

COMMITTENTE



COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
**ALBERTO BITOSSI**  
IL DIRETTORE ESECUTORE DEL CONTRATTO  
**ANTONIO ROSSA**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER  
IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE  
CONNESSE)**

**PROGETTAZIONE**

**MANDANTARIA**



**MANDANTE**

**MANDANTE**

**MANDANTE**



**Società**  Engineering and Technical Services  
S.p.A.

**SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO  
DELLA LINEA**

**RETE TLC – RELAZIONE TECNICA**

IL PROGETTISTA RESPONSABILE

DELL'INTEGRAZIONE Dott. Ing. *Alessandro Perosso*

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

E 2 1 D 0 2 D Z 2 R H I S 0 0 0 0 0 0 6 E

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	ETS	08/2021	D. Romano	08/2021	G. Parietti	08/2021	A. Perosso
C	Revisione a seguito istruttoria Stazione Appaltante	ETS	01-2022	D. Romano	01-2022	G. Parietti	01-2022	A. Perosso
D	Revisione a seguito commenti	ETS	02-2022	D. Romano	02-2022	G. Parietti	02-2022	A. Perosso
E	Revisione a seguito commenti	ETS	05-2022	D. Romano	05-2022	G. Parietti	05-2022	A. Perosso

File: E21D00DZ2RHIS000006E

n. Elab.:

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>2 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	2 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	2 di 27								

## Sommario

1. PREMESSA.....	3
1.1 Note relative a marchi commerciali .....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3. INFRASTRUTTURA DI TELECOMUNICAZIONE .....	6
3.1 Tipologia delle reti di comunicazione .....	6
3.2 Caratteristiche delle reti in FO previste .....	7
3.3 Tecnologia prevista.....	8
3.3.1 Caratteristiche del macrodotto.....	9
3.3.2 Caratteristiche del microcavo a 96 f.o. ....	10
3.3.3 Caratteristiche cavo a 4 f.o.....	11
3.4 Nodi di rete .....	12
3.5 Scenari di fault .....	13
3.6 Cyber security .....	17
3.7 Apparati attivi .....	22
3.7.1 Apparati per anelli di accesso .....	24
3.7.2 Apparati di concentrazione .....	25
3.8 Considerazioni finali.....	27

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>3 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	3 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	3 di 27								

## 1. PREMESSA

La presente relazione descrive la rete di telecomunicazione in fibra ottica, prevista nell'ambito del progetto filoviario dei 4 Assi di forza della città di Genova.

### 1.1 Note relative a marchi commerciali

Le indicazioni di tipi e marche commerciali indicate nei documenti ed elaborati di progetto sono da intendersi come **dichiarazione di caratteristiche tecniche** e come tali non sono vincolanti.

Sono state definite tali tipologie al solo scopo di sviluppo dei calcoli di progetto, al fine di garantire il rispetto e la verifica delle prescrizioni tecniche applicabili all'impianto in oggetto.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>4 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	4 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	4 di 27								

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta la principale normativa di riferimento:

