



PASUBIO TECNOLOGIA
servizi digitali per la pubblica amministrazione

ST-B1

Specifiche tecniche per la fornitura e messa in opera della rete

Portanti ottici

Cavi

Revisione 1.0

Cavi a fibre ottiche

Caratteristiche dei cavi ottici tradizionali

Struttura dei cavi da 24 a 144 fibre ottiche

Struttura dei cavi tradizionali a 12 fibre ottiche

Caratteristiche dei minicavi

Struttura dei minicavi

Caratteristiche dei cavi ottici autoportanti

Struttura dei cavi da 48 fibre ottiche per posa su palificata

Struttura dei cavi autoportanti per posa in ambito urbano ed in facciata ad edificio

Caratteristiche meccaniche

Caratteristiche dei cavi LSZH

Marcatura esterna dei cavi

Caratteristiche della fibra ottica

Colorazione delle fibre e dei tubetti

Procedura di fornitura del cavo

Certificazione e documentazione di collaudo in fabbrica

Gestione della fase produttiva e tracciabilità

Accettazione - collaudo dei cavi ottici

Posa dei cavi tradizionali a fibre ottiche

Posa in tubazione

Posa manuale

Posa con argani

Posa con acqua (sistema floating) o aria in pressione (sistema blowing)

Posa in cunicolo

Sistemazione del cavo nei pozzetti

Posa in ambienti interni

Posa aerea

Posa della tesata e del cavo autoportante

Posa in cunicolo ferroviario

Posa dei minicavi a fibre ottiche

Etichettatura dei cavi e degli elementi protettivi

Cavi a fibre ottiche

I portanti fisici da utilizzare per i collegamenti in fibra ottica devono essere cavi equipaggiati con fibre ottiche monomodali (SMR) conformi alle raccomandazioni **ITU-T G.652 D**. Per tutti i cavi descritti nei seguenti paragrafi la potenzialità dei cavi da impiegare è riportata nei progetti.

Tutti i cavi devono essere completamente dielettrici (cioè privi di elementi metallici), devono contenere gel tamponante tale da non consentire la propagazione longitudinale dell'acqua in caso di penetrazione (caratteristica di water-blocking).

Per quanto riguarda l'impiego dei cavi per uso interno, si dovrà prevedere l'utilizzo di un cavo con guaina LSZH¹. I paragrafi seguenti descrivono le specifiche dei cavi tradizionali, dei cavi autoportanti e dei minicavi.

I cavi devono avere struttura a tubetti (tipo loose) a moduli da 12 fibre ciascuno. Sono previste le seguenti tipologie di cavo:

- cavo a 144 fibre ottiche SMR – 12 tubetti con fibre
- cavo a 48 fibre ottiche SMR – 5 tubetti di cui 4 con fibre
- cavo a 24 fibre ottiche SMR – 5 tubetti di cui 2 con fibre
- cavo a 8/12 fibre ottiche SMR – 1 tubetto con fibre

Ogni cavo deve essere contraddistinto da una sigla di identificazione del tipo previsto dalle vigenti norme CEI-UNEL 36011.

Numero di fibre	Sigla di Identificazione
12	TOL1D 12 1(12SMR)T/EVE
24	TOL5D 24 2(12SMR)T/EVE
48	TOL5D 48 4(12SMR)T/EVE
144	TOL12D 144 12(12SMR)T/EVE

Tabella 1 – Sigle identificative dei cavi da esterni (guaine in polietilene)

Numero di fibre	Sigla di Identificazione
12	TOL1D 12 1(12SMR)T/VM1
24	TOL5D 24 2(12SMR)T/VM1
48	TOL5D 48 4(12SMR)T/VM1
144	TOL12D 144 12(12SMR)T/VM1

Tabella 2 – Sigle identificative dei cavi da interni (guaine LSZH)

¹ Cioè a bassa emissione di fumi senza alogeni, Low Smoke Zero Halogen: in caso d'incendio, garantiscono una produzione assai limitata di fumi opachi e gas tossici e corrosivi

Caratteristiche dei cavi ottici tradizionali

Struttura dei cavi da 24 a 144 fibre ottiche

Al centro del cavo è posto un elemento di Fiberglass opportunamente dimensionato attorno al quale vengono riuniti i tubetti che, a seconda della potenzialità del cavo, contengono 12 fibre ottiche SMR del tipo ITU-T G652D oppure sono solo riempitivi.

I tubetti sono tamponati al proprio interno per proteggere le fibre dalla penetrazione e dalla propagazione longitudinale dell'acqua nonché da eventuali danneggiamenti meccanici delle stesse. Il nucleo di tubetti riunito è del tipo tamponato con jelly e materiali igroespandibili tale da non permettere la propagazione longitudinale dell'acqua in caso di penetrazione.

Sopra il nucleo dei tubetti è posta una guaina interna in polietilene del tipo a bassa densità (PE) di colore nero. Sopra la guaina interna è posta la protezione dielettrica del cavo. Questa protezione è composta da un doppio strato di filati di vetro a sensi controversi opportunamente dimensionati per garantire ai cavi le prestazioni di tiro ed una copertura del nucleo sottostante opportuna per la funzione antiroditore. In ogni caso il titolo totale dei filati di vetro non dovrà essere inferiore a 20.000 Tex per i cavi fino a 48 fibre ed a 30.000 Tex per i cavi da a 144 fibre.

All'esterno del cavo è posta una guaina di colore giallo in polietilene del tipo ad alta densità (HDPE) per l'utilizzo in esterno dentro tubazioni o canalizzazioni, oppure una guaina di colore verde di tipo LSZH (termoplastica di tipo M1) per l'utilizzo all'interno degli edifici.

In caso di posa all'interno degli edifici i cavi da utilizzare devono avere sia la guaina interna che la guaina esterna LSZH.

Nelle figure che seguono si mostrano le sezioni dei cavi.

