio, da eseguire sulla carreggiata stradale o sui marciapiedi, delle dimensioni interne di circa 10-12 cm di larghezza e di 36-40 cm di profondità.

I tubi o il tritubo devono essere del tipo in polietilene ad alta densità del diametro esterno di 50 mm. Allo scopo di assicurare un estradosso costante i tubi dovranno essere fermati sul fondo della minitrincea assicurandosi che con la posa della malta aerata non subiscano la spinta verso l'alto.

La minitrincea dovrà essere sempre riempita con malta cementizia aerata, la quale, dato il grado di liquidità, infiltrandosi nelle pareti e sul fondo dello scavo ricrea con l'indurimento, che avviene in circa 12 ore, una totale coesione della minitrincea con il corpo stradale esistente, tale da rendere impossibili sgranamenti e/o cedimenti della struttura stradale.

Il riempimento della minitrincea con tale soluzione deve restituire alla strada la compattezza e l'elasticità iniziale.

La formazione della minitrincea deve essere effettuata con una apposita macchina fresatrice/escavatrice a ruota che effettua sia il taglio del manto superficiale sia lo scavo alla profondità di 36/40 cm

Le prime operazioni da effettuare sul tracciato devono essere quelle di ricerca presso Enti e Aziende che possiedono reti tecnologiche nel sottosuolo, e l'indagine georadar di campo al fine di accertare la tipologia ed il posizionamento delle reti di sottoservizi esistenti fino a 60-80 cm di profondità.

L'operatività dell'intervento deve essere la seguente:

- esecuzione, sul tracciato, di indagine georadar di campo al fine di evidenziare i sottoservizi esistenti fino a 60 cm di profondità, oltre ad una preventiva ricerca presso Enti e aziende di ulteriori notizie circa l'esistenza di sottoservizi nella tratta dell'intervento;
- taglio e scavo della carreggiata effettuato con apposita macchina fresatrice/escavatrice a ruota che effettua il taglio e l'asportazione del materiale fresato ai lati della minitrincea;
- eventuale formazione del pacco tubi affasciato con fascette di plastica ogni 2-3 metri (la fascettatura deve essere morbida al fine di permettere alla malta aerata di penetrare fra i tubi);
- posa del pacco tubi o del tritubo sul fondo della minitrincea e arpionaggio dello stesso sul fondo dello scavo;

- riempimento dello scavo, fino a 3 cm dal piano di calpestio, con malta cementizia aerata composta da aggregati selezionati e lavati (granuli di sabbia fino a 6 mm.) del tutto privi di sostanze reattive dannose o materiali terrosi, tenuti insieme da una matrice di pasta di cemento;
- scarifica per la larghezza di 1 m del tracciato interessato dalla minitrincea allo scopo di livellare il fondo e pulire i bordi dello scavo, da effettuarsi dopo l'indurimento del riempimento che avviene entro le 12-24 ore;
- riscaldamento dei bordi dello scavo con apposita fiaccola e posa di emulsione bituminosa liquida a caldo;
- posa del tappeto di usura, dello spessore compreso di 3 cm e per la larghezza di 1 m, posato a caldo in modo da assicurare un perfetto attacco del vecchio tappeto di usura con il nuovo;
- eventuale rifacimento della linea di demarcazione della carreggiata e della segnaletica orizzontale.
- La malta aerata deve presentarsi omogenea, compatta e priva di segregazioni o di essudazione, con consistenza variabile da fluida a autolivellante con slump superiore a 25 e additivata con un colorante rosso ruggine (ossido di ferro) nella misura di 4 kg/mc (al fine di facilitare agli operatori che operano sulle strade la visibilità dell'infrastruttura).

## 4.5 POSA DI MONOTUBI E TRITUBI

I tubi devono essere posati su un letto di sabbia o altri inerti a granulometria molto fine. Lo scavo deve essere il più lineare possibile e presentare un piano d'appoggio regolare. Deve essere prevista la posa di monotubi o tritubi in accordo a quanto specificato nel progetto, eventualmente organizzati in terne distanziate tra loro tramite apposite sellette in materiale plastico. Le sellette dovranno essere posate distanziate tra loro non più di 1,5 m con la prima selletta posata a ridosso dell'ingresso ai pozzetti. Sarà cura dell'appaltatore assicurarsi che durante la posa i tubi rimangano allineati all'asse stradale in modo da evitare rotazioni. La giunzione dei tubi deve avvenire mediante apposito sistema di giunzione coerente con la presente Specifica Tecnica.

All'interno di ogni singolo tubo deve essere posato un cordino di tiro in nylon (spessore 3 mm) necessario alla futura posa del cavo. Il cordino di tiro non sarà posato qualora si preveda la posa ad acqua o aria.

All'estremità di ogni tubo deve essere inserito il dispositivo di chiusura del tipo intero espandibile il quale disporrà di un apposito occhiello per la legatura del cordino di tiro.

Per segnalare la presenza dell'infrastruttura deve essere posato ad una profondità di 30 cm un nastro di segnalazione con il logo previsto

#### **4.6 POSA DI MINITUBI ALL'INTERNO DI MONOTUBI, TRITUBI E INFRASTRUTTURE ESISTENTI**

La messa in opera dei minitubi non richiede l'utilizzo di particolari attrezzi diversi da quelli solitamente in dotazione per le normali attività di posa dei cavi;

si ritiene tuttavia utile evidenziare le seguenti attrezzature:

- sonda pilota idonea;
- dispositivo per il tiro dei minitubi;
- corde di tiro;
- argano (per tratte brevi può non essere utilizzato).

Il dispositivo di tiro per i minitubi singoli e multipli, deve permettere di distribuire la forza determinata dal tiro in maniera uniforme su tutti i minitubi interessati alla posa.

Per ottenere un funzionale e corretto inserimento dei minitubi nelle infrastrutture, occorre eseguire delle operazioni preliminari di seguito elencate:

- svuotamento dei manufatti dalla presenza di acqua;
- ove necessario effettuare la pulizia del tubo esistente;
- ove non presente predisporre il cordino di tiro da posare mediante l'ausilio di sonde;

La posa dei minitubi in tubi esistenti può essere eseguita mediante tiro manuale (per tratte brevi), oppure mediante l'ausilio di argano a motore purché sia sempre rispettato il carico di trazione massimo raccomandato di 150 N.



La posa dei minitubi deve essere eseguita possibilmente senza giunzioni all'interno di ogni manufatto.

Nel caso di impossibilità di posa dei minitubi in una tratta compresa tra due pozzetti si deve intervenire nel punto di criticità intercettando l'infrastruttura e posando in tale punto un pozzetto intermedio. Quando è necessaria l'estrazione di uno o più minitubi da un Fender, dopo aver tagliato i minitubi, bisogna realizzare la giunzione nel tratto di minore piegatura del minitubo.

I minitubi sono forniti su bobine ed il carico e scarico deve avvenire con modalità e attrezzature idonee. Al fine di garantire il rispetto delle norme di sicurezza, l'integrità dei minitubi e dell'infrastruttura interessata, la posa deve essere eseguita seguendo le operazioni elencate:

- aprire i chiusini dei manufatti necessari alle operazioni di posa;
- posizionare le bobine contenenti i minitubi in prossimità del manufatto di partenza in modo tale che l'asse di rotazione risulti perpendicolare rispetto all'asse longitudinale del manufatto stesso e in modo che i minitubi conservino, durante lo svolgimento, lo stesso senso di curvatura delle spire avvolte in bobina;
- predisporre eventuali dispositivi dedicati per consentire il tiro dei minitubi sia all'esterno che all'interno delle infrastrutture;
- predisporre il dispositivo per il tiro che garantisce anche la chiusura dei minitubi al fine di evitare l'ingresso di liquami e corpi estranei;
- predisporre la fune di tiro nel tubo interessato alla posa dei minitubi (canapa o nylon per posa a mano, acciaio per posa con argano);
- eseguire l'inserimento dei minitubi all'interno del tubo. Per facilitare lo scorrimento, possono essere usati idonei lubrificanti da applicare sia sulla superficie dei minitubi sia all'interno del tubo. Il lubrificante deve garantire i seguenti requisiti:
  - atossicità;
  - non essere corrosivo;
  - avere caratteristiche di volatilità per non lasciare residui od incrostazioni una volta essiccato.
- eseguire il tiro necessario alla posa dei minitubi.

Le operazioni di posa devono essere condotte con particolare accortezza evitando brusche piegature, schiacciamenti, abrasioni etc. e rispettando i raggi di curvatura minimi dei minitubi.

Le operazioni di posa dei minitubi devono avvenire nel rispetto delle indicazioni previste in materia di sicurezza, traffico e rispetto ambientale.

Per la posa del Fender, valgono le stesse operazioni di posa del minitubo

#### **4.7 POSA DEI MINITUBI IN TRINCEA**

Lo scavo per la posa dei minitubi in trincea può essere realizzato con le tecniche tradizionali o mediante la tecnica della minitrincea sia tradizionale che ridotta. I minitubi sono forniti su bobine ed il carico e scarico deve avvenire con modalità e attrezzature idonee. La posa dei minitubi in trincea deve essere realizzata operando all'esterno dello scavo, accompagnando manualmente i minitubi durante la posa e deve essere eseguita senza giunzioni all'interno di ogni manufatto tranne nelle situazioni già previste negli altri paragrafi.

Prima di iniziare la posa dei minitubi il fondo dello scavo deve essere accuratamente spianato, compattato e reso privo di asperità e di oggetti cuneiformi che potrebbero danneggiare l'infrastruttura di nuova posa. Al fine di preservare nel tempo questa infrastruttura da possibili schiacciamenti e/o rotture, ove siano previsti riempimenti con materiali asciutti (sia stabilizzati con cemento che non stabilizzati), è necessario predisporre sul fondo dello scavo un letto di sabbia spianato di almeno 5 cm su cui adagiare i minitubi avendo cura poi, in fase di chiusura dello scavo, di ricoprire i minitubi sempre con sabbia per almeno 5 cm di estradosso prima di completare la chiusura dello scavo con il materiale di riempimento idoneo.

Nel caso in cui la trincea venga realizzata con la tecnica della minitrincea ridotta, la qualità della trincea è già idonea e non richiede la predisposizione del letto e della ricopertura di sabbia.

Prima della posa sul fondo dello scavo le teste dei tubi devono essere chiuse con gli appositi tappi che verranno tolti solo prima della posa del cavo.

Al fine di garantire il rispetto delle norme di sicurezza, l'integrità dei minitubi e dell'infrastruttura interessata, la posa deve essere eseguita seguendo le operazioni elencate:

- aprire i chiusini dei manufatti necessari alle operazioni di posa;
- posizionare le bobine contenenti i minitubi in prossimità del manufatto di partenza in modo tale che l'asse di rotazione risulti perpendicolare rispetto all'asse longitudinale del manufatto stesso e in modo che i minitubi conservino, durante lo svolgimento, lo stesso senso di curvatura delle spire avvolte in bobina;

- nel caso il manufatto di partenza sia una cameretta, occorre posizionare le bobine sul lato in cui verranno infilati i minitubi per consentire l'ingresso nel torrino senza curvature eccessive;
- predisporre eventuali dispositivi (ruotismi esterni) per consentire un più agevole tiro dei minitubi;
- eseguire il tiro dei minitubi accompagnandoli manualmente durante la posa e adagiandoli nello scavo.

Non è consentita la posa promiscua di Bundle e Fender all'interno della stessa infrastruttura.

I minitubi, Fender/Bundle devono essere posati sul fondo dello scavo in posizione orizzontale parallelamente al piano stradale; in caso di posa multipla di minitubi singoli e Fender o minitubi singoli e Bundle le strutture devono essere mantenute compatte ricorrendo a nastratura ogni circa tre metri lungo tutta la posa avendo cura di posizionare i minitubi singoli al di sopra dei Bundle o Fender.

Nel caso di minitrincea ridotta per quanto possibile i Fender/Bundle devono essere posati in posizione verticale.

Le strutture di minitubi devono accedere ai manufatti, sia esistenti che di nuova posa, tramite uno spezzone di monotubo di diametro variabile in funzione del numero di minitubi e, all'interno del quale vengono posizionati i minitubi. Bisogna prevedere quando si ritiene necessario l'utilizzo dell'elemento di tenuta tra tubi e minitubi al fine di evitare l'ingresso di terreno e/o altro materiale nel manufatto attraverso il monotubo stesso. I monotubi devono essere installati secondo le prescrizioni specifiche con l'indicazione aggiuntiva che essi devono entrare nel manufatto paralleli fra loro, perpendicolari alla parete e per una lunghezza all'interno del manufatto non superiore a 10 cm (5 cm per i pozzetti 50X50), al fine di facilitare l'applicazione degli elementi di tenuta fra tubi e minitubi e la gestione dei minitubi all'interno del pozzetto.