- ANSI/TIA/EIA-568-B.1 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard Part 1 : General Requirements of May 2001 ( and all Addendum )
  - ANSI/TIA/EIA-568-B.2 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard Part 2 : Balanced Twisted-Pair Cabling Components of May 2001 ( and all Addendum ) , and TIA/EIA-568-B.2-1 of June 2002 for CAT6
  - ANSI/TIA/EIA-568-B.3 Optical Fiber Cabling Components Standard of April 2000 (and all Addendum )
  - ANSI/TIA/EIA-569-A Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces of February 1998 (and all Addendum )
  - ANSI/TIA/EIA-606-A Administration Standard for Commercial Telecommunications Infrastructure of May 2002
  - ANSI/TIA/EIA-607 Commercial Building Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications of August 1994
  - Norme EN50173-1 Information Technology Generic Cabling Systems of November 2002
  - Norme EN 50174-1 Information Technology – Cabling installation of August 2000
  - Norme EN 50174-2 Information Technology – Cabling installation of August 2000
  - prEN 50174-3 Information Technology – Cabling installation of March 2002
  - Norme ISO/IEC 11801 2nd Edition Information Technology – Generic cabling for customer premises September 2002
  - ANSI/EIA/TIA 570-A Residential Telecommunications Cabling Standard of September 1999
  - Norma CEI 46-136 Guida alle norme per la scelta e la posa dei cavi per impianti di comunicazione.
- 
- Direttiva NIS (Direttiva Europea)
  - GDPR (Direttiva Europea)
  - Decreto Legge n.105 del 21.09.2019 [...]“Al fine di assicurare un livello elevato di sicurezza delle reti, dei sistemi informativi e dei servizi informatici delle amministrazioni pubbliche, degli enti e degli operatori nazionali, pubblici e privati, da cui dipende l'esercizio di una funzione essenziale dello Stato, ovvero la prestazione di un servizio essenziale per il mantenimento di attività' civili, sociali o economiche fondamentali per gli interessi dello

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>5 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	5 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	5 di 27								

Stato e dal cui malfunzionamento, interruzione, anche parziali, ovvero utilizzo improprio, possa derivare un pregiudizio per la sicurezza nazionale, è istituito il perimetro di sicurezza nazionale cibernetica.”

- Aderenza ai “Foundational Requirements” della IEC 62443:
  - FR 1 – Identification and authentication control (IAC) [Identificazione e controllo di Autenticazione].
  - FR 2 – Use control (UC) [Controllo d’ Uso].
  - FR 3 – System integrity (SI) [Integrità di Sistema].
  - FR 4 – Data confidentiality (DC) [Confidenzialità dei Dati].
    - FR 5 – Restricted data flow (RDF) [Flusso dei Dati con Restrizione].
  - FR 6 – Timely response to events (TRE) [Tempestività di Risposta agli eventi].
  - FR 7 – Resource availability (RA) [Disponibilità di Risorse].

Particolare attenzione dovrà essere posta per il rispetto della seguente normativa ed il relativo possesso dei requisiti specifici:

- Norma ISO 27001 – Sicurezza delle informazioni;
- Norma ISO 27009
- Norma ISO 27033 – parte 1÷6
- Norma ISO 27039
- Norma ISO 27040
- Norma ISO 27043

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>6 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	6 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	6 di 27								

### 3. INFRASTRUTTURA DI TELECOMUNICAZIONE

#### 3.1 Tipologia delle reti di comunicazione

Il requisito essenziale per la sicurezza è la non interruzione delle comunicazioni tra tutti gli elementi facenti parte della configurazione/architettura; la rete di SSE è pertanto uno degli elementi più importanti del sistema in quanto veicolo di trasmissione di tutti i parametri ambientali, di sorveglianza automatica e di chiamata provenienti dai punti di raccolta distribuiti e che, in tutti i casi, devono raggiungere il centro di elaborazione.

Lungo la tratta si prevede la realizzazione di un'infrastruttura di telecomunicazione e la creazione di una rete Multiservizio che permetterà di implementare i servizi e lo sviluppo tecnologico necessario alle esigenze operative della nuova linea filoviaria.

Allo stato attuale dell'arte la tecnologia Ethernet si è affermata come soluzione ottimale per garantire, a costi contenuti, la realizzazione di infrastrutture di reti locali flessibili ad alte prestazioni sia per l'interconnessione dei sistemi di calcolo che dei dispositivi più disparati.

Tra i criteri adottabili, quelli ricercati nella soluzione da proporre sono:

- Adozione di tecnologie all'avanguardia ma ragionevolmente consolidate e sperimentate;
- Semplicità di uso e di gestione;
- Affidabilità di tutti i componenti attivi e passivi;
- Omogeneità dell'ambiente tecnologico;
- Rispondenza agli standard internazionali;
- Flessibilità, robustezza ed espandibilità del sistema nel suo complesso.
- Capacità di supportare tutte le esigenze di comunicazione (dati, fonia, video, audio, etc.);
- Razionalizzazione del sottosistema di cablaggio.