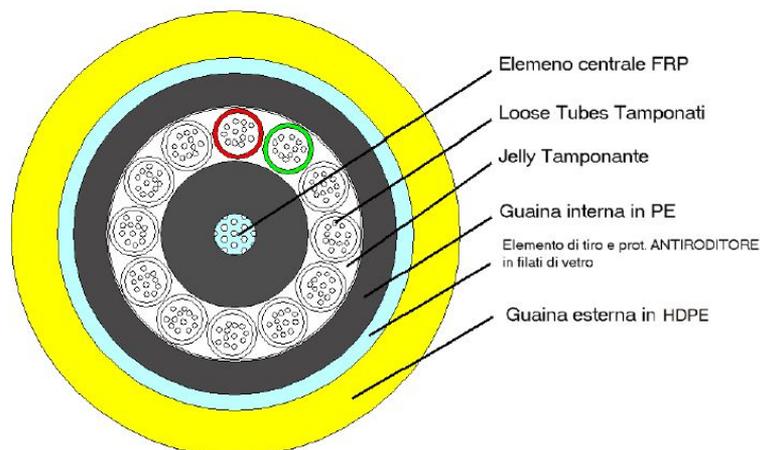


Figura 1 - Sezione di cavo a 144 fibre ottiche SMR con guaina HDPE

ST
 Specifiche tecniche per la fornitura e messa in
 opera della rete

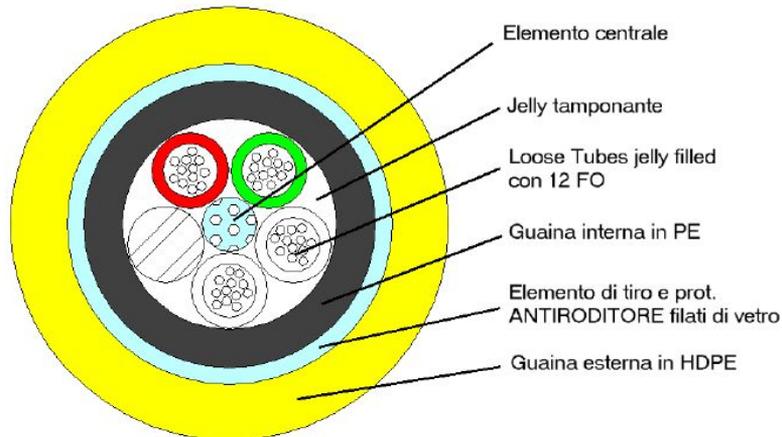


Figura 2 - Sezione di cavo a 48 fibre ottiche SMR (un tubetto riempitivo) e 24 fibre ottiche SMR (tre tubetti riempitivi) con guaina HDPE

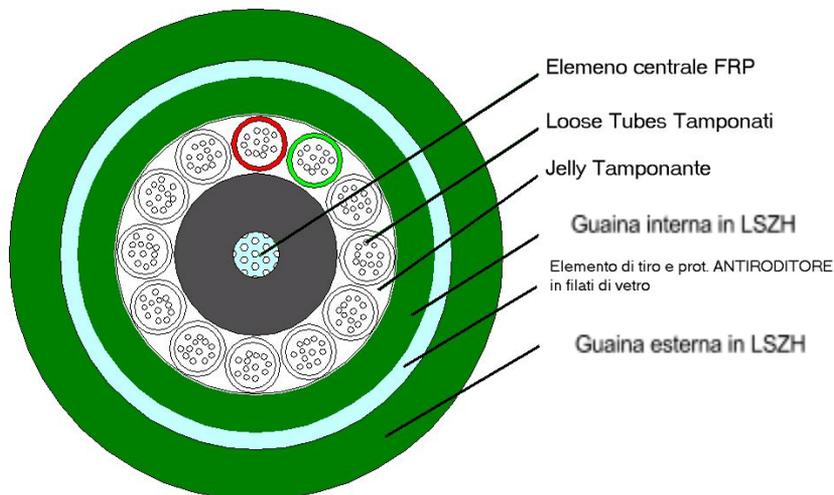


Figura 3 - Sezione di cavo a 144 fibre ottiche SMR con guaina LSZH

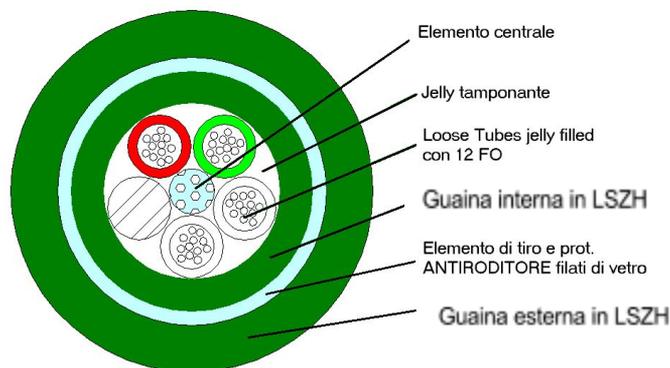


Figura 4 - Sezione di cavo a 48 fibre ottiche SMR (un tubetto riempitivo) e 24 fibre ottiche SMR (tre tubetti riempitivi) con guaina LSZH

Struttura dei cavi tradizionali a 12 fibre ottiche

I cavi a 12 fibre ottiche sono costituiti da un unico tubetto lasco al cui interno sono poste tutte le fibre del cavo (SMR del tipo ITU-T G652D).

L'interno del tubo è tamponato con jelly per evitare danneggiamenti delle fibre e per impedire la propagazione longitudinale dell'acqua.

Sopra il tubo centrale è posta la protezione dielettrica del cavo. Questa serve alla duplice funzione di organo di tiro e barriera contro l'attacco dei roditori, è composta da filati di vetro opportunamente dimensionati per garantire al cavo le prestazioni di tiro ed una copertura del nucleo sottostante del 100%. In ogni caso il titolo totale dei filati di vetro non dovrà essere inferiore a 7.000 tex.

All'esterno del cavo è posta una guaina di colore giallo in polietilene del tipo ad alta densità (HDPE) per l'utilizzo in esterno dentro tubazioni o canalizzazioni, oppure una guaina di colore verde di tipo LSZH (termoplastica di tipo M1) per l'utilizzo all'interno degli edifici. Nelle figure che seguono si mostrano le sezioni dei cavi a 12 fibre ottiche.

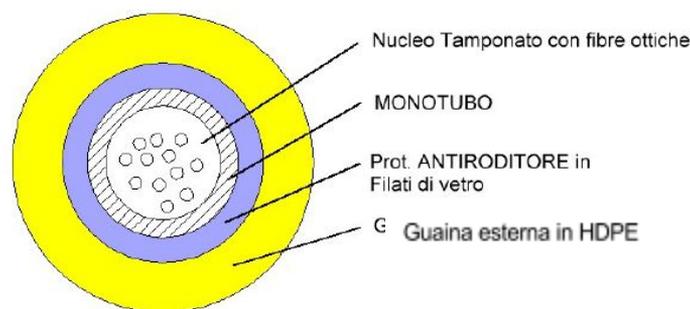


Figura 5 – Sezione di cavo a 12 fibre ottiche SMR con guaina in HDPE

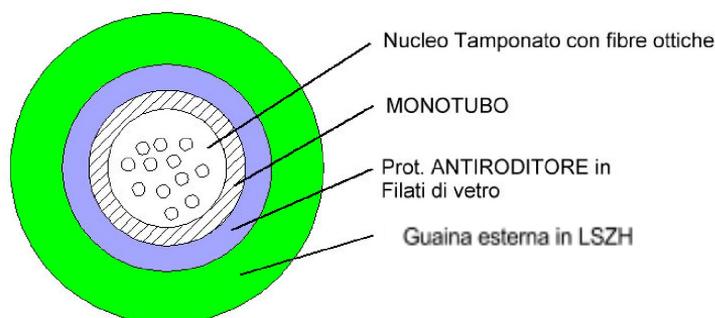


Figura 6 - Sezione di cavo a 12 fibre ottiche SMR con guaina LSZH

Caratteristiche dei minicavi

I minicavi hanno potenzialità 24, 48 e 144 fibre ottiche. I minicavi devono avere struttura a tubetti (tipo loose) contenenti:

- 12 fibre ottiche ciascuno per cavi di potenzialità da 24 a 48 fibre
- 24 fibre ottiche ciascuno per cavi di potenzialità da 144 fibre

Sono quindi previste le seguenti tipologie di cavo:

- cavo a 144 fibre ottiche – 6 tubetti con 24 fibre ciascuno
- cavo a 48 fibre ottiche – 6 tubetti di cui 4 con 12 fibre ciascuno
- cavo a 24 fibre ottiche – 6 tubetti di cui 2 con 12 fibre ciascuno

Ogni cavo deve essere contraddistinto da una sigla di identificazione del tipo previsto dalle vigenti norme CEI.