Al termine delle operazioni sopra descritte i minitubi dovranno essere puliti con cura all'ingresso del manufatto per permettere l'inserimento di eventuali elementi di tenuta tra tubi e minitubi.

Nel caso di giunzione (diramazione pezzatura ecc.) di minitubi singoli e multipli (Bundle/Fender) non è necessario installare un nuovo pozzetto ma le giunzioni devono essere realizzate direttamente interrate senza nessuna ulteriore protezione.

Nel caso di estrazione di un minitubo dalla dorsale principale è necessario operare nel seguente modo:

- in caso di dorsale costituita da minitubi singoli, i minitubi estratti devono essere lasciati continui;
- in caso di dorsale costituita da Fender/Bundle i minitubi estratti devono essere tagliati e opportunamente giuntati, direttamente in trincea, con i minitubi che serviranno il ramo diramato.

Le operazioni di posa devono essere condotte con particolare accortezza evitando brusche piegature, schiacciamenti, abrasioni etc. e rispettando i raggi di curvatura minimi e devono avvenire nel rispetto delle indicazioni previste in materia di sicurezza, traffico e rispetto ambientale.

#### **4.8 SISTEMAZIONE DEI MINITUBI NEI MANUFATTI**

I minitubi devono essere sistemati per quanto possibile sul fondo del pozzetto verso la parete avendo cura di rispettare i raggi di curvatura che non devono essere mai inferiori ai limiti previsti, ed inoltre devono consentire l'ubicazione e la manovrabilità nel manufatto di eventuali muffole o scorte con o senza dispositivi di protezione.

Nel caso di posa nei cunicoli o gallerie praticabili e nelle intercapedini, i minitubi devono essere posati nei seguenti modi:

- sottoequipaggiando i tubi esistenti all'interno di canalette in VTR 80x80mm o 50x50mm precedentemente predisposte e chiudendo i tubi con gli elementi di tenuta tra tubo e minitubi;
- posando direttamente i minitubi nelle canalette e predisponendo all'ingresso e alla fine della canaletta i seguenti elementi:
  - l'apposito accessorio di chiusura delle canalette;
  - uno spezzone di tubo Ø 50 da inserire nell'accessorio di chiusura;
  - l'elemento di tenuta tra tubo e minitubo per la chiusura dello spezzone di tubo.

Nel caso di cunicoli ad uso esclusivo di cavi telefonici in cui sia già presente un supporto continuo (es. ripiani) i minitubi devono essere sistemati all'interno di una canaletta di nuova posa installata sul ripiano

#### **4.9 POSA DI CANALETTE PER IL SUPERAMENTO DI PONTI E VIADOTTI**

In corrispondenza di ponti e viadotti e comunque, appurata l'impossibilità di eseguire lo scavo, Si poserà il Monotubo/Tritubo/Minitubo entro una canaletta in Vetroresina/Acciaio zincato delle dimensioni opportune, ancorate al manufatto mediante staffe in ferro munite di tasselli ad espansione e fissate ad interasse pari a 100 cm.

Per esigenze strutturali del manufatto, la canalette potranno essere sorrette da mensole alle quali vanno fermate con apposite staffe.

Ultimata la posa dei fondi delle canalette, i tubi verranno adagiati all'interno delle stesse procedendo successivamente alla messa in opera dei coperchi sfalsandoli rispetto ai fondi per irrigidire maggiormente l'intera struttura.

I due elementi delle staffe verranno fissati per mezzo di bulloni e dadi.

Alle estremità del manufatto, la canaletta verrà prolungata fino ad arrivare alla normale profondità di posa dei tubi in trincea e protetta con un getto in calcestruzzo in modo che formi un corpo omogeneo con la spalletta del ponte per almeno due metri per lato.

Alle estremità dei ponti, solo nel caso in cui si ritiene fondata l'eventuale danneggiamento dovuto da incendi, si tratteranno le canalette in acciaio zincato con vernice intumescente e rivestite, internamente, con materiale termoisolante per una lunghezza tale da raggiungere un'altezza dal suolo di circa 4 m.

Nel caso in cui durante le lavorazioni si appurerà, in presenza di ponti prefabbricati o canali, l'impossibilità di impiegare staffe e tasselli, si predisporranno tubi in ferro tipo Mannesman da collocare tra una trave e l'altra forando la spalla del ponte in prossimità della muratura di diaframma o di altro punto non di sostegno, previo accordo con l'Ente interessato.

Anche in questi casi, se necessario, si utilizzeranno accorgimenti di protezione antincendio analoghi a quelli sopra descritti.

#### **4.10 GIUNZIONE DEL TRITUBO**

La giunzione del tritubo verrà effettuata qualche tempo dopo la posa, per avere la certezza che il tritubo abbia raggiunto, nella sua sede, la configurazione definitiva.

La giunzione sarà eseguita in modo da evitare gradini, sbavature di collanti, disassamenti, ecc. che aumenterebbero la resistenza al successivo tiro del cavo.

Le operazioni che si eseguiranno saranno le seguenti:

- Per il tritubo, tagliare il setto di collegamento tra i tubi adiacenti del tritubo evitando di danneggiare i tubi medesimi;

- Tagliare ciascun tubo perpendicolarmente al proprio asse, in modo tale che i punti di giunzione dei singoli tubi risultino sfalsati tra di loro di circa 35 cm;
- Asportare dai bordi interni ed esterni dei tubi eventuali sbavature e residui delle operazioni di taglio;
- Pulire e rendere ruvida, con una spazzola metallica, la parte esterna del tubo per circa 20 cm;
- Infilare su una delle due estremità da giuntare, un canotto di accoppiamento con battuta interna autocentrante ed un manicotto termorestringente;
- Far scorrere, sopra le predette estremità, il canotto di accoppiamento centrandolo rispetto al punto di giunzione;
- Posizionare centralmente, rispetto al punto di giunzione, il manicotto termorestringente precedentemente inserito, quindi riscaldare fino al completo restringimento.

Qualora, in sede esecutiva, si decida di effettuare la posa del cavo mediante tecnologie con fluidi a pressione, oltre all'impiego di tubi aventi caratteristiche di tenuta pneumatica di 12,5 bar anche i manicotti di giunzione degli stessi saranno rispondenti a requisiti idonei a tale circostanza.

In sintesi, il giunto sarà in grado di garantire:

- Buona resistenza meccanica
- Tenuta pneumatica tale da consentire eventuali pose con fluidi.

#### **4.11 POSA DEI POZZETTI**

Le operazioni di installazione dei pozzetti si eseguiranno nel seguente modo:

Si provvede all'esecuzione della buca che deve avere dimensioni leggermente superiori, circa 20 cm, a quelle esterne del pozzetto. Le pareti dello scavo devono essere quanto più possibile verticali e la profondità dello stesso deve essere tale che, una volta posato il pozzetto, i fori di ingresso risultino perfettamente allineati con il tritubo, ciò per evitare che durante la posa del cavo la fune di tiro danneggi il tritubo medesimo.

- Nel caso di pozzetto affiorante, il chiusino deve essere perfettamente a livello con la pavimentazione stradale;

- Eseguita la buca, si provvede a spianare e costipare il fondo dello scavo in modo da formare un piano di appoggio uniforme e ben livellato;

- Si procede, mediante gru o verricello, alla posa del pozzetto, prestando attenzione affinché lo stesso non subisca urti né provochi danni ad eventuali strutture esistenti, utilizzando gli appositi inserti di aggancio;

- Si provvede all'inserimento del tritubo nel pozzetto ed al loro bloccaggio, lato esterno e lato interno, con malta cementizia. I tubi dovranno sporgere all'interno del pozzetto per circa 30 cm per facilitare l'operazione di raccordo delle due parti qualora si procedesse alla posa del cavo con tecnica di fluido a pressione;

- A posa effettuata, si provvede alla sigillatura con malta cementizia degli elementi di sopralzo del manufatto, procedendo poi all'asportazione di eventuali residui di lavorazione;

- Successivamente si esegue il rinterro dello scavo.

I pozzetti saranno installati con l'asse principale allineato all'asse rettilineo della tratta in modo da consentire un ottimale allineamento dei tritubi in entrata ed in uscita, tanto sul piano orizzontale quanto su quello verticale.

Il pozzetto in cls armato sarà costituito dall'elemento di base, con altezza globale, compreso il chiusino e il porta chiusino tale da risultare affiorante.

Il manto superficiale sarà demolito e successivamente sarà eseguito lo scavo a sezione ristretta obbligata di dimensioni e profondità adeguate e comunque tale che, una volta posato il pozzetto, le asole di ingresso risultino perfettamente allineate con la polifora.

Il pozzetto sarà sempre posato sull'asse della canalizzazione.

Nei pozzetti di dimensione pari a 125x80 cm l'intera polifora verrà interrotta, mentre quello di dimensioni interne 90x70 cm si potrà by-passare dal tritubo/monotubo, sempreché non siano presenti giunti o scorte cavo, o sia comunque necessario il tiraggio degli stessi.

Il materiale di risulta sarà trasportato a rifiuto.

## 4.12 POSA DEL CORDINO PILOTA E CHIUSURA DEI FORI DEL TRITUBO

In tutti i fori dei tritubi devono essere predisposti i cordini di nylon da 3-4 mm di diametro, necessari per la successiva posa della fune di tiro del cavo, fatta eccezione per tutti i casi in cui, in fase esecutiva, la posa del cavo venga prevista con tecnica di fluido a pressione.

Il cordino viene spinto all'interno del foro mediante un sistema pneumatico.

Dopo aver fatto "riposare" il cordino per consentirgli di riacquistare le sue caratteristiche originali, si procede alla chiusura dei fori mediante i tappi ad espansione per evitare l'ingresso di roditori, acqua, fango ed altri corpi estranei che ostacolerebbero le future operazioni di posa del cavo.

Prima di tappare i fori, bisogna legare il cordino all'asola presente sull'estremità del tappo, avendo l'accortezza di lasciare all'interno del foro medesimo una sufficiente ricchezza.

## 4.13 POSA DEI MINICAVI

La posa sotterranea dei minicavi deve avvenire sempre all'interno dei minitubi.

La posa dei minicavi deve essere eseguita utilizzando la tecnica di soffiaggio ad aria (blowing), al fine di:

- applicare sul cavo una forza distribuita;
- ridurre l'attrito tra minicavo e tubo;
- ridurre l'impatto di eventuali curve presenti nel percorso;
- raggiungere tratte di posa significative;
- velocizzare i tempi di posa;

Eccezionalmente è consentita la posa a mano per collegamenti inferiori a 50 metri, tenendo comunque conto che la forza applicabile sulla testa del cavo deve essere sempre inferiore al carico massimo di trazione previsto dalle Norme.



#### 4.13.1 PREDISPOSIZIONE DEL CAVO

Per la realizzazione degli impianti con minitubi devono essere posati i minicavi di potenzialità prevista dal progetto; questi sono forniti su bobine ed il carico e scarico deve avvenire con modalità e attrezzature idonee.

Le operazioni di posa e di recupero devono essere condotte con particolare accortezza evitando brusche piegature, schiacciamenti, abrasioni etc. e rispettando i raggi minimi di curvatura consentiti.

La testa del cavo deve essere opportunamente chiusa e protetta per mezzo di un cappuccio con testa emisferica di opportune dimensioni.

Le operazioni di posa e recupero dei minicavi devono avvenire nel rispetto delle indicazioni previste in materia di sicurezza, traffico e rispetto ambientale.

#### 4.13.2 OPERAZIONE DI POSA DEL CAVO

La posa dei minicavi con la tecnica "blowing" è realizzata mediante l'ausilio di macchine per la posa con aria che agiscono sul minicavo creando sia una fase di spinta meccanica che un effetto di sollevamento dovuto alla circolazione di aria ad alta velocità all'interno del minitubo.

Tali dispositivi sono costituiti da due parti: un dispositivo spingicavo ed un compressore per la produzione e il convogliamento dell'aria nei minitubi.

Il dispositivo spingicavo, dotato di frizione, è a sua volta costituito da due parti:

- un dispositivo meccanico che ha la funzione di assicurare la spinta al cavo e la regolarizzazione del moto del cavo stesso, mediante cingoli in gomma;
- un sistema specifico per convogliare l'aria all'interno del tubo.

La regolazione della velocità del dispositivo spingicavo è ottenuta variando la portata dell'aria.

Per il corretto utilizzo della tecnica di posa con aria è indispensabile che il compressore sia equipaggiato con un idoneo gruppo refrigerante e un deumidificatore dell'aria convogliata all'interno dei minitubi.