L'infrastruttura da realizzare sarà basata su tecnologia di trasporto IP e con connettività:

- Fino a 100 Gigabit Ethernet a livello di dorsale primaria;
- Fino a 10 Gigabit Ethernet (802.3z/1000baseSX o 1000baseLX o ZH) a livello di dorsale secondaria;
- Fast/Gigabit (802.3u 10/100baseTX o 802.3ab 1000baseT) a livello di accesso locale.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 7 di 27

I requisiti basilari circa le nuove realizzazioni, sulla base di quelli che sono i fabbisogni tecnologici fondamentali delle strutture presenti nella nuova infrastruttura, si rende necessario:

- Garantire una disponibilità adeguata di banda a livello di dorsale, a tale proposito è da considerarsi obbligatorio l'utilizzo della tecnologia 100 Gigabit Ethernet prevedendo eventualmente la possibilità di collegare più link 10 Giga in modalità Etherchannel/Port trunking. Tale requisito è ritenuto fondamentale dall'utenza a fronte di tutta una serie di esigenze di scambio di flussi di immagini e video all'interno della rete. L'aggregazione in banda di portanti multipli costituisce certamente un elemento preferenziale nella valutazione dell'architettura proposta in quanto garantisce oltre all'incremento della banda sul collegamento anche la divisione del carico sulle porte aggregate e la fault-tolerance in caso di guasto di uno dei links componenti il gruppo (o trunk);
- L'utilizzo obbligatorio della tecnologia Multilayer Switching (fino al layer 3) sulle sole apparecchiature attive individuate per combinare le prestazioni "wire speed" dello switching puro con i livelli di sicurezza, qualità del servizio ed i meccanismi di filtraggio e controllo di traffico propri del routing. Ciò si rende necessario essenzialmente per garantire l'applicabilità delle politiche di sicurezza richieste dall'utenza;
- La possibilità di realizzare topologie di reti virtuali complesse, anche raggruppando porte attestate su apparecchiature distinte, per far fronte alle particolari caratteristiche topologico/organizzative della struttura e segmentare le utenze secondo logiche di traffico e sicurezze locali che non tengano conto della locazione fisica degli utenti;
- La piena gestibilità e configurabilità, sia attraverso le principali facility di network management (SNMP/RMON), nonché tramite interfaccia user-friendly GUI-based e tramite linea di comando, accessibile da remoto via telnet;
- Utilizzare un protocollo di riconvergenza veloce (ad. es.: REP, Resilient Ethernet Protocol) per garantire la riconvergenza veloce sia degli anelli di rete di linea sia, su scala più ampia, della rete di Backbone che è stata partizionata in due anelli logici.

Data la notevole estensione della rete di telecomunicazione tra le SSE ed il centro di supervisione, la fibra ottica sarà di tipo monomodale.

### 3.2 Caratteristiche delle reti in FO previste

In considerazione di quanto espresso precedentemente l'infrastruttura di rete dovrà essere ad anello a livello di dorsale primaria di tratta.

Il mezzo trasmissivo previsto nelle reti ad anello è la fibra ottica di tipo monomodale che

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>8 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	8 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	8 di 27								

garantisce:

- Immunità alle interferenze EM di natura ambientale o disturbi elettrici provenienti dai cavi di potenza o dalle apparecchiature elettriche in fase di commutazione;
- Maggiore resistenza al fuoco;
- Maggiore durata nel tempo;
- Possibilità di realizzare molti canali di trasmissione in unico cavo, e di mantenere fibre di riserva per future implementazioni;
- Maggiore resistenza del cavo agli agenti atmosferici.

Con riferimento agli elaborati di progetto, le reti in f.o. di tratta previste sono le seguenti:

- Dorsale primaria anello 1 (microcavo a 96 fibre);
- Dorsale primaria anello 2 (microcavo a 96 fibre).
- Dorsale a 4 fibre ottiche per la connessione del sistema tipo PLF relativo al controllo della linea di contatto.