Numero di fibre	Sigla di Identificazione
24	TOL6D 24 2(12SMR)T/EVE
48	TOL6D 48 4(12SMR)T/EVE
144	TOL6D 144 6(24SMR)T/EVE

Tabella 3 – Sigle identificative dei minicavi da esterni (guaine in polietilene)

Numero di fibre	Sigla di Identificazione
24	TOL6D 24 2(12SMR)T/VM1
48	TOL6D 48 4(12SMR)T/VM1
144	TOL6D 144 6(24SMR)T/VM1

Tabella 4 – Sigle identificative dei cavi da interni (guaine LSZH)

Struttura dei minicavi

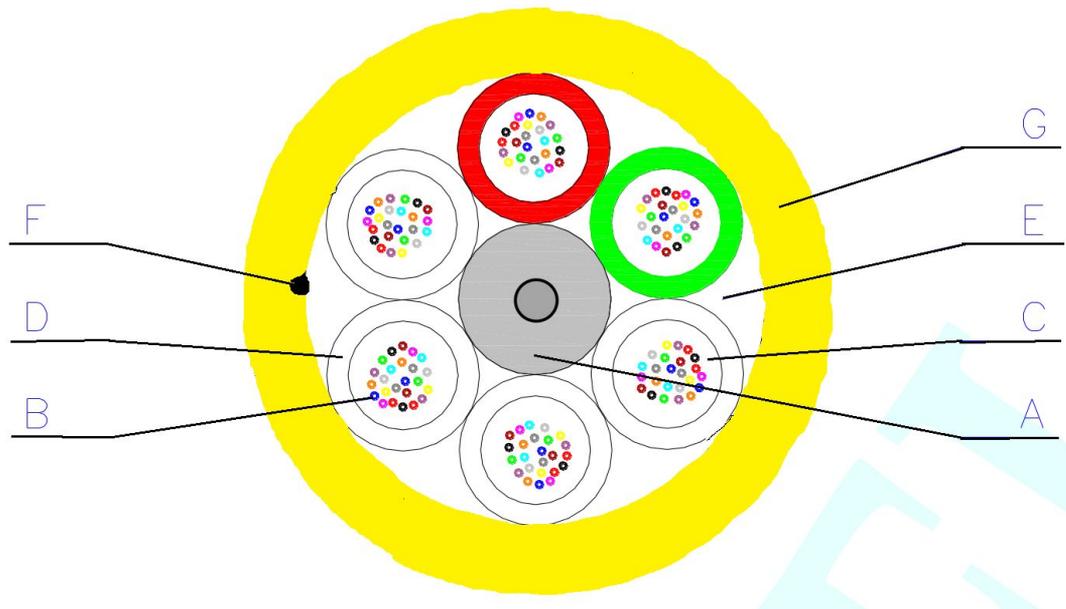
Al centro del cavo è posto un elemento di Fiberglass opportunamente dimensionato attorno al quale vengono riuniti i tubetti che, a seconda della potenzialità del cavo, contengono 12 o 24 fibre ottiche SMR del tipo ITU-T G652D altrimenti sono solo riempitivi.

I tubetti sono tamponati al proprio interno per proteggere le fibre dalla penetrazione e dalla propagazione longitudinale dell'acqua nonché da eventuali danneggiamenti meccanici delle stesse. Il nucleo di tubetti riunito è del tipo tamponato con jelly e materiali igroespandibili tale da non permettere la propagazione longitudinale dell'acqua in caso di penetrazione.

All'esterno del cavo è posta una guaina di colore giallo in polietilene del tipo ad alta densità (HDPE) per l'utilizzo in esterno dentro tubazioni o canalizzazioni, oppure una guaina di colore verde di tipo LSZH (termoplastica di tipo M1) per l'utilizzo all'interno degli edifici.

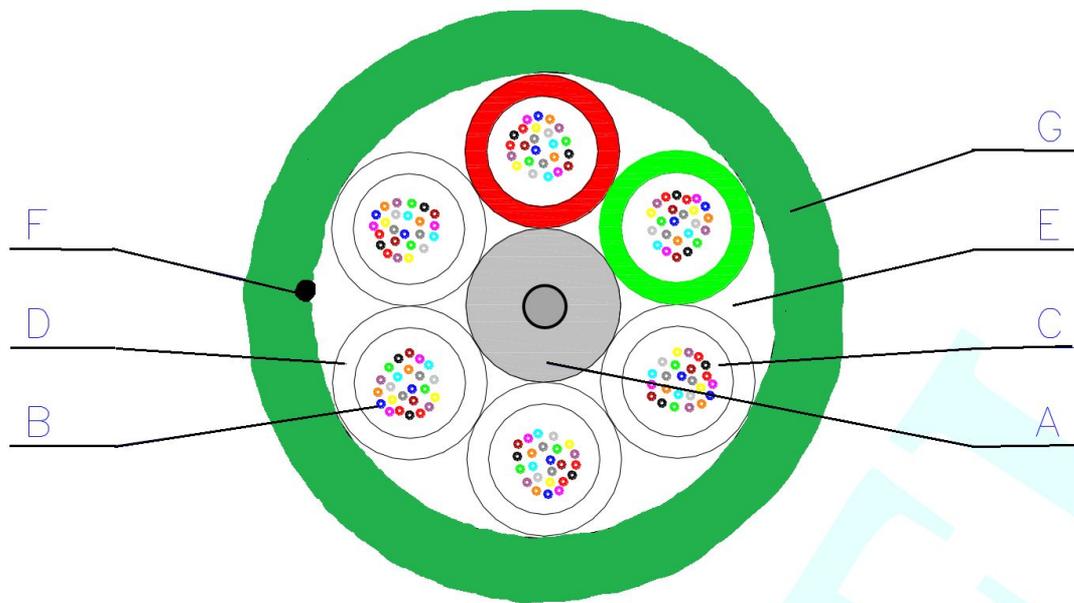
Nelle figure seguenti si mostrano le sezioni dei minicavi.