Il compressore deve avere una portata adeguata ad erogare una pressione idonea per garantire il flusso d'aria necessario alla posa (max 15 atm).

Al fine di garantire l'integrità dei minicavi e dei minitubi, la posa deve essere eseguita operando come di seguito descritto:

- aprire i pozzetti necessari;

- posizionare la macchina per la posa con aria in prossimità del manufatto, avendo cura di allinearla con il verso di svolgimento della bobina di minicavo e con la direzione dell'infrastruttura;

- predisporre un minitubo  $\varnothing$  10/12 di raccordo tra la macchina e il minitubo interessato alla posa del cavo (nel caso di posa in trincea collegare uno spezzone di minitubo 10/12 al minitubo 10/14 mediante gli appositi accessori);

- in tutte le successive fasi di soffiaggio, predisporre alla fine del minitubo, un opportuno sistema di raccolta (paracadute).

- per il solo minitubo interessato alla posa del minicavo eseguire:

- la verifica della tenuta pneumatica;

- la pulizia di eventuali residui /umidità mediante il soffiaggio di una "spugnetta" (o materiale analogo) di adeguate dimensioni, ad una pressione di circa 4 bar (se in uscita dal minitubetto si evidenzia la presenza di umidità o sporczia ripetere questa operazione più volte);

- la predisposizione di lubrificante all'interno del minitubo, in quantità tale da riempire una lunghezza di circa 15 cm del tubetto stesso ogni 500 m di minicavo da posare, ed eseguendo un ulteriore soffiaggio della spugnetta (ripetere quest'ultima operazione almeno due volte).

- posizionare le bobine contenenti i minicavi, in prossimità del manufatto di partenza in modo tale che l'asse di rotazione risulti perpendicolare rispetto all'asse longitudinale del manufatto stesso e in modo che il minicavo conservi, durante lo svolgimento, lo stesso senso di curvatura delle spire avvolte in bobina; nel caso il manufatto di partenza sia una cameretta, occorre posizionare la bobina sul lato in cui verrà infilato il minicavo per consentire l'ingresso nel torrino senza curvature eccessive;

- asciugare il cavo dall'umidità prima della posa;

- innestare il minitubo  $\varnothing$  10/12 direttamente sulla macchina e posizionare il minicavo nella parte di spinta della macchina;

- chiudere e proteggere la testa del cavo per mezzo di un cappuccio con testa emisferica di opportune dimensioni;

- procedere con l'avanzamento del cavo mediante il solo ausilio della parte meccanica e ove le distanze lo richiedano, procedere con la pressione dell'aria modulata a seconda delle esigenze e senza superare la pressione di 15 bar.

L'eventuale posa a mano (consentita per brevi tratte inferiori a 50 m), deve essere eseguita procedendo con una spinta uniforme e costante del minicavo, utilizzando personale posizionato a supporto in corrispondenza di ogni pozzetto interessato, predisponendo laddove necessario appositi dispositivi (ruotismi) ed operando con il massimo sincronismo durante le fasi di tiro.

#### **4.13.3 PREDISPOSIZIONE DELLE SCORTE DI CAVO**

Durante le fasi di posa dei minicavi nei manufatti (camerette, pozzetti) sede di giunto deve essere lasciata un'adeguata ricchezza di cavo a 15+15 m, atta a poter successivamente eseguire le operazioni di giunzione.

Al fine di garantire possibili interventi di esercizio ed eventuali sviluppi di rete non prevedibili, devono comunque essere lasciate ulteriori scorte funzionali di cavo.

Per consentire la predisposizione delle scorte cavo ed il loro eventuale successivo spostamento da un pozzetto all'altro, occorre eseguire alcune operazioni preliminari all'interno dei manufatti sede di scorta cavo:

- tagliare tramite apposito attrezzo il solo minitubo interessato dalla posa del cavo;
- giuntare il minitubo tagliato su entrambi i lati, con uno spezzone di minitubo  $\varnothing$  10/12 mm di lunghezza pari a circa 2,5 m, (tale predisposizione ha lo scopo di abilitare in tempi successivi l'eventuale spostamento della scorta consentendo il collegamento del minitubo alla macchina per il blowing). Anche nel caso di infrastruttura realizzata con minitubi  $\varnothing$  10/14 lo spezzone di minitubo deve essere sempre  $\varnothing$  10/12 mm. Le giunzioni sui minitubi dovranno essere eseguite utilizzando gli appositi dispositivi;
- posizionare lo spezzone di minitubo all'interno del manufatto.

La predisposizione delle scorte cavo, secondo quanto previsto dal progetto, deve essere eseguita nella fase finale della posa del minicavo operando come di seguito indicato:

- eseguire la posa completa del minicavo, durante questa fase nel pozzetto sede di scorta lo spezzone di minitubo dovrà risultare giuntato;
- in corrispondenza del pozzetto sede di scorta staccare un lato dello spezzone di minitubo;
- posizionare l'estremità libera dello spezzone del minitubo all'esterno del pozzetto, avendo cura di porre al di sotto un telo di protezione;
- posare (sempre con tecnica ad aria) la ricchezza di cavo in corrispondenza del pozzetto sede di scorta avendo cura di sistemarla in configurazione ad "8" o a zero all'interno di Box dedicato;

Nel caso di più scorte le operazioni sopra descritte devono essere ripetute su ogni manufatto sede di scorta cavo, partendo dalla più lontana rispetto al punto di inizio della posa del cavo.

#### **4.13.4 POSA DEI MINICAVI ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI**

La posa dei minicavi all'interno degli edifici fino alla terminazione ottica (ROE, Borchia, MOC ecc.), deve avvenire, ove possibile, utilizzando le infrastrutture esistenti.

In assenza di queste è possibile posare il minicavo a seconda delle proprie caratteristiche con i seguenti criteri:

- all'interno di minitubi ignifughi posati all'interno di tubazioni e canalette esistenti idonee;
- all'interno di nuove infrastrutture realizzate mediante tubi rigidi rinforzati da esterno di diametro 30 mm, opportunamente ancorati a muro alternati a tubi flessibili rinforzati da utilizzare in presenza di sagomature.

#### **4.13.5 POSA DELLE TARGHETTE DI IDENTIFICAZIONE CAVO**

La numerazione in loco dell'impianto è fondamentale per consentire l'individuazione in campo degli elementi della rete in cavo durante le fasi di costruzione ed esercizio della rete.

La numerazione in loco deve avvenire mediante opportune targhette adesive di identificazione resistenti all'acqua ed in particolare che le targhette siano:

- realizzate con caratteri alfanumerici neri su sfondo bianco;
- composte da tre elementi: frontale, adesivo e protettivo per adesivo;
- protette con un nastro di protezione adesivo trasparente.

Le targhette devono essere installate direttamente sui minitubi, in posizione visibile.

## 5 COLLAUDI RETE OTTICA

Gli elementi che saranno oggetto di esame durante le verifiche di seguito indicati sono esemplificativi ma non esaustivi, ben potendo la Stazione Appaltante, nonché i proprietari delle strade, richiedere di eseguire ulteriori verifiche (che l'appaltatore sarà tenuto ad effettuare) anche su materiali e opere non esplicitamente citate nel presente documento.

Sono pertanto oggetto di verifica della Stazione Appaltante:

### 5.1 PROCEDURA DI COLLAUDO PER LA RETE IN FIBRA OTTICA

Le misure ottiche devono essere eseguite secondo le modalità indicate di seguito:

misure a 1.550 nm:

- attenuazione totale di sezione;
- attenuazione delle giunzioni di linea;
- lunghezza ottica;
- diagramma di retrodiffusione;
- return-loss delle terminazioni;
- insertion-loss delle terminazioni.

69

---

Nell'ambito della documentazione delle misure di collaudo ottico/elettrico deve essere consegnata copia dei diagrammi di retrodiffusione delle misure della lunghezza ottica, delle giunzioni e della potenza retrodiffusa.

I dati relativi alle misure di collaudo dovranno essere riportati su carta facendo uso dei modelli così come riportati di seguito.

#### 5.1.1 PARAMETRI

Si definiscono i seguenti parametri:

- a attenuazione specifica della fibra espressa in dB/km, riferita alla lunghezza d'onda di caratterizzazione della tratta;
- L lunghezza ottica della sezione espressa in km;

- n numero delle giunzioni a fusione presenti nella sezione rilevabili singolarmente al riflettometro;
- n1 numero delle giunzioni a fusione presenti nella sezione non rilevabili singolarmente al riflettometro (giunto della bretella connettorizzata nel telaio di terminazione e giunto pot-head);
- ag valore di attenuazione nominale relativo ad ogni giunzione a fusione rilevabile singolarmente al riflettometro;
- ag1 valore di attenuazione nominale relativo ad ogni giunzione a fusione non rilevabile singolarmente al riflettometro;
- nc numero di connessioni meccaniche presenti nella sezione che, in un collegamento punto-punto, è pari a 2;
- ac attenuazione nominale introdotta per ogni connessione meccanica.

Per il calcolo delle soglie devono essere utilizzati i seguenti valori:

$\alpha$	In base al tipo di cavo F.O.	0,21 – 0,23 dB/km
$a_c$	Connettore FC - SC	0,2 dB
	Giunzione SM-R / SM-R	0,06 dB
$a_g$	Giunzione SM-R / NZD	0,18 dB
	Giunzione NZD / NZD	0,09 dB
	Giunzione SM-R / SM-R	0,08 dB
$a_{g1}$	Giunzione SM-R / NZD	0,20 dB
	Giunzione NZD / NZD	0,14 dB

### 5.1.2 ATTENUAZIONE TOTALE DI SEZIONE

L'attenuazione totale di sezione, rilevata con la tecnica di inserzione, non deve essere maggiore dell'attenuazione calcolata secondo i limiti stabiliti dalla presente norma.

Sui cavi di nuova posa contenenti fibre terminate solo da un lato, devono essere predisposti, in sede di realizzazione dell'impianto, dei transiti o dei loop, a seconda dei casi, realizzando la giunzione a fusione, o meccanica, nel punto in cui dette fibre non sono terminate.

In tal modo deve essere possibile eseguire le misure di verifica bidirezionali sul 100% delle fibre.

L'attenuazione massima ammessa deve essere calcolata con la seguente relazione:

$$A_{max} = [(a \times L) + (n \times a_g) + (n1 \times a_{g1}) + (nc \times a_c)] \quad (dB)$$

### 5.1.3 ATTENUAZIONE DELLE GIUNZIONI DI LINEA

La misura dovrà essere eseguita con la tecnica della retrodiffusione bidirezionale utilizzando il metodo d'approssimazione per minimi quadrati (LSA).

In ognuno dei versi, il valore assoluto dell'attenuazione di ogni singolo giunto non dovrà essere maggiore di:

Tipo di Giunzione	Valore Attenuazione (dB)
Giunzione SM-R / SM-R	$\leq 0,20$ dB
Giunzione SM-R / NZD	$\leq 0,40$ dB
Giunzione NZD / NZD	$\leq 0,30$ dB

### 5.1.4 LUNGHEZZA OTTICA

La tecnica da utilizzare per il calcolo di L è quella di retrodiffusione impostando il valore dell'indice di rifrazione a:

- fibre SM-R: 1,4675;
- fibre NZD: 1,4700.

Diagramma della potenza retrodiffusa

Si dovrà verificare, mediante diagramma di retrodiffusione, che l'attenuazione della fibra sia uniformemente distribuita; se si rilevassero, in sede di collaudo, centri di scattering di entità maggiore od uguale a 0.05 dB se ne dovrà prendere nota sul verbale di collaudo registrando accuratamente l'entità e la posizione delle eventuali anomalie riscontrate.

Sarà cura dell'Appaltatore eseguire le necessarie indagini atte a stabilire la natura dell'evento che, se attribuibile a fatti avvenuti durante o dopo la posa del cavo, daranno luogo ad esito negativo del collaudo.

Al fine di consentire una corretta valutazione di quanto sopra esposto, il relativo diagramma della potenza retro diffusa dovrà essere eseguito, utilizzando campi di misura ed impulsi appropriati, per tratte di cavo non superiori a 15 km.

*Return Loss delle terminazioni*

Per tutti i connettori il Return Loss dovrà essere misurato con tecnica di retrodiffusione e predisponendo una bobina di lancio di almeno 500 m. Il valore limite è 0,22 dB.

#### *Insertion Loss delle terminazioni*

Per tutti i connettori l'Insertion Loss dovrà essere misurato con tecnica di retrodiffusione e predisponendo una bobina di lancio di almeno 500 m. Il valore limite è 0,22 dB.

### **5.1.5 VERIFICA DI COERENZA**

Dovrà essere confrontata la lunghezza ottica con la relativa lunghezza cavo:

- la lunghezza ottica non può essere inferiore alla lunghezza cavo;
- per lunghezza ottica superiore al 104% della lunghezza cavo, i dati andranno verificati.