Il cavo utilizzato dovrà garantire tutte le caratteristiche di isolamento all'umidità, resistenza alla torsione di posa, protezione meccanica antiroditore, resistenza alla fiamma e al calore, in accordo con le normative e i requisiti ambientali previsti lungo la tratta.

### 3.3 Tecnologia prevista

Per la posa delle reti in f.o. sia primarie che secondarie verrà prevista la tecnologia tipo ABF o equivalente (air blown fiber), ovvero con soffiaggio mediante aria compressa di microcavi in fibra ottica (fino a 96 fibre) all'interno di macrodotti in materiale plastico, a loro volta posati entro i cavidotti di dorsale.

È quindi possibile posare in un primo tempo i macrodotti necessari e successivamente posare le fibre ottiche al loro interno mediante aria compressa, in funzione anche degli sviluppi e scenari futuri.

Questa tecnologia, tenuto conto della rapida evoluzione in campo tecnologico delle reti di telecomunicazioni, offre i seguenti vantaggi:

- Pianificazione semplificata, ovvero la rete è costruita in base alle esigenze attuali, ma il numero di fibre può essere aumentato quando le esigenze aumentano;
- Maggiore flessibilità, ovvero possibilità di aggiornamento delle reti sulla base di standard e/o tecnologie futuri;

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>9 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	9 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	9 di 27								

- Tempi di ripristino semplificati e veloci in caso di emergenze;
- Tempi di stesura delle tratte ridotti.

### 3.3.1 Caratteristiche del macrodotto

Il macrodotto al servizio della realizzazione degli anelli primari aventi percorsi nella polifora, come evidenziate negli elaborati grafici di progetto, dovrà essere idoneo per applicazioni in esterno per l'interconnessione delle dorsali principali e dovrà avere una struttura portante esterna in materiale resistente allo schiacciamento ed alla penetrazione dei fluidi, secondo le normative IEC 60794 - 5 e IEC 60794-5-20 (guaina esterna in PE).

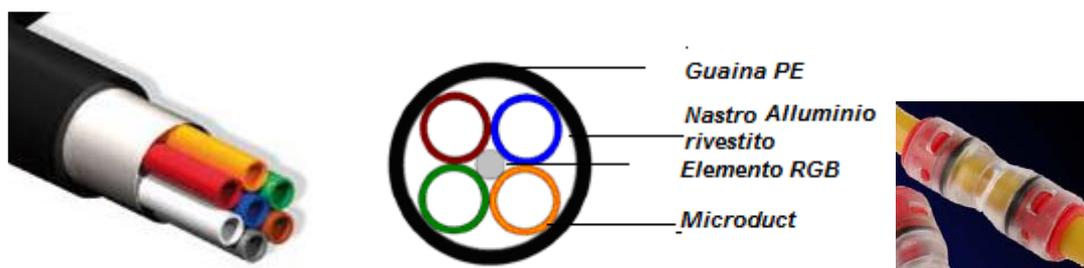
Il diametro esterno del macrodotto sarà di 32,3mm, il peso al chilometro del macrodotto sarà di circa 352Kg.

Il macrodotto a 4 vie sarà dotato internamente di 4 tubazioni aventi diametro di 12 mm ciascuna realizzate in materiale HDPE atte a contenere, per mezzo della tecnologia di soffiaggio ABF o equivalente approvata, i microcavi ottici in tipologia microloose o equivalenti approvati.

I microcavi saranno adibiti al contenimento di un numero di fibre ottiche pari a 96.

I 4 tubi da 12 mm contenuti nei macrodotti dovranno essere ricoperti da uno strato di alluminio rivestito PET allo scopo di proteggerli dall'umidità e dalle sollecitazioni meccaniche applicate durante le operazioni di posa. Questi inoltre dovranno essere marchiati singolarmente riportando la lunghezza e la numerazione consecutiva identificante il condotto da 1w a 4w.