ST
Specifiche tecniche per la fornitura e messa in
opera della rete



- A - Elemento centrale VTR
- B - 12 o 24 FO
- C - Jelly tamponante
- D - Tubetto loose
- E - Tamponamento nucleo
- F - Filo tagliaguaina
- G - Guaina in HDPE

Figura 7 - Sezione di minicavo con guaina HDPE 144 FO (6 tubetti con 24 FO ciascuno), 48 FO (4 tubetti con 12 FO ciascuno e 2 riempitivi) e 24 FO (2 tubetti con 12 FO ciascuno e 4 riempitivi)



- A - Elemento centrale VTR
- B - 12 o 24 FO
- C - Jelly tamponante
- D - Tubetto loose
- E - Tamponamento nucleo
- F - Filo tagliaguaina
- G - Guaina in HDPE

Figura 8 - Sezione di minicavo con guaina LSZH 144 FO (6 tubetti con 24 FO ciascuno), 48 FO (4 tubetti con 12 FO ciascuno e 2 riempitivi) e 24 FO (2 tubetti con 12 FO ciascuno e 4 riempitivi)

Caratteristiche dei cavi ottici autoportanti

La potenzialità dei cavi da impiegare è riportata nei progetti. I cavi devono avere struttura a tubetti (tipo loose) a moduli da 12 fibre ciascuno. Sono previste le seguenti tipologie di cavo:

- cavo autoportante per posa su palificata a 48 fibre ottiche SMR – 6 tubetti di cui 4 con 12 fibre
- cavo autoportante per posa in ambito urbano ed in facciata ad edificio a 24 fibre ottiche SMR – 4 tubetti di cui 2 con 12 fibre
- cavo autoportante per posa in ambito urbano ed in facciata ad edificio a 48 fibre ottiche SMR – 4 tubetti di cui 2 con 12 fibre

Ogni cavo deve essere contraddistinto da una sigla di identificazione del tipo previsto dalle vigenti norme CEI-UNEL 36011.

Numero di fibre	Sigla di Identificazione
48	TOL6D 48 4(12SMR)T/EKE
24	TOL4D 24 2(12SMR)T/EKE
48	TOL4D 48 4(12SMR)T/EKE

Tabella 5 – Sigle identificative dei cavi autoportanti

Struttura dei cavi da 48 fibre ottiche per posa su palificata

Al centro del cavo è posto un elemento di Fiberglass opportunamente dimensionato attorno al quale vengono riuniti i tubetti che, a seconda della potenzialità del cavo, contengono 12 fibre ottiche SMR del tipo ITU-T G652D oppure sono solo riempitivi.

I tubetti sono tamponati al proprio interno per proteggere le fibre dalla penetrazione e dalla propagazione longitudinale dell'acqua nonché da eventuali danneggiamenti meccanici delle stesse. Il nucleo di tubetti riunito è del tipo tamponato con jelly e con materiali igroespandibili tale da non permettere la propagazione longitudinale dell'acqua in caso di penetrazione e cordato con filati igroespandibili.

Sopra il nucleo dei tubetti è posta una guaina interna in polietilene del tipo ad alta densità (HDPE) di colore nero. Sopra è posta la protezione dielettrica del cavo. Questa protezione è composta da doppia armatura di filati aramidici a sensi alterni opportunamente dimensionati per garantire ai cavi le prestazioni di tiro ed una copertura del nucleo sottostante opportuna per la funzione antiroditoro. In ogni caso il titolo totale dei filati aramidici non dovrà essere inferiore a 20.000 Tex.

All'esterno del cavo è posta una guaina di colore nero in polietilene del tipo ad alta densità (HDPE).

Nella seguente figura si mostra la sezione del cavo.

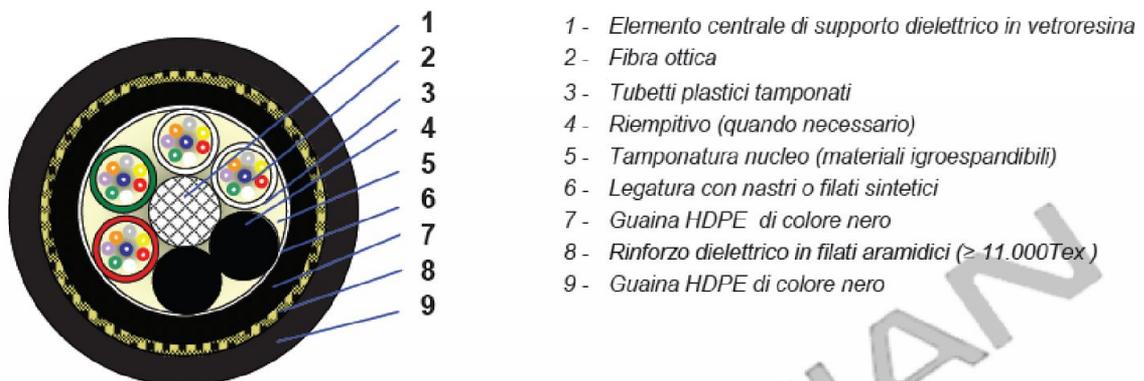


Figura 9 - Sezione di cavo autoportante a 48 fibre ottiche SMR per posa su palificata

Struttura dei cavi autoportanti per posa in ambito urbano ed in facciata ad edificio

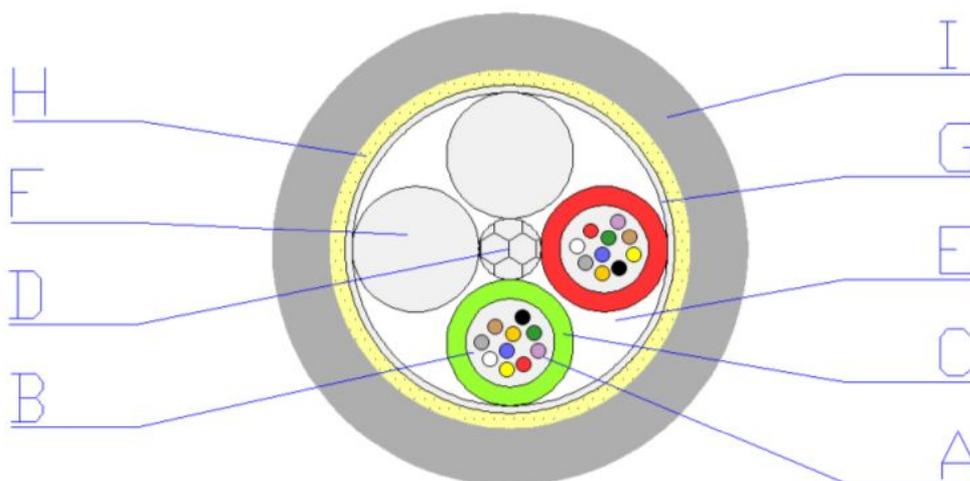
Al centro del cavo è posto un elemento di Fiberglass opportunamente dimensionato attorno al quale vengono riuniti i tubetti che, a seconda della potenzialità del cavo, contengono 12 fibre ottiche SMR del tipo ITU-T G652D oppure sono solo riempitivi.