### **5.1.6 TENUTA PNEUMATICA DELLE MUFFOLE**

Deve essere verificata la tenuta a pressione del 100% delle muffole. La prova, consistente nell'immettere nelle muffole di linea gas elio alla pressione di 0.7 atm.

Si deve verificare l'eventuale presenza di perdite dopo aver atteso un tempo sufficiente per far disperdere la quantità di gas elio liberatasi nell'ambiente nella fase di immissione.

Si deve ritenere non regolare la presenza di una perdita di almeno 100 parti per milione rilevata con uno strumento avente sensibilità di almeno 50 parti per milione;

## **5.2 PROCEDURA DI COLLAUDO PER L'INFRASTRUTTURA**

Materiali:

- Monotubi, Tritubi, Minitubi;
- Sellette;
- Accessori Tubazioni;
- Pozzetti;



- Chiusini;
- Canalette.
- Lavori/Prestazioni;
- Profondità di scavo misurata dall'estradosso del Pacco Tubi e rispondenza alle previsioni progettuali;
- Presenza Nastro di segnalazione;
- Utilizzo dei materiali di riempimento prescritti;
- Presenza e corretta posa delle sellette, dei tappi, degli elementi di giunto e di tutti gli accessori previsti compreso il cordino di tiro nei monotubi/tritubi;
- Corretta installazione ed etichettatura dei cavi.

Nel corso delle verifiche saranno effettuate le seguenti prove:

- Ispezione generale: viene effettuata una verifica di tutto l'impianto evidenziando ogni eventuale irregolarità di tipo macroscopico. Durante l'ispezione generale si verifica, ad esempio, la completezza dell'impianto e la sua rispondenza all'as built (tracciato e tipologia dell'infrastruttura, dislocazione dei pozzetti, etc.) e, per quanto possibile, la regolare esecuzione delle opere (es. livello dei chiusini, etc.);
- Ispezione della infrastruttura: vengono effettuate verifiche di tipo non distruttivo su un campione dell'impianto (coppia di pozzetti contigui) evidenziando ogni eventuale irregolarità. Durante l'ispezione si effettua un sopralluogo presso il campione di impianto selezionato e si verificano la conformità dei materiali, presenza delle etichette di certificazione di legge e quelle eventualmente prescritte in sede progettuale, la conformità delle installazioni di pozzetti e chiusini, etc;
- carotaggio: vengono effettuati carotaggi a campionamento sulla infrastruttura realizzata al fine di verificare la rispondenza dei ripristini al progetto esecutivo, alle norme di legge, ed alle prescrizioni dei disciplinari della Stazione Appaltante;
- saggio della infrastruttura: viene effettuato uno scavo della lunghezza di due metri per la larghezza del manufatto a campionamento sulla infrastruttura. L'esecuzione di questa prova ha lo scopo di verificare la rispondenza del manufatto al progetto esecutivo, alle norme di legge, ed alle prescrizioni dei disciplinari della Stazione Appaltante; al fine di non danneggiare l'infrastruttura completata, tale prova non viene effettuata dopo il completamento dell'opera, ma prima della stesura del tappetino d'usura, secondo i criteri sotto descritti;

- prova a pressione sui tubi e minitubi: su un campione dell' impianto (coppia di pozzetti contigui) deve essere eseguita su tutti i tubi in cui non è posato il cavo la verifica di tenuta a pressione;
- prova di mandrinatura: su un campione dell'impianto (coppia di pozzetti contigui) deve essere eseguita, su tutti i tubi in cui non è posato il cavo, la prova di mandrinatura;
- funzionamento dei marker di segnalazione: nel caso siano stati predisposti, va verificata, tramite apposito rilevatore, la presenza di almeno il 50% dei marker di segnalazione.

I valori risultanti dall'esito della verifica hanno i seguenti significati:

- C totalmente conforme, quando siano rispettati tutti i regolamenti applicabili a materiali e manufatti (legislazione applicabile, disciplinari, etc. );
- NC non conforme, quando i materiali o le opere non garantiscono le funzionalità richieste e/o non rispettano le norme di pertinenza (legislazione applicabile, disciplinari, etc. );
- NA non applicabile, quando i materiali o le opere non sono presenti sull'infrastruttura collaudata.

Numerosità dei saggi e dei carotaggi:

Il numero delle prove da effettuare nel corso delle verifiche previste è definito dalla tabella di seguito riportata:

Numerosità delle prove (tabella)		
Prova	in ambiente urbano	in ambiente extraurbano
ispezione generale	tutto il tracciato	Tutto il tracciato
ispezione dell'infrastruttura	Per unità di 350 m sul 20% della tratta	per unità di 1.050 m sul 25% della tratta
carotaggio	ogni 5 km-fino (o lunghezza inferiore)	a 15 km: ogni 3 km - fino a 80 km: ogni 10 km sulla quota eccedente i 15 km oltre 80 km: ogni 20 km sulla quota eccedente gli 80 km
saggio	ogni 5 km (o lunghezza inferiore)	ogni 5 km (o lunghezza inferiore)

Nota: il numero di prove si ottiene dagli interi superiori ottenuti dalle percentuali indicate applicate per ogni singola tratta. La scelta dei campioni di tratta da sottoporre ad ispezione, carotaggio o saggio deve prevedere l'ispezione del maggior numero di oggetti possibile ed è effettuata a giudizio insindacabile del committente, o suo incaricato

Poiché durante le verifiche è prevista più di una prova, tali prove devono ricadere in tratte distinte in modo da sottoporre a verifica la porzione più ampia possibile di infrastruttura.

### 5.2.1 PROVA DI TENUTA PNEUMATICA DEI MONOTUBI E TRITUBI

Su una coppia di pozzetti contigui deve essere eseguita, su tutti i tubi e/o minitubi in cui non è posato il cavo, la verifica di tenuta a pressione.

La temperatura dell'aria all'uscita del compressore non deve superare i 55° C.

Un'estremità dei tubi deve essere opportunamente sigillata utilizzando idonei tappi, mentre all'altra estremità viene gestita la pressurizzazione nel modo di seguito indicato:

1. pressurizzazione del tubo in prova a 2 bar,
2. interruzione dell'immissione dell'aria,
3. attesa di 2 minuti,

L'immissione (e l'emissione) dell'aria in pressione all'interno del singolo tubo deve essere effettuata in maniera graduale, in modo da generare sull'infrastruttura uno stato di tensione che cresca gradualmente e non in maniera improvvisa (in particolare in caso di bassa temperatura).

La prova si ritiene superata se, al termine del punto 3. non si verificano rotture del manufatto o calo della pressione superiore a 1 bar.

### 5.2.2 PROVA DI MANDRINATURA SUI MONOTUBI E TRITUBI

Su una coppia di pozzetti contigui della tratta deve essere eseguita, su tutti i tubi in cui non è posato il cavo, la prova di mandrinatura, che ha lo scopo di verificare la corretta installazione dei tubi e di garantire il rispetto dei seguenti parametri:

- assenza di materiali estranei all'interno della tubazione;
- diametro minimo interno dei tubi;
- raggio minimo di curvatura dei tubi.

Il mandrino è costituito da un corpo cilindrico della lunghezza minima di 130 mm e dal diametro minimo di 30 mm.

Esso può essere dotato di 2 o 3 anelli (in tal caso 30 mm è il minimo del diametro esterno dell'anello).

La prova deve essere effettuata nel modo di seguito indicato:

1. legare il mandrino al cordino di tiro,
2. tirare il mandrino fino a quando non raggiunge il secondo pozzetto.

### 5.2.3 PROVA DI TENUTA PNEUMATICA DEI MINITUBI

Mezzi necessari per eseguire la prova pneumatica:

- compressore refrigerato con pressione non inferiore a 10 bar;
- manometro per compressore e accessori di raccordo;
- elementi di chiusura dei minitubi;
- elementi di giunzione e spezzoni di minitubi di 2,5 m.

Il collaudo pneumatico della tratta d'impianto deve ritenersi positivo solo se le prove pneumatiche eseguite su tutti i singoli minitubi costituenti l'impianto hanno esito positivo.

Dopo aver sigillato tutti i minitubi della tratta campione su una estremità dell'impianto oggetto di collaudo con gli appositi tappi per minitubi, la prova deve essere eseguita singolarmente su ogni minitubo ponendosi con il compressore sull'estremità opposta dell'impianto.

Tramite il compressore si deve soffiare all'interno del minitubo una quantità d'aria tale da raggiungere i 10 bar, successivamente si deve chiudere il minitubo utilizzando i rubinetti di manovra del compressore. La prova consiste nel verificare la pressione all'interno del minitubo monitorando il manometro del compressore. La prova è superata se per i primi 10 minuti la pressione si mantiene al di sopra di 9 bar . Qualora la prova abbia esito negativo su uno o più minitubi dell'impianto, è necessario individuare le criticità e i punti di perdita pneumatica rieseguendo la prova su sezioni parziali dell'impianto stesso. In prima istanza le sezioni parziali si dovranno ottenere eseguendo sezionamenti in manufatti aventi le seguenti caratteristiche:

- tutti i minitubi in transito nel manufatto sono giuntati con gli accessori previsti;
- tutte le estremità dei minitubi all'interno del manufatto sono facilmente accessibili.
- Successivamente, per restringere l'indagine e rilevare i punti di perdita pneumatica, si devono eventualmente eseguire sezionamenti (taglio dei minitubi) in manufatti in cui i minitubi sono continui (non giuntati).

- Individuato il guasto si dovrà procedere alla riparazione dell'infrastruttura e ripetere nuovamente la prova pneumatica completa.

#### 5.2.4 PROVA DI MANDRINATURA SUI MINITUBI

Mezzi necessari per eseguire la prova mandrino:

- compressore refrigerato con pressione non inferiore a 10 bar;
- microsigaretta di carta assorbente o materiale analogo per pulizia minitubo;
- spezzone microcavo di lunghezza non superiore a 50 cm;
- macchina per la posa ad aria;
- sistema di "protezione" per trattenere il mandrino (paracadute).

La prova mandrino deve essere eseguita sull'impianto solo se tale impianto ha superato la prova pneumatica.

Il collaudo mandrino dell'impianto è positivo solo se le prove mandrino eseguite su tutti i singoli minitubi costituenti l'impianto hanno esito positivo.

Per garantire la sicurezza del personale addetto al collaudo dei minitubi, è necessario che l'operatore, dotato di idoneo abbigliamento di sicurezza inclusi guanti da lavoro, posizioni all'estremità del minitubo da collaudare l'apposito paracadute, realizzato con materiale adeguato a resistere all'impatto esercitato dall'arrivo del mandrino. Inoltre l'operatore deve avere sempre l'accortezza di mantenere l'estremità del minitubo all'interno del pozzetto, in modo tale che anche nell'eventualità che il paracadute non resistesse all'impatto esercitato dall'arrivo del mandrino, questo non abbia possibilità alcuna di creare pericolo all'operatore stesso o alle persone circostanti.

Il compressore deve essere posizionato sull'estremità opposta della tratta a quella in cui è collocato il sistema di protezione della fuoriuscita del mandrino "paracadute".

Per ogni minitubo costituente l'impianto, prima di eseguire la prova mandrino, è necessario:

- soffiare aria ad una pressione di circa 4 bar per un tempo non inferiore a 5 minuti al fine di eliminare acqua generata da condense e/o eventuali infiltrazioni non desiderate;
- soffiare sempre ad una pressione di circa 4 bar all'interno del minitubo una "microsigaretta" di carta assorbente (o materiale analogo) di circa 10 mm di diametro tale che lo strato esterno della sigaretta sia in contatto con la parete interna del minitubo verificando in uscita lo stato della stessa in relazione a

tracce di umidità o eventuale sporcizia. Nel caso di presenza di umidità ripetere l'operazione sopra descritta fino a quando la sigaretta in uscita risulti asciutta, mentre nel caso di presenza di sporcizia o materiale appiccicoso procedere come segue:

- introdurre all'interno del minitubo per circa 15 cm una microsigaretta e aggiungere 10 cm di etanolo e un ulteriore microsigaretta;
- soffiare aria all'interno del minitubo ad una pressione di circa 4 bar facendo particolare attenzione all'uscita dal minitubo dell'etanolo;
- asciugare il minitubo soffiando una o più nuove microsigarette.

Successivamente alla fase di pulitura del minitubo è possibile eseguire la prova mandrino secondo la procedura seguente:

- inserire nel minitubo uno spezzone di microcavo specifico di lunghezza non superiore a 50 cm;
- far seguire allo spezzone di minicavo una microsigaretta simile a quella utilizzata per la pulizia (la microsigaretta è fondamentale per poter creare pressione all'interno del tubo e permettere il soffiaggio dello spezzone di microcavo che funge da mandrino);
- mettere in pressione il minitubo permettendo così l'avanzamento del sistema spezzone di microcavo/microsigaretta.