La guaina esterna del Macrodotto dovrà recare la marchiatura ogni metro riportante codice prodotto, settimana ed anno di produzione, codice di rintracciabilità del lotto, marchiatura metrica sequenziale.



I macrodotti a 4 vie dovranno resistere ad un carico di trazione longitudinale di 1500 N e ad una forza di schiacciamento di 750 N in condizioni critiche, 1000 N in condizioni impiantistiche

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 10 di 27

Il raggio minimo di curvatura del macrodotto non dovrà eccedere i 485 mm.

La resistenza all'impatto 3J.

La temperatura di esercizio dovrà essere garantita fra -20°C e +60°C.

La temperatura d'installazione dovrà essere compresa fra -10°C e +70 °C .

La temperatura di stoccaggio dovrà essere compresa fra -40°C e +60 °C .

La posa del macrodotto dovrà essere eseguita rispettando le indicazioni fornite dal produttore nonché le linee guida dettagliate nel documento CENELEC TC86A FTTX.

E' richiesto che i macrodotti siano testati singolarmente con tecnica ball baring 7mm.

### **3.3.2 Caratteristiche del microcavo a 96 f.o.**

I microcavi ottici da utilizzare per la realizzazione delle dorsali d'interconnessione primarie evidenziate negli elaborati grafici come anelli rosso e blu, saranno realizzati con tecnologia tipo ABF o equivalente di tipo microloose, con percorsi che partiranno e ritorneranno al centro di controllo, costituendo un anello contro rotante al servizio della connettività ed al supporto del protocollo 10/40/100 GigaBit Ethernet.

I microcavi a fibre ottiche percorreranno i macrodotti a 4w 12mm di dorsale fino ai punti di smistamento (pozzetti, giunzioni, muffole) identificati negli elaborati grafici, posti in itinere o in prossimità delle sottostazioni elettriche a ridosso delle gallerie.

La struttura meccanica esterna dei microcavi ottici impiegati dovrà essere in High Density Polyethylene (HDPE) mentre quella interna dovrà essere realizzata in materiale non metallico e provvista di un elemento di rinforzo portante in vetroresina sul quale saranno allocati almeno 8 microtubi loose, sormontati da un nastro protettivo in poliestere, che conterranno ciascuno almeno 12 fibre gel filled (8 microtubi per 96 fibre)

Questa tipologia di struttura, completamente dielettrica, sarà in grado di consentire l'impiego del microcavo anche nelle immediate vicinanze di cavi elettrici.

La struttura dei microcavi dovrà inoltre rispondere alle normative IEC 60794-5 e IEC 60794-5-10 che regolamentano e descrivono le proprietà di un cavo per applicazioni esterne, in grado di non propagare e di non essere penetrato da fluidi.

I microcavi impiegati dovranno essere realizzati in tecnologia DWB Dry Water Blocking ovvero in grado di proteggere le fibre ottiche contenute da eventuali infiltrazioni d'acqua o umidità.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 11 di 27

Non sono previsti microcavi che utilizzino materiali di riempimento tra i mono tubetti.

I microcavi ottici dovranno essere prodotti dallo stesso produttore del macrodotto di contenimento e dovranno avere un diametro esterno di circa 7,2 mm e peso al chilometro di circa 38Kg.

Il cavo sarà costituito da una struttura a microtubazioni (microloose) con protezioni non metalliche; le microtubazioni saranno allocate in configurazione SZ (per facilitare le operazioni di sgainatura e spillamento) su un mebro di rinforzo in RBG (resin bonded glass).

Ogni singolo microloose tubing potrà contenere al massimo 12 fibre (sono previste fibre monomodali ITU-G652D - OS2 Low Water Peak). La configurazione del cavo a 96 fibre è rappresentata nella figura seguente.



La guaina esterna del Microcavo dovrà recare la marchiatura ogni metro riportante codice prodotto, settimana ed anno di produzione, codice di rintracciabilità del lotto e marchiatura metrica sequenziale.