I tubetti sono tamponati al proprio interno per proteggere le fibre dalla penetrazione e dalla propagazione longitudinale dell'acqua nonché da eventuali danneggiamenti meccanici delle stesse. Il nucleo di tubetti è riunito mediante legatura con filati igroespandibili.

Sopra è posta la protezione dielettrica del cavo. Questa protezione è composta da filati aramidici opportunamente dimensionati per garantire ai cavi le prestazioni di tiro ed una copertura del nucleo sottostante opportuna per la funzione antiroditore. In ogni caso il titolo totale dei filati aramidici non dovrà essere inferiore a 7.000 Tex.

All'esterno del cavo è posta una guaina di colore grigio RAL7001 in polietilene del tipo ad alta densità (HDPE).

Nella seguente figura si mostrana la sezione del cavo.



- A - 12 FO
- B - Tamponante tubetto
- C - Tubetto
- D - Elemento centrale VTR
- E - Tamponante nucleo
- F - Tubetto riempitivo
- G - Legatura filati igroespandibili
- H - Filati aramidici
- I - Guaina in HDPE grigio RAL7001

Figura 10 – Sezione di cavo autoportante per posa in ambito urbano ed in facciata a 48 FO (4 tubetti con 12 FO ciascuno) e 24 FO (2 tubetti con 12 FO ciascuno e 2 riempitivi)

Caratteristiche meccaniche

I cavi a fibre ottiche devono essere conformi alle norme in vigore (IEC 60794 e EN 187000) per tutto ciò che concerne le caratteristiche e le prove meccaniche (trazione, percussione, schiacciamento, ciclo termico e penetrazione dell'acqua).

Caratteristiche dei cavi LSZH

I cavi a bassa emissione di fumi opachi e antifiamma da utilizzare nelle pose in ambienti interni devono rispettare le norme CEI 20-35/1-1, CEI 20-22/3-4, CEI 20-37/3-1, CEI 20-37/2-1 e CEI 20-37/4-1 con i limiti riportati nella norma CEI 20-38.

Marcatura esterna dei cavi

Sulla guaina esterna di ogni pezzatura devono essere impresse ad intervalli regolari di 1 metro e senza arrecare deformazioni o danneggiamenti al cavo, la seguente stampigliatura in colore nero o di contrasto con il colore della guaina:

- nome del costruttore
- CAVO OTTICO
- sigla identificativa del cavo "sigla a norme CEI"
- numero identificativo²
- anno di fabbricazione
- metrica sequenziale³ (**)

Esempio:

nome del costruttore - CAVO OTTICO – TOL12D 144 12(12SMR) - n° identificativo - anno di fabbricazione - metrica sequenziale

Per quanto concerne la lunghezza della pezzatura, fa fede la misura di lunghezza ottica effettuata con un riflettometro ottico (OTDR) certificato in ambito ISO 9001.

²Numero identificativo che ha lo scopo di permettere la rintracciabilità del cavo posato es. Lotto di fabbricazione.

³ La marcatura metrica sequenziale può iniziare da un valore diverso da zero.

Caratteristiche della fibra ottica

Il paragrafo descrive le caratteristiche delle fibre single mode rispondenti alla raccomandazione ITU-T G.652D da utilizzarsi. Le fibre ottiche dovranno comunque soddisfare i parametri maggiormente restrittivi nel seguito indicati.

- Attenuazione @ 1310 nm : valore massimo $\leq 0,34$ dB/km
- Attenuazione @ 1550 nm : valore massimo $\leq 0,21$ dB/km
- Lunghezza d'onda di taglio della fibra (λ_{cc}) : ≤ 1260 nm
- Dispersione cromatica totale @ 1285 ÷ 1330 nm : valore massimo $\leq 3,5$ ps/nm*km
- Dispersione cromatica totale @ 1285 ÷ 1330 nm : valore medio $\leq 3,0$ ps/nm*km
- Dispersione cromatica totale @ 1550 nm : valore massimo $\leq 20,0$ ps/nm*km
- Dispersione polarizzazione (PMD) su fibra cablata : valore massimo $\leq 0,1$ ps/ $\sqrt{\text{km}}$
- Diametro campo modale @1310 nm: $(9,2 \pm 0,4)$ μm
- Diametro campo modale @1550 nm: $(10,4 \pm 0,5)$ μm
- Diametro mantello : $(125 \pm 0,7)$ μm
- Errore di concentricità nucleo/mantello : valore massimo $\leq 0,3$ μm
- Errore di concentricità riv.primario/mantello : valore massimo ≤ 12 μm
- Errore di circolarità mantello : valore massimo ≤ 1 %
- Diametro protezione primaria : 245 ± 10 μm

Colorazione delle fibre e dei tubetti

Le fibre ottiche devono essere opportunamente colorate con colori fissati con raggi ultravioletti in modo da poter essere individuate univocamente all'interno dei singoli tubetti dei cavi.

Il codice colori (associazione "numero fibra - colore") da utilizzare per l'identificazione delle fibre è il seguente:

1	2	3	4	5	6
ROSSO	VERDE	BLU	GIALLO	GRIGIO	VIOLA
7	8	9	10	11	12
MARRONE	ARANCIO	BIANCO	ROSA	NERO	TURCHESE
13	14	15	16	17	18
ROSSO/ANE LLO NERO	VERDE/ANE LLO NERO	BLU/ANELLO NERO	GIALLO/ANE LLO NERO	GRIGIO/ANE LLO NERO	VIOLA/ANEL LO NERO
19	20	21	22	23	24
MARRONE/A NELLO NERO	ARANCIO/A NELLO NERO	BIANCO/ANE LLO NERO	ROSA/ANEL LO NERO	NATURALE/ ANELLO NERO	TURCHESE/ ANELLO NERO

Tabella 6 – Codice colori delle fibre ottiche

Per quanto concerne i tubetti, solamente 2 (due) di questi devono essere colorati; i restanti devono essere bianchi.

Più precisamente, i tubetti colorati devono essere:

- ROSSO – tubetto PILOTA
- VERDE – tubetto DIREZIONALE

Procedura di fornitura del cavo

Certificazione e documentazione di collaudo in fabbrica

La consegna delle bobine di cavo in fibra ottica deve essere corredata dalla seguente documentazione:

- misure di attenuazione con tecnica di retrodiffusione sul 100 % delle fibre di ciascuna bobina
- le misure devono essere eseguite in 2° finestra ottica (1310 nm) e in 3° finestra ottica (1550 nm)
- l'attenuazione deve essere uniforme e non dovranno essere presenti punti di attenuazione concentrata superiori a 0,05 dB
- dichiarazione di conformità

Gestione della fase produttiva e tracciabilità

Le procedure produttive del cavo devono prevedere la completa tracciabilità di ogni materia prima impiegata nel processo. In particolare, devono essere mantenute e rese reperibili al Committente le documentazioni inerenti le fibre ottiche utilizzate, complete di ogni loro caratterizzazione.