La prova mandrino deve intendersi positiva se lo spezzone di cavo fuoriesce dall'estremità opposta e viene raccolto dal sistema di protezione (paracadute).

Qualora la microsigaretta durante la prima fase del test o il mandrino durante la seconda fase non raggiungesse l'estremità opposta è necessario interrompere la prova ed eseguire un'indagine per capire dove l'infrastruttura è ostruita/interrotta e/o ovalizzata rieseguendo la prova mandrino su sezioni parziali dell'impianto stesso.

In prima istanza le sezioni parziali si dovranno ottenere eseguendo sezionamenti in manufatti aventi le seguenti caratteristiche:

- tutti i minitubi in transito nel manufatto sono giuntati con gli accessori previsti;
- tutte le estremità dei minitubi all'interno del manufatto sono facilmente accessibili.

Successivamente, per restringere l'indagine e rilevare i punti critici, si potrà eventualmente eseguire sezionamenti (taglio dei minitubi) in manufatti in cui i minitubi sono continui.

Individuato il guasto si dovrà procedere alla riparazione dell'infrastruttura e ripetere sulla tratta riparata entrambe le prove di collaudo complete: pneumatica e mandrino.

### **5.3 ESITO DELLE VERIFICHE**

Dovranno essere eseguite tutte le verifiche previste nei capitoli precedenti con la numerosità definita.

In caso di non conformità le verifiche saranno rieseguite sui campioni contigui a quelli esaminati a monte e a valle del punto controllato; inoltre il numero di prove per campione viene raddoppiato rispetto a quanto sopra descritto. Qualora, anche nei campioni contigui si riscontrino delle non conformità, saranno ripetute le verifiche sui campioni contigui a questi ultimi fino a che non si raggiunga un punto in cui l'esecuzione dei lavori rientri nei parametri fissati.

L'insieme dei campioni contigui non conformi costituisce la porzione di impianto dichiarata non conforme. Una volta individuata la porzione di impianto non conforme l'impresa è tenuta a rendere conformi le opere realizzate, alla sostituzione dei materiali non a norma, provvedendo, qualora necessario, anche alla totale riesecuzione delle opere per tutta la porzione della tratta dichiarata non conforme. Qualora sia impossibile sostituire i materiali non conformi senza danneggiare il manufatto le opere devono essere rieseguite. Al termine delle verifiche sarà compilato un "Verbale di verifica dell'impianto", al quale saranno allegate le schede delle prove (una per ogni prova); Il verbale sarà allegato al Certificato di Regolare Esecuzione (CRE).

### **5.4 REGOLARE ESECUZIONE**

Per completare l'attività relativa al collaudo tecnico devono essere eseguite anche le eventuali prove di congruità con quanto disciplinato dagli enti gestori che hanno rilasciato permessi e nulla osta per la realizzazione dell'impianto in esame. Durante tale fase, L'Appaltatore dovrà disporre di personale e mezzi idonei per l'esecuzione delle prove richieste e dei ripristini eventuali. Qualora il collaudo non avesse esito positivo l'impresa è tenuta alla rimozione delle anomalie contestate fino all'ottenimento dell'esito positivo dei collaudi.

Terminate con esito positivo tutte le attività citate ai punti precedenti La Stazione Appaltante per tramite del Direttore Lavori, effettua una verifica della completezza della documentazione tecnica e contabile finale ed, in caso di esito positivo, emette il "Certificato di Regolare Esecuzione" che dovrà essere controfirmato dall'Appaltatore.

Resta naturalmente inteso che l'emissione del Certificato di Regolare Esecuzione sarà subordinata, comunque, all'esito positivo delle predette verifiche.

## 5.5 MODULISTICA COLLAUDO

Seguono i modelli da utilizzare per la redazione dei verbali di collaudo, inserendo nel campo a destra di ogni riga la voce C, NC, NA.

Poiché le attività di verifica riguarda tutti gli elementi d'impianto, la Stazione Appaltante si riserva di integrarli con eventuali altri oggetti/lavorazioni che ritenesse opportuno inserire in qualsiasi momento.

MODULO TIPO PER LE VERIFICHE ALL'INFRASTRUTTURA	
Ispezione Generale	
Idonei e messa in opera corretta	
Completezza, correttezza e rispetto del formato della documentazione finale	
Conformità dell'opera realizzata alla documentazione finale	
Conformità al codice della strada dell'occupazione del piano stradale e relativa segnaletica segnaletica	
Completezza, correttezza e rispetto del formato della documentazione amministrativo contabile dell'impianto	

Ispezione Infrastruttura (materiali idonei e messa in opera corretta)	
Armadi ottici	
Sistemi di giunzione ottici	
Sistemi di terminazione e distribuzione cavi	
Canalette vtr e staffe	
Flange	
Sellette	
Chiusini	
Pozzetti	
Nastro di segnalazione	
Cordino di tiro	
Dispositivi di chiusura per tubi, tritubi e minitubi	
Tubi, tritubi e minitubi	



Accessori	
Canalette	
Sistemi di dilatazione in corrispondenza dei giunti delle canalette	
Cassette in ferro zincato agli estremi della struttura sospesa per il raccordo della canaletta in vtr allo scavo	

Carotaggi	
Numero di carotaggi effettuati	
Presenza, spessore e consistenza dello strato di Binder	
Presenza, spessore e consistenza del tappetino	
Presenza , spessore e consistenza pavimentazione in cls	
Presenza, spessore e consistenza altra pavimentazione:.....	

Saggi	
Numero di saggi effettuati	
Presenza del nastro di segnalazione	
Presenza, spessore e consistenza dello strato di binder	
Presenza e spessore della sabbia nel letto di posa dei tubi e dei minitubi	
Materiale di riempimento	
Profondità di scavo misurata all'estradosso del pacco tubi e minitubi	
Presenza delle sellette plastiche	
Sistemi di protezione (cassette, bauletti in cls, etc.)	

Prova a pressione dei tubi e dei minitubi	
n° di tubi su cui è stata eseguita	
Esito della prova	

Prova di mandrinatura sui tubi e sui minitubi	
n° di tubi su cui è stata eseguita	
Esito della prova	

Funzionamento del marker di segnalazione	
n° di marker cercati	
Esito della prova	

Tenuta pneumatica delle muffole	
n° di marker cercati	
Esito della prova	

## 6 SPECIFICHE TECNICHE APPARATI METROPOLITAN AREA NETWORK

### 6.1 NODO DI SMISTAMENTO

Il prodotto oggetto della fornitura deve avere le seguenti caratteristiche minime riscontrabili con appositi riferimenti a documentazione del produttore:

- Sistema Operativo modulare progettato per ambiente Service Provider ad alta affidabilità, flessibilità ed elevate performance.

- Sistema completamente distribuito: deve lavorare in modalità completamente distribuita. Questo significa che tutte le decisioni di forwarding dei pacchetti e relative azioni verranno effettuate in ciascuna Linecard.

- Le schede Ethernet sono quindi equipaggiate con Switch Processor. La natura distribuita deve fornire estrema scalabilità a funzionalità quali BFD e MC-LAG per elevata affidabilità e convergenza e controllo delle performance di rete.

- Efficienza operativa e hardware ridondato: deve fornire una infrastruttura dove tutte le parti comuni sono completamente ridondate, quali Route Switch Processor (RSP), fan alimentatori. Inoltre la piattaforma deve essere progettata in modo che la potenza venga utilizzata in funzione delle reali esigenze di equipaggiamento del sistema in modalità pay-as-you-grow.

- Il backplane del sistema deve fornire connettività per tutte le linecard. Il sistema deve avere un backplane di 400Gbps/slot full duplex utilizzabili per i dati (segnalazioni e overhead sono considerati a parte). Le switch fabric devono fornire una capacità di 180 Gbps/slot full duplex per una capacità complessiva del sistema di almeno 2,8Tbps.

Il sistema deve poter essere equipaggiato con line card a 1, 10 e 40 Gbps, deve disporre di almeno 4 slot per line cards modulari esclusi gli slot per i RSP ed un ingombro massimo di 11 RU .

Le linecard sono responsabili del packet forwarding (distribuito). Ciascuna linecard Ethernet deve fornire elevata QoS gerarchica e supporto simultaneo per servizi e funzionalità sia L2 che L3, abilitando l'utilizzo di una singola linecard per tutti i tipi di servizio, riducendo gli investimenti e spese operative. Le linecard Ethernet devono fornire fino a 384k code, 32,000 interfacce, 1 milione di rotte, 1 milione di indirizzi MAC e 20.000 VPN garantendo un uso ottimizzato degli asset di rete.

Ciascuna linecard Ethernet (Low Queue) deve supportare:

- Egress queues: 8 per porta
- Policers: 8000
- EFPs: 4000

### 6.1.1 Funzionalità principali di QoS

- H-QoS scalabile per utente con supporto dell'enforcement del SLA in ingresso e uscita
- Scheduling delle priorità multilivello per applicazioni voce e video per minimizzare jitter, latenza e packet loss
- Propagazione della priorità per assicurare l'integrità del servizio voce e video attraverso tutti i livelli gerarchici anche in condizioni di picco e carico di traffico.
  - Densità di code: almeno 384k code per linecard (256k egress & 128k ingress)
  - 256k policers individuali per linecard (2-rate/3-color o 1-rate/2-color)
  - Doppia priority queue con completa propagazione della priorità per garantire latenza e jitter minimi per tutte le classi di traffico prioritario
  - 3 million queues per system
  - Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)
  - Weighted Random Early Detection (WRED)
  - Priority Queuing with propagation
  - 2-rate 3-color (2R3C) Policing
  - Modular QoS CLI (MQC)
  - 4-level H-QoS
  - In-Service Modification
  - MQC discard-class e qos-group constructs
  - Service policy applicabile su base EVC

### 6.1.2 Backpressure e Flow Control

Il prodotto proposto deve garantire che i pacchetti prioritari e il traffico di control plane siano protetti anche in condizioni di traffico low priority estremamente elevato implementando combinazione intelligente di backpressure, flow-control e accodamento in ciascuna interfaccia da chip a chip nel percorso di forwarding.

### 6.1.3 Funzionalità principali dell'apparato

- Sistema operativo modulare (i package non utilizzati non vengono caricati in memoria)
  
- I processi devono lavorare in un ambiente a memoria protetta (un processo non può corrompere la memoria di un altro processo); utilizzo limitato di memoria condivisa
  
- Preemptive Multitasking: i processi ad alta priorità possono interrompere i processi a più bassa priorità; inoltre, i processi ad alta priorità potranno elaborare per un predeterminato tempo e poi continuare a funzionare a priorità inferiore, determinando un comportamento predicibile dell'esecuzione.
  
- Video-ready: Replica intelligente multi-stage. Il traffico multi cast potrà essere replicato in diversi punti dell'apparato - (linecard, fabric) in modo da ottimizzarne l'albero di replica ed evitare congestioni.
  