Accettazione - collaudo dei cavi ottici

Il collaudo finale in fabbrica sarà effettuato al termine del processo produttivo, dopo la consegna alla D.L. del repertorio completo di certificazione da parte del Fabbricante.

La D.L. potrà, a suo insindacabile giudizio, ritenere di non dover effettuare il collaudo in fabbrica, autorizzando l'Appaltatore alla consegna del lotto di cavi immediatamente a valle dei controlli interni e della conseguente compilazione della Dichiarazione di Conformità da parte del Fabbricante (s'intende che le prove di routine dovranno aver dato tutte esito positivo).

In caso contrario, la D.L. concorderà con l'Appaltatore la giornata in cui effettuare il collaudo in fabbrica, a cui presenzierà il personale incaricato allo scopo dal Committente e il personale dell'Appaltatore e del Fabbricante necessario alla esecuzione delle prove. Le pezzature di cavo da sottoporre alle prove verranno scelte dalla D.L. Rimarranno a carico dell'Appaltatore gli spezzoni di cavo che in seguito alle prove risultassero danneggiati. Il Fabbricante dovrà fornire la necessaria assistenza tecnica, gli strumenti di misura e l'ambiente adatto alla esecuzione del collaudo. Le prove dovranno essere effettuate alle "condizioni atmosferiche d'ambiente" secondo la norma CEI 50-2. Il collaudo sarà considerato positivo qualora tutte le prove effettuate in contraddittorio abbiano dato esito congruente con la presente specifica tecnica e con le dichiarazioni di conformità rilasciate dal Fabbricante all'Appaltatore .

Sono di seguito elencati il tipo e il numero di prove e di misure da eseguire in fabbrica sui cavi oggetto della presente specifica.

Nella colonna "TIPO" è indicato il carattere della prova da eseguire in base al seguente criterio:

- **T – PROVE DI ACCETTAZIONE DI TIPO:** da eseguire alla presenza del

Committente come test di accettazione per ogni diversa tipologia (potenzialità e caratteristiche costruttive) di cavo oggetto di fornitura

- **R – PROVE DI ROUTINE:** da eseguire su ogni diversa tipologia (potenzialità e caratteristiche costruttive) dei cavi finiti a cura del Fabbricante
- **A – PROVE DI ACCETTAZIONE:** da eseguire in fase di collaudo su richiesta e alla presenza del Committente o di un suo incaricato

PROVA	TIPO	N° CAMP.	PRESCRIZIONE
A. CARATTERISTICHE TRASMISSIVE FIBRE G.652D			
A.1 Misura attenuazione tecnica retrodiffusione $\lambda = 1310$ nm	R A	100% 20%	Val. max $\leq 0,34$ dB/km
A.2 Misura attenuazione tecnica retrodiffusione $\lambda = 1550$ nm	R A	100% 20%	Val. max $\leq 0,21$ dB/km
A.3 Misura lunghezza d'onda di taglio (λ_{cc})	R-A	10%-5%	≤ 1260 nm
A.4 Misura dispersione cromatica totale ⁴ 1285 \div 1330 nm 1550 nm	R	30% fibre	Val. max $\leq 3,5$ ps/nm*km Val. med. $\leq 3,0$ ps/nm*km Val. max $\leq 20,0$ ps/nm*km
A.5 Dispersione polarizzazione (PMD) su fibra cablata @1550nm (*)	T	5% fibre	Val. max $\leq 0,1$ ps/(km) ^{1/2}
B. DIMENSIONE DELLE FIBRE			
B.1 Diametro campo modale	R	30% fibre	1310 nm: $(9,2 \pm 0,4)$ μ m 1550 nm: $(10,4 \pm 0,5)$ μ m
B.2 Diametro mantello	R	30% fibre	$(125 \pm 0,7)$ μ m
B.3 Errore di concentricità nucleo/mantello	R	30% fibre	$\leq 0,3$ μ m
B.4 Errore di concentricità riv. primario/mantello	R	30% fibre	≤ 12 μ m
B.5 Errore di circolarità mantello	R	30% fibre	≤ 1 %
B.6 Diametro protezione primaria	R	30% fibre	245 ± 10 μ m
C. PROVE MECCANICHE			
C.1 Trazione (IEC 60794-1-2 – E1A)	T	1	A carico massimo previsto, nessun incremento di attenuazione. Misura a 1310 nm e 1550nm
C.2 Percussione (IEC 60794-1-2 – E4)	T	1	Nessun incremento permanente di attenuazione in corrispondenza della massima energia. Misura a 1310 nm e 1550nm
C.3 Schiacciamento (IEC 60794-1-2 – E3)	T	1	Nessun incremento permanente di attenuazione in corrispondenza del carico massimo. Misura a 1310 nm e 1550nm
C.4 Resistenza alla propagazione d'acqua (IEC 60794-1-2 – F5B)	T	1	Assenza di perdite spezzone 3 m x 24 h – intera sezione
D. PROVE CLIMATICHE			
D.1 Ciclo termico T = -30°C + 70°C (IEC 60794-1-2 – F1)	T	1	Incremento attenuazione rif. A 20°C $\leq 0,1$ dB/km a 1550 nm
E. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE/STRUTTURALI			
E.1 Controllo costruttivo	R-T	1	
F. TEST ANTINCENDIO PER CAVO MVM			
F.1 Non propagante fiamma (CEI 20-35/1-1; IEC 60332-1-2; EN 50265-2-1)	T	1	Tracce di bruciatura non devono propagarsi per più di 50 cm rispetto al morsetto superiore
F.2 Non propagante incendio (CEI 20-22/3-4; IEC 60332-3-24; EN 50266-2-4)	T	1	$\leq 2,5$ m rispetto al bruciatore
F.3 Densità dei fumi (CEI 20-37/3-1; CEI EN 50268-1; CEI EN 50268-2@2000-11; IEC 61034-2)	T	1	$\leq 1,5$
F.4 Quantità gas alogenidrici (CEI 20-37/2-1; CEI EN 50267-2-1; IEC 60754-1)	T	1	$\leq 0,3$ (guaina tipo LSZH)
F.5 Indice tossicità (CEI 20-37/4-0)	T	1	≤ 2 (guaina tipo LSZH)

Nella colonna “N° CAMP.” è indicato il numero di campioni da sottoporre alle prove o la percentuale delle fibre da misurare.