- Prestazioni multicast line rate
  
- All'interno della fabric code deve essere possibile separare unicast e multicast per garantirne la banda anche in caso di congestione
  
- H-QoS: 4 livelli con garanzia della propagazione di priorità
  
- Netflow: Le linecard devono integrare le funzionalità di Netflow, senza necessità di schede o moduli aggiuntivi, consentendo tra l'altro di effettuare, attivando un'opportuna licenza, il monitoring dei flussi video basati su IP o RTP
  
- Supporto EVC

### 6.1.4 Funzionalità Ethernet

- Ethernet Virtual Connections (EVCs)
- Flexible VLAN classification
- Flexible VLAN translation
- IEEE bridging
- IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree (MST)
- MST Access Gateway
- L2VPN
  
- Virtual Private LAN Services (VPLS), Hierarchical VPLS (H-VPLS), Virtual Private Wire Service (VPWS), Ethernet over MPLS (EoMPLS), pseudowire redundancy, and multisegment pseudowire stitching

### 6.1.5 Layer 3

- IPv4 Routing (BGP, Intermediate System-to-Intermediate System [IS-IS], and Open Shortest Path First [OSPF]), Route Policy Language (RPL), Hot Standby Router Protocol (HSRP), Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP), IPv6 routing, and BGP Prefix Independent Convergence (PIC)
- MPLS Label Distribution Protocol (LDP), Targeted LDP (T-LDP), Resource Reservation Protocol (RSVP), Differentiated Services (DiffServ)-aware traffic engineering, MPLS L3VPN (including Carrier Supporting Carrier [CSC]), IPv6 Provider Edge and IPv6 VPN to Provider Edge
- MPLS Traffic Engineering (including TE-FRR)
- Packet Over SONET and Packet Over Synchronous Digital Hierarchy (SDH)
- Frame Relay, Point-to-Point Protocol (PPP), High-Level Data Link Control (HDLC),
- Any Transport over MPLS (AToM)
- Link Noise Monitoring (LNM)
- Full NetFlow

### 6.1.6 Multicast

- Source-based and shared distribution trees, Protocol Independent Multicast sparse mode (PIM-SX), PIM Source Specific Multicast (PIM SSM), Automatic route processing (AutoRP), Multiprotocol BGP (MBGP), Multicast Virtual Private Network (MVPN), and Multicast Source Discovery Protocol (MSDP)
- Internet Group Management Protocol Versions 2 and 3 (IGMPv2 and v3):
- IGMPv2 and v3 snooping

### 6.1.7 Fault tolerance

- high-availability feature set, MPLS TE-FRR, BFD, 802.3ad Link Aggregation Bundles, NSF, MC-LAG, and NSR • manageability feature set, ANA, MIB, XML, and Simple Network Management Protocol (SNMP)
- Ethernet OAM (IEEE 802.3ah and IEEE 802.1ag)
- MPLS OAM (label switched path [LSP] ping, LSP traceroute, and Virtual Circuit Connectivity Verification [VCCV])

### 6.1.8 Security

- 802.1ad Layer 2 Control Protocol (L2CP) and bridge-protocol-data-unit (BPDU) filtering
- MAC limiting per EFP or bridge domain
- Unicast, multicast, and broadcast storm-control blocking on any interface or port
- Unknown Unicast Flood Blocking (UUFB)
- Unicast Reverse Path Forwarding (URPF)

- Control-plane security
- Dynamic ARP Inspection (DAI)
- IP Source Guard (IPSG)

### 6.1.9 Management

Il sistema disporrà di porte per la gestione out-of-band quali

Console port EIA/TIA-232 RJ45

Auxiliary port EIA/TIA-232 RJ45

2x Management port Ethernet 100/1000T

2x Sync ports configurabili BITS (Building Integrated Timing System), J.211 o UTI (Universal Timing Interface)

### 6.1.10 Alimentazione

Fino a 4 alimentatori per sistema

Tensione 200-240 VAC nominale (range: 180 to 264 VAC)

Ridondanza N+1 Compresi di sistema di continuità elettrica con autonomia minima di 30 minuti

### 6.1.11 Ambiente di esercizio

Temperatura da 5° a 40°

Umidità da 10% a 85%

## 6.2 NODO PRIMARIO

Il prodotto oggetto della fornitura deve avere le seguenti caratteristiche minime riscontrabili con appositi riferimenti a documentazione del produttore:

Deve supportare il protocollo REP protocollo sviluppato per fornire soluzioni di convergenza veloce e predicibile per reti L2 Carrier Ethernet. Il REP è progettato per fornire convergenza tipiche nell'ordine di 50-100ms con valori massimi di 250ms in scenari particolari. Tali tempi sono considerati adeguati ai servizi ed applicazioni che devono essere fruite sulla nuova rete, e comunque inferiori ai tempi di recovery dello spanning tree (che può essere circa subsecond nel caso di Rapid Spanning Tree 802.1w o 802.1s con anelli di limitate dimensioni, o tempi di qualche secondo in rete più complesse). Il REP permette di limitare le

aree di utilizzo dello Spanning Tree e può interoperare con esso. Per un utilizzo ottimale della rete il REP permette inoltre di effettuare il load balancing per gruppi di VLAN.

### 6.2.1 Resilient Ethernet protocol

Il REP fornisce:

- Convergenza veloce e affidabile:
- Tempistiche di convergenza da 50 a 250ms
- Funzionamento veloce anche in reti di grandi dimensioni
- Configurazione manuale con situazione di failover predicibile
- Coesistenza con Spanning Tree
- Notifica di cambi topologici da REP da STP
- VLAN load balancing
- Semplicità di configurazione e troubleshoot

### 6.2.1 Caratteristiche Software

Deve avere la possibilità di supportare le seguenti feature software:

- Layer 2: 802.1d, 802.1q
- Ethernet Virtual Circuit (EVC)
- Ethernet OAM (802.1ag, 802.3ah, E-LMI)
- MST, REP, Flexlink
- Synchronous Ethernet
- MPLS
- MPLS traffic engineering (TE) and Fast Reroute
- (FRR)
- MPLS OAM
- MPLS VPN
- Ethernet over MPLS (EoMPLS)
- Pseudowire redundancy

- Scalable L2 Services
- EVC architecture
- L2 VPN support
- EoMPLS
- REP, Flexlink
- E-OAM (CFM8.1, E-LMI, 802.3ah)
- SynchE

### 6.2.3 Ethernet Services

- Ethernet Virtual Connections (EVCs):
- QinQ
- Selective QinQ
- Inner and Outer VLAN classification
- IEEE bridging
- Layer 2 Protocol Tunneling (L2PT)
- Hierarchical VPLS (H-VPLS), Virtual Private Wire Service (VPWS), Ethernet over MPLS (EoMPLS), pseudowire redundancy

### 6.2.4 Protocolli supportati

Deve avere la possibilità di supportare i seguenti standard e protocolli:

- IEEE 802.1s
- IEEE 802.1w
- IEEE 802.3ad
- IEEE 802.3ah
- IEEE 802.1ag
- IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports
- IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol
- IEEE 802.1p CoS classification
- IEEE 802.1Q VLAN



- IEEE 802.3 10BASE-T
- IEEE 802.3u 100BASE-T
- IEEE 802.3ab 1000BASE-T
- IEEE 802.3z 1000BASE-X
- BFD for OSPF, IS-IS, BGP, VRRP
- IP routing: Static, RIP versions 1 and 2, EIGRP, OSPF, BGPv4, PIM-SM, and PIM-DM
- Management: SNMP versions 1, 2, and 3

### 6.2.5 Layer 3 Services

- Layer 3 Routing
  - IPv4 Routing (Border Gateway Protocol [BGP], Intermediate System-to-Intermediate System [IS-IS], and Open Shortest Path First [OSPF]), Hot Standby Router Protocol (HSRP), Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)
- MPLS
  - Label Distribution Protocol (LDP), Targeted LDP (T-LDP), Resource Reservation Protocol (RSVP), Differentiated Services (DiffServ)-aware traffic engineering, MPLS L3VPN
  - MPLS traffic engineering (including TE-FRR)
  - MPLS VPN
  - VRF-Lite
    - - FRR Protection
  - SLA and management
    - - IP-SLA
  - SNMP MIB
  - ANA

### 6.2.6 QoS

- Up to 4000 egress queues per system
- Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)
- Priority Queuing
- 2-rate 3-color (2R3C) Ingress Policing
- Egress shaping per queue
- Modular QoS CLI (MQC)

- 3-level H-QoS
- Classification based on inner and outer class of service (CoS) or VLAN ID
- Copy inner to outer CoS

### 6.2.7 Multicast

- IPv4 Multicast
- Protocol Independent Multicast sparse mode (PIM-SM), PIM Source Specific Multicast (PIM SSM), PIM SSM mapping
- Internet Group Management Protocol Versions 1 and 2 (IGMPv1 and v2)
- IGMPv1 and v2 snooping

### 6.2.8 Security

- Authentication, authorization, and accounting (AAA); TACACS+; Secure Shell (SSH) Protocol; MAC limiting per Ethernet flow point (EFP) or bridge domain; unicast, multicast, and broadcast storm control blocking on any interface or port

- Layer 2 ACLs
- Layer 3 ACLs

### 6.2.9 Availability

- Resilient Ethernet Protocol
- IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)
- IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol (MST)
- Per-VLAN Rapid Spanning Tree (PVRST+)
- MPLS TE Fast Reroute
- Flexlink
- BFD
- 802.3ad Link Aggregation Bundles

### 6.2.10 OAM

- CFM (802.1ag)
- Link OAM (802.3ah)
- MPLS OAM
- E-LMI (CE and PE)

### 6.2.11 Manageability

- Simple Network Management Protocol (SNMP)
- MIBs
- Active Network Abstraction (ANA) 3.7.1: physical and logical inventory, service-level views with support for the following technologies:
  - OSPF, BGP, EtherChannel, routing, Link Aggregation Group (LAG), ACL,

### 6.2.12 Performance

- Forwarding bandwidth: 44 Gbps
- Forwarding rate: 65 Mpps
- Mean time between failure (MTBF) :> 185.000 ore

#### Connectors and cabling

- SFP ports:
  - 10/100/1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling
  - 100BASE-FX and -LX: Duplex LC receptacle fiber connectors (multimode and single-mode)
  - 100BASE-BX: Single-fiber LC receptacle connector (single-mode fiber)
  - 100BASE-EX: SFP module for 100 Mb port, 1310 nm wavelength, 40 km over single-mode fiber
  - 100BASE-ZX: SFP module for 100 Mb port, 1550 nm wavelength, 80 km over single-mode fiber
  - 1000BASE-BX: Single-fiber LC receptacle connector (single-mode fiber)
  - 1000BASE-SX, -LX/LH, and -ZX and CWDM and DWDM: Duplex LC receptacle fiber connectors (multimode and single mode fiber)
- SFP+port supports 1000BASE-X except 1000BASE-T.
- Management console port: RJ-45-to-DB9 cable for PC connections
- Management 10/100/1000 Ethernet: RJ-45 connector
- BITS and alarm ports: RJ-45 connector

### 6.2.13 Compatibilità dei moduli ottici

Il prodotto oggetto della fornitura deve avere la possibilità di supportare le seguenti ottiche:

SFP 100FX, 100EX, 100ZX, 100LX, 100BX-, 1000-LH, 1000-SX 1000-ZX, 1000-T, CWDM-SFP-1470/1610 nm,, DWDM SFP+ 10GE-SR, 10GE-LR, 10GE-LRM

### 6.2.14 Consistenza

Ogni nodo deve disporre di 24 porte SFP e 2 porte SFP+

Per ciascun nodo di primario devono essere previste le opportune interfacce per il collegamento al ring e alla LAN.

Almeno n° 2 interfacce ottiche a 10Gbps (LR)

Almeno n° 2 interfacce ottiche a 1Gbps (1000 SX)

Almeno n° 2 interfacce rame a 1Gbps (1000 BT)

Compresi di sistema di continuità elettrica con autonomia minima di 30 minuti

## 6.3 NODO SECONDARIO

Il prodotto oggetto della fornitura deve avere le seguenti caratteristiche minime riscontrabili con appositi riferimenti a documentazione del produttore.

Per le sedi secondarie si richiedono apparati di accesso con supporto di tecnologie metro quali routing avanzato, VRF, REP. Gli switch devono disporre di grande flessibilità d'utilizzo garantendo la possibilità di modificare i moduli da gigabit a 10Gbps, la possibilità di espansione e ridondanza con moduli analoghi o con equipaggiamenti diversi attraverso funzioni di stack. Devono garantire la robustezza attraverso moduli ridondati ed estraibili di alimentazione e raffreddamento e possibilità di condividere l'alimentazione con altri moduli in stack. Devono disporre di 24 porte 10/100/1000T PoE+ tutte utilizzabili contemporaneamente per collegare ed eventualmente alimentare i dispositivi di accesso e 4 porte SFP per alloggiare le ottiche per il collegamento alla MAN.

Gli switch definiti devono offrire alta disponibilità, scalabilità, sicurezza, efficienza energetica, possibilità di montare moduli di rete opzionali.

### 6.3.1 Caratteristiche e funzionalità

- 24 porte 10/100/1000 PoE +
- modulo di rete uplink con 4 GE SFP
- Possibilità di montare modulo di uplink con almeno 2 porte 10G SFP+
- 1 unità rack (RU)
- Doppie alimentatori ridondanti AC hot swap
- Doppie ventole di raffreddamento hot swap
- Media Access Control Security (MACSec) con crittografia basata su hardware
- Open Shortest Path First (OSPF)
- IPv4 e IPv6 multicast routing, qualità del servizio (QoS) e funzionalità di sicurezza a livello hardware
- misurazione e reporting del consumo energetico effettivo dei dispositivi PoE
- porta di gestione out-of-band Ethernet

- Prestazioni del bus di stack di almeno 60 Gbps

### 6.3.2 Routing IP

- Architettura hardware di instradamento
- protocolli di routing unicast IP (statico, RIPv1, RIPv2)
- Protocolli avanzati di routing IP unicast (OSPF, EIGRP, BGPv4, e IS-ISv4)
- Routing IPv6 (OSPFv3, EIGRPv6) supportato in hardware per le massime prestazioni.
- Routing equal-cost Layer 3 per il bilanciamento di carico e la ridondanza.
- Routing basato su policy (PBR)
- Hot Standby Routing Protocol (HSRP) con 30 collegamenti HSRP supportati per unità o stack. i uplink
- Protocol Independent Multicast (PIM) sparse PIM (PIM-SM), PIM Dense Mode (PIM-DM), PIM-sparse dense e Source Specific Multicast (SSM).
- (VRF)-Lite per sostenere più VPN, con indirizzi IP sovrapposti.

### 6.3.3 Qualità del servizio

- 802.1p class of service (CoS)
- differentiated services code point (DSCP)
- marking and reclassification per pacchetto su base IP address, MAC address, o Layer 4 TCP/UDP.
- 8 code d'uscita per porta
- Shaped Round Robin (SRR) scheduling
- Weighted Tail Drop (WTD)
- Strict priority queuing
- Rate limiting per IP address, MAC address, Layer 4 TCP/UDP

### 6.3.4 Protocolli supportati

- IEEE 802.1s
- IEEE 802.1w
- IEEE 802.1x
- IEEE 802.1x-Rev
- IEEE 802.3ad
- IEEE 802.1ae
- IEEE 802.3af
- IEEE 802.3at
- IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports
- IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol
- IEEE 802.1p CoS Prioritization
- IEEE 802.1Q VLAN
- IEEE 802.3 10BASE-T
- IEEE 802.3u 100BASE-TX
- IEEE 802.3ab 1000BASE-T
- IEEE 802.3z 1000BASE-X

### 6.3.5 Availability

- Resilient Ethernet Protocol
- IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)
- IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol (MST)
- Per-VLAN Rapid Spanning Tree (PVRST+)
- Flexlink
- 802.3ad Link Aggregation Bundles

### 6.3.6 Manageability

- Event Manager incorporato (EEM)
- Unidirectional Link Detection (UDLD)
- Replica remota del traffico con Port Analyzer (RSPAN)
- Layer 2 traceroute
- Remote Monitoring (RMON)
- Simple Network Management Protocol (SNMP) versions 1, 2, and 3
- MIBs

### 6.3.7 Performance

- Supporto 4000 Vlan IDs
- Supporto 1000 Vlan attive contemporanee
- Supporto Jumbo trame 9Kbyte
- MTBF 165.000 ore
- Temperatura di esercizio da -5 ° C a +45 ° C
- -Forwarding bandwidth: 160 Gbps
- -Forwarding rate: 65 Mpps

### 6.3.8 Consistenza

Per ciascun nodo secondario devono essere previste le opportune interfacce per il collegamento al ring e alla LAN.

Almeno n° 2 interfacce ottiche a 1Gbps (1000 LX)

Almeno n° 2 interfacce ottiche a 1Gbps (1000 SX)

Compresi di sistema di continuità elettrica con autonomia minima di 30 minuti

## 6.4 RETE RADIO

La liberalizzazione delle frequenze ISM ha portato negli ultimi anni allo sviluppo e diffusione di apparecchiature per la trasmissione Radio di trame Ethernet con sempre maggiore banda disponibile, affidabilità e contenimento dei costi.

In quest'ottica viene prevista la realizzazione di una rete radio per il collegamento delle sedi:

Piazza Sant'Agostino **BACKHAUL**

Municipio **BACKHAUL**

Scuola Elementare Don Saverio Bavaro **BACKHAUL**

Parrocchia di San Giuseppe **BACKHAUL**

Scuola Materna Rodari

Scuola Media Marconi - Buonarroti

Scuola Papa Giovanni XXIII

Scuola Media Buonarroti

Scuola Materna San Tommaso

Scuola Aldo Moro

#### 6.4.1 Infrastrutture di collegamento radio

La rete è strutturata con dei collegamenti di BackHaul a banda ultra larga che dipartiranno da un sito connesso direttamente alla rete ottica, verso due siti di distribuzione dei collegamenti alle sedi periferiche.

La rete di distribuzione prevede collegamenti punto-punto e punto-multipunto tra i nodi di distribuzione e le sedi da servire con una copertura tale da poter prevedere un incremento di punti da collegare per ulteriori sedi, hotspot, videosorveglianza etc. senza interventi onerosi.

Il dimensionamento della rete tiene conto delle stesse linee guida generalmente utilizzate per le sedi ottiche e recepisce le stesse tecnologie e dotazioni per quanto riguarda i nodi metropolitani di sede.

Per quanto concerne il calcolo della banda delle dorsali viene rispettato il parametro equivalente di massimo 15 nodi per petalo ottico che, per le sedi secondarie ha un throughput massimo di 1Gbps che corrisponde ad una banda garantita per sede di 66,6 Mbps.

Per una maggior disponibilità di banda e per evitare il sovraffollamento sulla bande 2,4 e 5 Ghz si prevede l'utilizzo di apparati di Backbone operanti nella banda dei 17GHz di recente liberalizzazione.

Gli apparati possono scalare fino ad una banda massima full duplex di 450Mbps per radio, aggregabili in combinazioni in alta affidabilità superando la banda di 1Gbps.

La distribuzione verso i siti di accesso viene invece effettuata tramite base station in corrispondenza dei nodi di distribuzione e CPE lato sede remota in tecnologia Hiperlan2 sulla banda 5dei Ghz, nel range dedicato all'outdoor con prestazioni superiori ai 200Mbps.

La realizzazione delle sedi in tecnologia radio prevede la disponibilità degli stessi servizi e funzioni delle sedi connesse tramite trasporto fisico ottico, inclusa la separazione o segmentazione di parte della rete o sedi, con tutte le tecnologie fisico/logiche già previste per la parte ottica della rete (frequenza, vlan, vpn mpls etc).

## 6.4.2 Backhaul

Per la costituzione dei link di Backhaul si utilizzeranno a supporto, le strutture comunali disposte in punti strategici per la copertura radio e realizzazione dei link, ovvero i punti più alti della Chiesa di Sant'Agostino e del Campanile della Chiesa di San Giuseppe.

In tali strutture sono realizzate le opere per l'alloggiamento degli apparati IDU, switch metro e UPS in appositi armadi rack da 19".

Sono inoltre da realizzare gli impianti di alimentazione e gli impianti di connessione alle ODU ed antenne, apparati di rete di riferimento, compresi staffaggi, tubazioni, canalizzazioni, box e accessori necessari per il completamento dell'opera a carico dell'aggiudicatario.

Le sedi CA1, in quanto punto di interconnessione tra le rete radio (nodo BR1) e la rete ottica, deve essere realizzata ed equipaggiata come gli altri nodi primari della MAN con l'aggiunta delle infrastrutture radio per la realizzazione dei link di Backhaul.

La topologia della struttura di rete è prevista a stella, sia per quanto riguarda la parte di backbone che per quella di distribuzione costituendo nell'insieme una struttura ad albero. Sono comunque richieste funzionalità di supporto della topologia ad anello degli apparati radio di backhaul, per future possibili integrazioni e sviluppi.

Nel complesso sono da realizzare quattro link di Backhaul verso altrettanti nodi di distribuzione (Piazza Sant'Agostino, Municipio, Scuola Elementare Don Saverio Bavaro, Parrocchia di San Giuseppe)

In ognuno dei siti di distribuzione sono quindi realizzati i link verso le sedi di accesso.

### Caratteristiche degli apparati

Per la garanzia della stabilità e sicurezza del link devono essere adottate le seguenti prescrizioni:

- L'adozione di apparati con parabole direttive operanti nella banda 17Ghz;
- La taratura dei livelli di potenza in funzione della reale necessità per la realizzazione stabile del link.
- L'utilizzo e corretto puntamento di antenne direttive con l'ausilio di strumenti ed misuratori di livello del segnale ricevuto.
- Il posizionamento degli apparati in punti studiati per limitare i disturbi da riflessione od ostacoli alla trasmissione



- Protezione dei link tramite autenticazione e cifratura

Le forniture devono pervenire da un unico produttore, attraverso i propri canali ufficiali di vendita e deve necessariamente disporre di una sede operativa nel territorio Italiano per garantire un adeguato supporto in caso di necessità. Il prodotto oggetto della fornitura deve avere le seguenti caratteristiche minime riscontrabili con appositi riferimenti a documentazione del produttore. Sono inoltre a carico dell'aggiudicatario tutte le opere e materiali accessori necessari per la consegna "chiavi in mano" dell'opera funzionante compresi di sistemi di continuità di elettrica con autonomia minima di 30 minuti.

#### Radio e interfacce

- Funzionamento in banda RF non licenziata 17.1-17.3 GHz

#### Gestione

- Throughput scalabile via software: fino a 450Mbps FULL duplex per portante
- TX Power fino a +15dBm
- Elevatissima sensibilità in ricezione fino a -88 dbm
- Spaziatura dei canali RF 7.0 / 14 / 28 / 56 MHz
- Max potenza di trasmissione 15 dbm
- ATPC Range 21 dB
- Modulazione auto adattiva da 4-QAM fino a 1024-QAM e ATPC
- Supporto protezione e aggregazione 1+1, 2+0
- Arco di temperature ODU - 35° C / + 55° C (ETSI 300 019-1-3)
- Modalità operativa bridging Layer2 trasparente
- EMI/EMC EN55022 Class B
- Sicurezza IEC 60950 add. IV – Class III
- Capacità di trasmissione variabile a seconda della larghezza di banda RF impiegata
- Correzione d'errore integrata
- Contenitore ODU ermetico in alluminio pressofuso
- Antenne integrate da 30cm fino a 1.2mt o separate
- Montaggio sia su palo che a muro
- Porta SFP per ingresso dati GigabitEthernet in Fibra Ottica o interfaccia Gigabit (IEEE 802.3at)
- Switch Ethernet integrato

- Possibilità di incrementare la banda con ulteriori sistemi tramite l'aggregazione di fino a 4 link in bilanciamento di carico, con protezione in meno di 50ms, supporto Q-in-Q, OAM e Ethernet sincrono con timing secondo G.8261 e IEEE 1588 v2
- Configurazione con GUI integrata senza necessità di software aggiuntivi
- Supporto SNMP v2
- Semplice puntamento antenne mediante Multimetro
- Scelta del canale di lavoro in banda
- Scelta della larghezza di canale occupato in accordo alla capacità di traffico (7-14-28-56 MHz)
- Controllo potenza di trasmissione in tutte le bande
- Configurazione Static Power Level Control (RTPC) o Automatic Transmit Power Control (ATPC)

#### Alimentazione

- Alimentatore PoE standard
- Da batteria standard – 48Vdc da rete 220 Vca tramite PSE
- Consumo <34 Watt
- Compreso di sistema di continuità di elettrica con autonomia minima di 30 minuti

## 6.5 Distribuzione radio

Il livello di distribuzione della rete radio realizza la copertura necessaria all'instaurazione dei link tra le stazioni terminali CPE e la rete stessa.

Tale copertura si realizza nei siti BR2, BR3 e BR4, tramite una o più base station e antenne di tipo settoriale o più direttivo a seconda dell'area e della distanza da coprire. La tecnologia prevista per tali collegamenti è di tipo Hiperlan2 sulla banda libera dei 5Ghz con utilizzo della modalità MIMO (multiple In Multiple Out) e antenne a doppia polarizzazione a garanzia di prestazioni e stabilità dei link. Considerati i parametri di dimensionamento e un throughput superiore ai 200Mbps per Base Station, risultano aggregabili fino a tre CPE per BS. L'utilizzo di BS dual radio inoltre permette di dimezzare il numero di apparati necessari per l'infrastruttura di distribuzione.

Le CPE sono previste con antenna direttiva patch integrata per rendere più agevole e poco impattante l'installazione. Tali CPE sono collegate agli switch di accesso delle sedi da servire, allo stesso modo delle sedi connesse in fibra ottica. Le dotazioni di tali sedi sono le medesime delle sedi secondarie ottiche. Le forniture devono pervenire da un unico produttore, attraverso i propri canali ufficiali di vendita e deve necessariamente disporre di una sede operativa nel territorio Italiano per garantire un adeguato supporto in caso di necessità. Sono inoltre a carico dell'aggiudicatario tutte le opere e materiali accessori

necessari per la consegna “chiavi in mano” dell’opera funzionante compresi di sistemi di continuità di elettrica con autonomia minima di 30 minuti.