⁴In alternativa, il fornitore del cavo potrà presentare le misure eseguite dal Fabbricante delle fibre

Posa dei cavi tradizionali a fibre ottiche

La posa dei cavi a fibre ottiche deve avvenire secondo le seguenti prescrizioni generali:

- devono essere evitati tagli al cavo non autorizzati che darebbero luogo a giunzioni non motivate e non previste dal progetto; l'eventuale taglio di un cavo a fibre ottiche deve essere comunque realizzato con apposita attrezzatura e le teste del cavo devono essere immediatamente richiuse con materiale idoneo allo scopo (es. cappucci termorestringenti)
- avere cura nel tiro del cavo al fine di evitare abrasioni, danneggiamenti e/o stress che possono compromettere la funzionalità delle fibre
- avere cura nel posizionamento delle scorte nei pozzetti affinché il cavo non intralci o occluda l'imbocco dei tubi disponibili garantendo in ogni caso il raggio minimo di curvatura indicato nelle prescrizioni del Costruttore del cavo
- durante la posa con argano a motore, avere cura nel non applicare forze superiori a quanto indicato nelle prescrizioni del Costruttore del cavo

Posa in tubazione

Prima di iniziare la posa dei cavi in fibra ottica occorre eseguire l'apertura dei pozzetti per verificarne l'integrità e per predisporre pulegge, ruotismi e altri accessori necessari al tiro del cavo.

La posa del cavo può essere realizzata mediante tecniche tradizionali a mano o con argani, con sistema ad acqua (sistema floating) o con tecniche pneumatiche (posa con aria compressa, sistema blowing). La posa all'interno delle tubazioni della pubblica illuminazione deve essere realizzata solo manualmente avendo cura di evitare di danneggiare i cavi già presenti; la posa con sistema floating o blowing può essere effettuata solo in infrastrutture con tubi PN12,5 o superiore ed è consentita previa approvazione della Direzione Lavori.

Di seguito si elencano le principali prestazioni incluse nell'attività di posa cavo ottico:

- posa di cavo a fibre ottiche in tubazione, compreso l'apertura e la successiva chiusura dei pozzetti, la predisposizione degli accessori per il tiro del cavo e la lubrificazione del cavo stesso
- posizionamento della scorta di cavo nei pozzetti, ove previsto dal progetto
- installazione di tappi per il bloccaggio del cavo alla tubazione
- affissione di targhette di identificazione del cavo

Posa manuale

Nel caso di posa eseguita manualmente, occorre verificare preliminarmente che sia presente all'interno di ogni tubazione il cordino di tiro, predisporre del personale in ogni pozzetto interessato e assicurarsi che la posa del cavo sia effettuata con il massimo sincronismo durante le fasi di tiro.

Posa con argani

La posa del cavo può essere eseguita con l'aiuto di un argano motore e di argani intermedi, rispettando i valori di tiro indicati dal Costruttore del cavo.

Il cavo deve essere tirato collegando il cordino di tiro appositamente predisposto all'elemento centrale di tiro del cavo tramite un giunto a snodo antitorsione.

Nel caso di posizionamento della bobina a metà della tratta interessata si deve posare il cavo per metà lunghezza in una direzione e completare successivamente l'operazione in direzione opposta dopo aver svolto interamente la bobina formando il caratteristico "otto".

Per facilitare lo scorrimento del cavo, devono essere usati idonei lubrificanti da applicare sia sulla superficie del cavo sia all'interno del monotubo.

Al termine delle operazioni di tiro la testa del cavo deve essere protetta con un cappellotto termorestringente.

Il cavo deve essere poi sistemato sul fondo del pozzetto rispettando i raggi di curvatura indicati dal Costruttore e quindi deve essere bloccato con tappi spaccati.

E' possibile effettuare la posa del cavo con tecniche alternative a quella descritta purché sia garantita l'integrità del cavo e delle infrastrutture, dietro approvazione della Direzione Lavori.

Posa con acqua (sistema floating) o aria in pressione (sistema blowing)

Queste tecniche di posa consentono di spingere il cavo nel tubo rispettivamente:

- mediante la spinta distribuita fornita da un flusso d'acqua inviato nel tubo stesso, producendo un effetto di galleggiamento del cavo e riducendo così l'attrito tra cavo e tubo (posa con acqua)
- mediante l'azione combinata delle forze prodotte dal fluido e dalla macchina necessaria per sospingere il cavo all'interno del tubo (posa con aria).

La posa con sistema Floating o Blowing può essere effettuata solo in infrastrutture con tubi PN12,5 o superiore ed è consentita previa approvazione della Direzione Lavori.

Posa in cunicolo

Il cavo deve essere posato all'interno delle apposite canalette in vetroresina o acciaio zincato precedentemente posate. La dimensione delle canalette deve essere adeguata ad ospitare lo stesso numero di cavi ospitabili dall'impianto che precede e segue il tratto in cunicolo.

Nel caso in cui il cavo debba, per brevi tratti, viaggiare all'esterno della canaletta, deve essere protetto con un tubo corrugato riapribile (coflex) di opportuno diametro.

Terminata la posa in cunicolo devono essere posizionate direttamente sul cavo, ad una distanza di 10m, le targhette di identificazione del cavo.

Sistemazione del cavo nei pozzetti

In generale, ogni 500 metri circa di percorso e in prossimità di incroci stradali, devono essere lasciate delle spire di 32 metri di ricchezza di cavo ottico, in previsione di sviluppi futuri. Più in particolare, nei pozzetti in cui è prevista la giunzione con altro cavo ottico (giunzione di linea) si deve lasciare una scorta di circa 16 metri per ogni testa di cavo (salvo diverse indicazioni progettuali); nei pozzetti dove è prevista l'installazione di

muffole di spillamento si deve lasciare una scorta pari a circa 32 m di cavo (salvo diverse indicazioni progettuali) senza interruzione.

In tutti i casi la ricchezza del cavo all'interno del pozzetto deve essere disposta lungo il perimetro dello stesso (appoggiata sul fondo o fissata alla parete mediante apposite staffe), nel rispetto del raggio di curvatura del cavo stesso. Nei pozzetti dove transitano più cavi o dove si eseguono delle giunzioni, devono essere posate delle targhette indelebili di identificazione del singolo cavo con indicato la potenzialità del cavo e tratta interessata. In fase di esecuzione dei lavori, sarà cura della D.L. fornire all'Appaltatore la norma di etichettatura dei cavi e, più in generale, degli elementi di rete.

Posa in ambienti interni

Il percorso del cavo all'interno degli edifici viene di norma determinato in base alle infrastrutture esistenti. Deve essere il più breve possibile e avere il minor numero di curvature.

Il cavo potrà transitare all'interno di canalette in plastica o in acciaio zincato, in passatoie in acciaio zincato, sotto i pavimenti galleggianti all'interno di tubi in PVC corrugati.

In generale, nel caso di sede di posa dedicata il cavo sarà posato senza nessuna particolare protezione meccanica, nel caso di sede di posa condivisa il cavo sarà protetto con tubo corrugato riapribile (coflex).

Nel caso di transito in locali dove il cavo può rischiare un danneggiamento, quest'ultimo deve essere protetto da canalette (in vetroresina o in ferro zincato) o da tubo corrugato riapribile (coflex) e fissato a parete o a soffitto mediante appositi tasselli.