#### Caratteristiche degli apparati

I prodotti oggetto della fornitura devono avere le seguenti caratteristiche minime riscontrabili con appositi riferimenti a documentazione del produttore:

#### 6.5.1 Base Station

##### ODU

Enclosure resistente alle intemperie in alluminio con grado di protezione IP68

Temperatura di esercizio -35°C / +65°C

Protezione anti fulminazione IEC-61000-4-5 fino a 25Kv

Certificazioni EN60950-1 EN301893, EN301328 EN300652, EN300836 EN301489

Tecnologia MIMO

Throughput netto >198Mbps

Frequenza operativa da 5.470 a 5.725 Ghz

Standard ETSI Hiperlan2, 802.11a,h,n

Larghezze canale supportate 5Mhz, 10Mhz, 20Mhz, 40Mhz

Modulazione OFDM, TDMA , TDD, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM

Spaziatura canali 5Mhz, 10Mhz, 20Mhz

Selezione automatica canali con DFS e TPC

Regolazione automatica della potenza con ATPC

Potenza Max al connettore d’antenna 20dBm

Sensibilità in ricezione fino a -94 dBm a 20 Mhz

Routing, OSPF, BGPv4, MPLS, VPLS, , MESH

VPN IPSEC e EoIP

Crittografia WPA2, WPA-PSK, AES-CCM & TKIP 256 bit

Filtro e autenticazione su base MAC-ADDRESS, IPsec,

Supporto VLAN 802.1q, QinQ

Supporto QoS CBQ, 802.1p, IPToS RFC791, Layer 4-7 traffic shaping.

Isolamento delle stazioni a livello 2

Supporto Spanning Tree Protocol (STP e RSTP)

##### Gestione

Gestione con accesso multilivello via Telnet, SSH, GUI su SSH, SNMP V2

Analizzatore di spettro integrato

Packet analyzer integrato

Traffic analyzer integrato

##### IDU

Possibilità di collegamento diretto a batteria per la continuità di alimentazione

Porta Gigabit Ethernet 10/100/1000 FullDuplex, Autosensing, Auto MDI/MDX

Temperatura di esercizio 0°C / +45°C

Tensione di alimentazione DC 12-24V / AC 100-250 V.

Compresi sistemi di continuità di elettrica con autonomia minima di 30 minuti.

##### Antenna settoriale

Tipo a pannello

Frequenza di esercizio 4.9-6.1 GHz  
Guadagno >16 dBi  
VSWR 1.7 : 1  
Front to back ratio -30 dB (max)  
Angolo di orizzontale a 3 dB 60°  
Angolo verticale a 3 dB 8°  
Dimensione massima (LxWxH) 375 x 375

Antenna direttiva  
Tipo a parabola  
Corpo in alluminio con involucro plastico ABS resistente UV  
Frequenza di esercizio 5.4 - 5.95 GHz  
Guadagno >22 dBi  
VSWR 1.5 : 1  
Front to back ratio >35 dB  
Angolo a 3 dB 9°  
Doppia polarizzazione  
Dimensione massima  $\varnothing$  39 cm

## 6.5.2 CPE

### ODU

Enclosure resistente alle intemperie con grado di protezione IP67  
Temperatura di esercizio -35°C / +65°C  
Protezione anti fulminazione IEC-61000-4-5 fino a 2Kv  
Certificazioni EN60950-1 EN301893, EN300328 EN300652, EN300836 EN301489  
Tecnologia MIMO  
Throughput netto >198Mbps  
Frequenza operativa da 5.470 a 5.725 Ghz  
Standard ETSI Hiperlan2, 802.11,h,n  
Larghezze canale supportate 5Mhz, 10Mhz, 20Mhz, 40Mhz  
Modulazione OFDM, TDMA , TDD, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM  
Spaziatura canali 5Mhz, 10Mhz, 20Mhz  
Selezione automatica canali con DFS e TPC  
Regolazione automatica della potenza con ATPC  
Potenza Max 30dBm  
Antenna integrata 20dbi  
Sensibilità in ricezione fino a -90 dBm a 20 Mhz  
Routing, OSPF, BGPv4, MPLS, VPLS, , MESH  
VPN IPSEC e EoIP  
Crittografia WPA2, WPA-PSK, AES-CCM & TKIP 256 bit  
Filtro e autenticazione su base MAC-ADDRESS, IPsec,  
Supporto VLAN 802.1q, QinQ  
Supporto QoS CBQ, 802.1p, IPToS RFC791, Layer 4-7 traffic shaping.  
Supporto Spanning Tree Protocol (STP e RSTP)  
Gestione con accesso multilivello via Telnet, SSH, GUI su SSH, SNMP V2

### IDU

Possibilità di collegamento diretto a batteria per la continuità di alimentazione  
Porta Gigabit Ethernet 10/100/1000 FullDuplex, Autosensing, Auto MDI/MDX  
Temperatura di esercizio 0°C / +45°C  
Tensione di alimentazione DC 12-24V / AC 100-250 V.  
Compresi sistemi di continuità di elettrica con autonomia minima di 30 minuti.

Protezione anti fulminazione IEC-61000-4-5 fino a 2Kv  
Certificazioni EN60950-1 EN301893, EN300328 EN300652, EN300836 EN301489  
Tecnologia MIMO  
Throughput netto >198Mbps  
Frequenza operativa da 5.470 a 5.725 Ghz  
Standard ETSI Hiperlan2, 802.11,h,n  
Larghezze canale supportate 5Mhz, 10Mhz, 20Mhz, 40Mhz  
Modulazione OFDM, TDMA , TDD, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM  
Spaziatura canali 5Mhz, 10Mhz, 20Mhz  
Selezione automatica canali con DFS e TPC  
Regolazione automatica della potenza con ATPC  
Potenza Max 30dBm  
Antenna integrata 20dbi  
Sensibilità in ricezione fino a -90 dBm a 20 Mhz  
Routing, OSPF, BGPv4, MPLS, VPLS, , MESH  
VPN IPSEC e EoIP  
Crittografia WPA2, WPA-PSK, AES-CCM & TKIP 256 bit  
Filtro e autenticazione su base MAC-ADDRESS, IPsec,  
Supporto VLAN 802.1q, QinQ  
Supporto QoS CBQ, 802.1p, IPToS RFC791, Layer 4-7 traffic shaping.  
Supporto Spanning Tree Protocol (STP e RSTP)  
Gestione con accesso multilivello via Telnet, SSH, GUI su SSH, SNMP V2

#### IDU

Possibilità di collegamento diretto a batteria per la continuità di alimentazione  
Porta Gigabit Ethernet 10/100/1000 FullDuplex, Autosensing, Auto MDI/MDX  
Temperatura di esercizio 0°C / +45°C  
Tensione di alimentazione DC 12-24V / AC 100-250 V.  
Compresi sistemi di continuità di elettrica con autonomia minima di 30 minuti.

- MPLS TE (MPLS Traffic Engineering)
- I-BGP (Interior Border Gateway Protocol)
- BGP ECMP (BGP Equal Cost Multi Path)

Le scelte tecnologiche, nascono dalla particolare rilevanza che la tipologia dei servizi che viaggeranno su questa infrastruttura e che l'Amministrazione deve garantire sia per i servizi interni che per le altre amministrazioni collegate. La soluzione identificata, tenendo conto dei numerosi parametri presenti ed esaminandoli nella loro interezza consente, pertanto, di soddisfare sia le esigenze di connettività che di affidabilità e "robustezza" della nuova Rete Metropolitana, al fine di garantire i massimi livelli di continuità del servizio. Su questa linea progettuale si inserisce la scelta del protocollo MPLS in grado di fornire un'ampia gamma di servizi possibili e permettere una evoluzione avvantaggiandosi dei servizi di instradamento, Sicurezza, QoS e di protezione supportati nativamente. Lo sviluppo di Ethernet nelle architetture di rasporto dei service provider ha posto nuove sfide e necessità di capacità di gestione più efficaci. Ethernet over MPLS (EoMPLS) fornisce un maggiore ventaglio di funzionalità di Operation, Administration and Maintenance (OA&M) rispetto alla classica Ethernet, incluso il supporto di VPN di Layer2 e Layer 3, il Traffic Engineering, la Quality Of Service (QoS) per garantire gli SLA. Inoltre EoMPLS supporta

anche la funzionalità PseudoWire che garantisce la totale trasparenza e la realizzazione di link e dorsali attraverso una rete estesa e strutturata.

Multi Protocol Label Switching (MPLS) è una tecnologia che permette di instradare flussi di traffico multiprotocollo tra i nodi di origine (Ingress Node) e nodi di destinazione (Egress Node) tramite l'utilizzo di etichette (Label) che vengono aggiunte ai pacchetti da instradare.

MPLS suddivide l'instradamento delle reti esterne al cloud MPLS, le reti IP, attraverso l'assegnazione di una label e di quelle interne in cui il forwarding dei pacchetti viene effettuato su base label con

un'operazione di switching in modo simile all'ATM.

La commutazione interna basata su una tabella di associazione pacchetto/etichetta risulta essere più efficiente rispetto all'instradamento tramite tabelle di routing IP consentendo di ottenere un throughput più elevato ed una latenza più bassa. L'MPLS è un protocollo a metà tra il livello Data Link (Switching) ed il livello Network (Routing) della pila ISO/OSI avendo peculiarità di entrambi.

MPLS è anche il protocollo su cui sono stati sviluppati servizi quali MPLS-TE (Traffic Engineering), VPLS (Virtual Private Lan Service), HVPLS (Hierarchical VPLS), VPWS (Virtual Private Wire Service, Pseudo-wire), EoMPLS (Ethernet over MPLS) e le MP-BGP VPN.

Attraverso questa suite protocollare è possibile garantire qualsiasi modalità di funzionamento della rete a partire dalla simulazione di un unico grande network di livello 2 tramite VPLS. Dal punto di vista funzionale la rete si presenta come un Cloud trasparente verso gli utilizzatori ai suoi capi, nonostante implementi invece tutte le ottimizzazioni possibili solo su rete Layer 3 quali il bilanciamento Equal Cost Multi Path (ECMP), il reinstradamento automatico su vie multiple anche in ambito geografico, i meccanismi di QoS, RSTP e gestione remota.

## **7 PIATTAFORMA DI GESTIONE**

La gestione di una rete così fatta richiede una organizzazione e strumenti specifici atti ad agevolare l'attività di monitoraggio, gestione e manutenzione della stessa. Questi strumenti prendono forma in un sistema di management integrato che sarà reso disponibile ai soggetti incaricati della gestione della rete e della governance della stessa.

Il software per il monitoraggio e la configurazione centralizzata di tutti gli apparati costituenti la rete MAN deve essere previsto dello stesso produttore degli apparati della rete ottica.e deve prevedere una serie di funzionalità di ausilio alla gestione ed automatizzazione di processi per rendere più efficiente ed organizzata l'attività di management tra cui:

- Monitoring: analisi continua dello stato operativo degli apparati, delle interfacce, delle componenti etc. allo scopo di evidenziare anomalie e guasti segnalandone la presenza.
- Traffic history: Generare e mantenere statistiche del traffico.
- Inventory Manager: crea e mantiene aggiornato l'inventario sia dei componenti hardware che software hardware e software, fornendo report dettagliati in merito;
- Configuration Manager: mantiene un archivio degli scambi dei file di configurazione per ogni dispositivo gestito e semplifica le modifiche a riguardo;
- Software Manager: semplifica e velocizza l'analisi dell'immagine software e degli aggiornamenti;
- Syslog Analysis: colleziona e analizza i messaggi di log per aiutare a isolare gli errori sulla rete.
- Change Audit Services: prevede un monitoraggio continuo dei dati in arrivo dai dispositivi rispetto a quelli salvati localmente per segnalarne le variazioni.
- Audit Trails: monitora e tiene sempre traccia delle modifiche apportate alla piattaforma da parte dell'Amministrazione del sistema;
- Compliance Management: verifica che le configurazioni siano conformi con le policy predefinite.

La piattaforma deve essere fornita compresa dei sistemi hardware e sistema operativo necessario, popolata di tutti gli elementi della rete forniti e configurata per il polling degli apparati, l'allarmistica, il reporting.

## 8 FORMAZIONE

La Ditta aggiudicataria deve garantire in collaborazione con il personale dell'Amministrazione:

- la formazione del personale del Servizio Informatico per l'amministrazione e la gestione dell'intera infrastruttura, per la diagnosi ed un efficace "Problem Solving" in caso di guasto o malfunzionamento. La formazione deve avere una durata di almeno 5 giorni con modalità corsuale e training on the job;

- supporto telefonico agli amministratori almeno per tutto il periodo della assistenza;

- Le Ditte concorrenti devono descrivere dettagliatamente il piano della formazione del personale, comprensivo dell'indice degli argomenti e delle modalità di tenuta dei corsi. Inoltre devono essere descritte le modalità di affiancamento al personale nella fase di avvio.

- Al termine della formazione deve essere rilasciata la documentazione in formato elettronico dei contenuti del corso e riferimenti a risorse elettroniche del produttore inerenti i contenuti dello stesso.