Posa aerea

La posa del cavo per tubazione o in guaina LSZH in aereo, deve essere effettuata necessariamente su tesata esistente o di nuova posa.

La posa del cavo autoportante deve essere effettuata necessariamente su tesata nel caso in cui la distanza fra 2 punti consecutivi di fissaggio superi i 40 metri.

Nel caso di utilizzo di una tesata esistente, devono preventivamente essere effettuate le opportune verifiche di resistenza dei fissaggi (alle pareti di edifici o sulle palificazioni, a seconda della tipologia di impianto) ed una valutazione della resistenza della tesata al carico aggiuntivo.

Anche nei casi di posa aerea occorre prevedere di lasciare, su opportuni fissaggi, scorte cavo nelle quantità indicate nei progetti.



Figura 27 – Esempio sistema di fissaggio per scorta aerea

Nei tratti di posa verticale (su parete o su palificazione) il cavo deve essere protetto con canaletta in ferro zincato, vetroresina o rame a seconda delle necessità.

Posa della tesata e del cavo autoportante

Per la posa di nuove tesate dovranno essere predisposti gli opportuni accessori di fissaggio che dovranno aderire bene ai pali o ai muri senza alcun tipo di adattamento che leda la struttura del supporto.

Per lo stendimento della fune si devono predisporre carrucole in corrispondenza di ciascun punto di fissaggio; successivamente la fune viene tirata ad una estremità mediante una corda non metallica, con tiro sufficiente da impedire la formazione di frecce eccessive.

La fune deve sempre essere sottoposta a pretesatura al fine di verificare la stabilità dell'impianto; durante la pretesatura, applicando il tiro progressivamente fino al valore massimo, si devono sorvegliare gli appoggi e le opere di rinforzo controllando il loro comportamento sotto le sollecitazioni. Il tiro di pretesatura di norma viene applicato mediante carrucole e pesi. Dopo la pretesatura si scarica la fune e successivamente si dà ad essa, gradualmente, il tiro predefinito.

Se la fune deve sovrappassare linee elettriche è buona regola far togliere preventivamente la tensione e, comunque, si devono prendere scrupolose precauzioni per evitare contatti.

Se invece la fune deve attraversare inferiormente un elettrodotto, oltre a collegarla elettricamente a terra, si deve impedire che un eventuale "colpo di frusta" possa portare la fune stessa a contatto con i conduttori elettrici. Successivamente si procederà alla fascettatura del cavo su fune portante di tesata.

Per lo stendimento e la posa del cavo autoportante occorre predisporre alle estremità della tratta i necessari accessori di fissaggio in corrispondenza dei quali occorre prevedere l'utilizzo delle opportune protezioni per il cavo. La superficie di cavo interessata dalle operazioni di posa dei supporti deve essere preventivamente pulita. Le frecce da conferire ai cavi autoportanti dovranno essere indicativamente 1% della campata. Per conferire il corretto valore di tesatura alla campata occorre prevedere l'utilizzo di apposito tenditore.

Nei casi in cui a campate di posa con cavo autoportante si dovessero intercalare campate di posa su fune portante, gli accessori di fissaggio dovranno essere predisposti per la

campata successiva e/o precedente alla fascettatura del cavo.

Per l'attraversamento aereo di strade, ferrovie o altre opere, devono essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare che la fune possa intralciare o rendere pericoloso il transito. Quando si eseguono lavori in prossimità di linee elettriche a fili nudi occorre prendere opportune precauzioni in conformità alle vigenti leggi sulla sicurezza del lavoro.

Posa in cunicolo ferroviario

I cunicoli calpestabili ferroviari sono realizzati con manufatti in cemento coperchiati (come evidenziato nella illustrazione che segue), che risultano di norma essere presenti lungo tutta le linee ferroviarie a meno di passaggi a livello e/o di attraversamenti della massicciata ferroviaria, dove i cunicoli vengono sostituiti da normali tubazioni.



Figura 28 – Cunicolo ferroviario

Per la posa del cavo rimossi i coperchi dei cunicoli ed adagiati sul terriccio occorrerà liberare i cunicoli dal terriccio accumulatosi, posare al loro interno il cavo a fibre ottiche, precedentemente adagiato sulla massicciata a ridosso dei cunicoli stessi.

Avvenuta la posa del cavo, occorrerà ricoprire il cavo con sabbia e chiudere i cunicoli con i coperchi temporaneamente sistemati a fianco del tracciato stesso.

Riguardo alla attività di posa, poiché i cunicoli e le canalizzazioni suddette si trovano a distanza ridotta dal binario di corsa, è preferibile lavorare (sotto la vigilanza di personale ferroviario) in intervalli di orario liberi da treni. In ogni caso per l'orario di tali interventi si rimanda alle prescrizioni dell'ente di competenza.

Posa dei minicavi a fibre ottiche

La posa dei minicavi all'interno di tubazioni tradizionali, canalette o cassette può essere effettuata solamente mediante l'utilizzo di minitubi mentre non è autorizzata la posa diretta in tali infrastrutture.

Non è in alcun caso autorizzata la **posa dei minicavi su palificata**. E' consentita la posa aerea di 1 solo minicavo su tesata solo per brevi tratti (**max 50 metri**) a condizione che nel caso di tesate esistenti il sistema di fissaggio del minicavo alla fune di tesata sia indipendente da quello degli altri cavi e che venga verificata la resistenza della tesata al carico aggiuntivo.

Il minicavo va posato all'interno del minicavo mediante posa con aria (Blowing) in modo da applicare sul cavo una forza distribuita che riduce l'attrito fra cavo e tubo permettendo il raggiungimento di tratte considerevoli di posa. Al fine di ridurre il più possibile l'attrito preliminarmente alla posa del minicavo occorre lubrificare il minitubo inserendo in sequenza del lubrificante, una spugnetta di dimensioni opportune e soffiando aria. La spugnetta in uscita deve essere umida altrimenti occorrerà ripetere l'operazione fino al raggiungimento di questa condizione. Nel caso in cui la posa dei minicavi non avvenga contestualmente a quella dei minitubi occorrerà preliminarmente alla posa di minicavi procedere alla pulizia dei minitubi soffiando con aria un tampone di carta assorbente per poi procedere con la lubrificazione dei minitubi.

La **posa dei minicavi** con tiro a mano è consentita solo per tratti brevi (**max 50 metri**).

Etichettatura dei cavi e degli elementi protettivi

I cavi devono essere contrassegnati con opportune targhette identificative, da collocare in tutti i punti dell'infrastruttura dove il cavo è visibile o accessibile, come pozzetti, canalette, ecc.

Qualora il cavo fosse protetto con tubo corrugato riapribile (coflex) o con minitubo (nel caso di minicavo) l'etichetta deve essere applicata sullo stesso.

Le etichette da applicare sui cavi o sugli elementi protettivi (ad es.tubo coflex) devono riportare tutte le indicazioni contenute nella norma di numerazione ed etichettatura degli elementi di rete che verrà fornita all'Appaltatore.