Le micro tubazioni loose saranno rivestite complessivamente da un nastro water blocking, e le intersezioni tra i tubi saranno protette a secco (non dovranno in alcun caso essere utilizzati microcavi che utilizzino materiali di riempimento tra i mono tubetti).

La guaina esterna del cavo sarà in HDPE (High Density Polyethylene) di colore nero.

### 3.3.3 Caratteristiche cavo a 4 f.o.

È prevista una ulteriore infrastruttura formata da un cavo a 4 fibre ottiche per il collegamento del sistema tipo PLF per il controllo della rottura della linea di contatto, avente le caratteristiche di seguito descritte.

Cavo di distribuzione da esterno a 4 Fibre Multimode OM4 Laser Optimized 50/125 conformi alle ITU-G 651 IEC 60793-2-10 Type A1a.3 ,testato ISO/IEC 11801 classificato UNI rivestimento delle fibre a 250micron tamponate “Jelly filled” prestazioni meccaniche di resistenza alla trazione 2800 N compressione radiale 2000 N e resistenza ai roditori di livello 1 - guaina nera stabilizzata ai raggi UV LSHF/LSZH conforme alle EN 50575 Regolamento CPR 305/2011 Luoghi a basso rischio in caso d'incendio per opere di costruzioni ed d'ingegneria civile secondo Tabella CEI UNEL 35016 - EuroClass Eca colore Nero, codici e identificazione mediante marcatura metrica.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>12 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	12 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	12 di 27								

## STANDARDS

**Applicable Cable Standards:** ISO/IEC 11801, IEC 60794 and BS EN 50173-1

**Test Standards:** IEC 60794-1-21 and IEC 60794-1-22

**Water Penetration:** IEC 60794 -1-22-F5C

### 3.4 Nodi di rete

Il nodo di rete è il punto di connessione degli apparati alla rete di telecomunicazione; l'apparato caratterizzante del nodo è lo switch con interfaccia ottica all'anello e porte di collegamento dei dispositivi di automazione (PLC, isole I/O intelligenti o remote, sistemi Modbus TCP/IP etc.).

I nodi previsti sono:

- Nelle sottostazioni elettriche MT/BT lungo linea;
- Presso il centro di controllo;
- In prossimità delle utenze in itinere quali fermate e capolinea.

Le apparecchiature caratteristiche del nodo di rete sono:

- Pannello ottico di interconnessione delle fibre della rete;
- Switch e relativo alimentatore;
- Bretelle ottiche da pannello a switch;
- Bretelle UTP da switch ad apparecchiature di controllo.

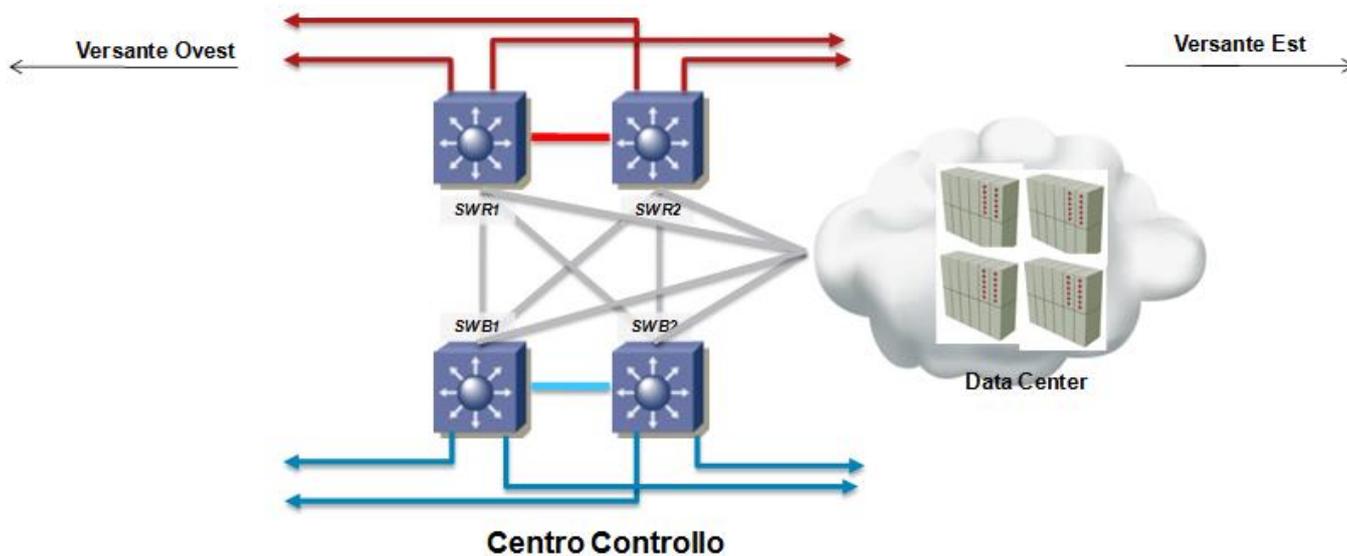
I nodi di rete previsti sono della seguente tipologia:

- tipo A/L3: nodo di backbone di 40 Gb/100 Gb, presso il centro di controllo e le sottostazioni elettriche;
- tipo A/L2: nodo di backbone almeno a 1 Gb o superiore, presso le fermate ed i capolinea;
- tipo B: nodo di accesso a 1Gb, presso le utenze in itinere quali varchi ZTL, TVCC stand alone, etc..

In considerazione degli apparati presenti lungo l'infrastruttura, ad ogni sottostazione convergeranno, tramite la rete di telecomunicazione in fibra ottica, una media di 150 oggetti

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>13 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	13 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	13 di 27								

provenienti dal campo e attestati alle porte ottiche della fibra, mentre all'interno della sottostazione si stimano una quantità massima di 10 punti verso le porte degli switch, composti da PLC, centralina antincendio, centralina antintrusione, UPS, etc..



### 3.5 Scenari di fault

Vengono presentate principalmente le seguenti tipologie di fault:

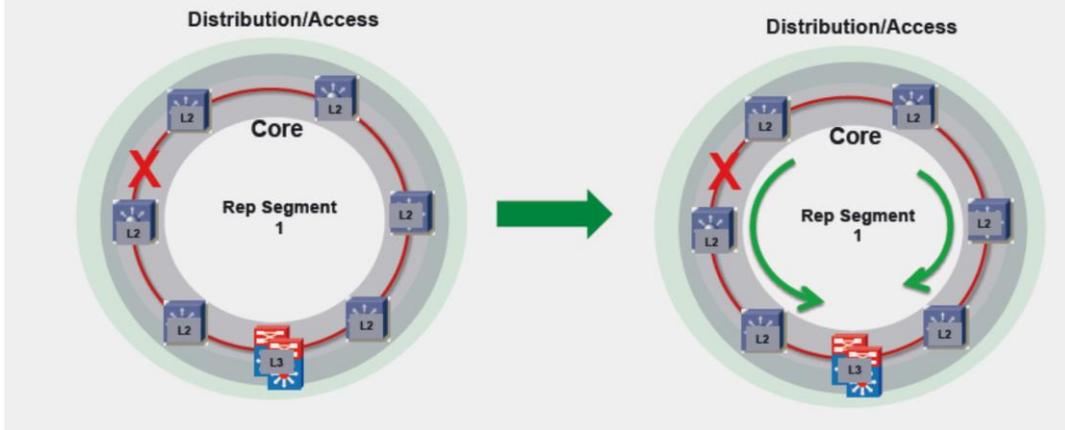
- Fault di link o nodo di Distribution/Access (L2);
- Fault di link o nodo di Core L3 (Centro Controllo).

Principalmente il fault di un nodo (Switch o interno shelter che lo ospita) differisce dal fault di un link per l'impatto sugli eventuali terminali ivi collegati.

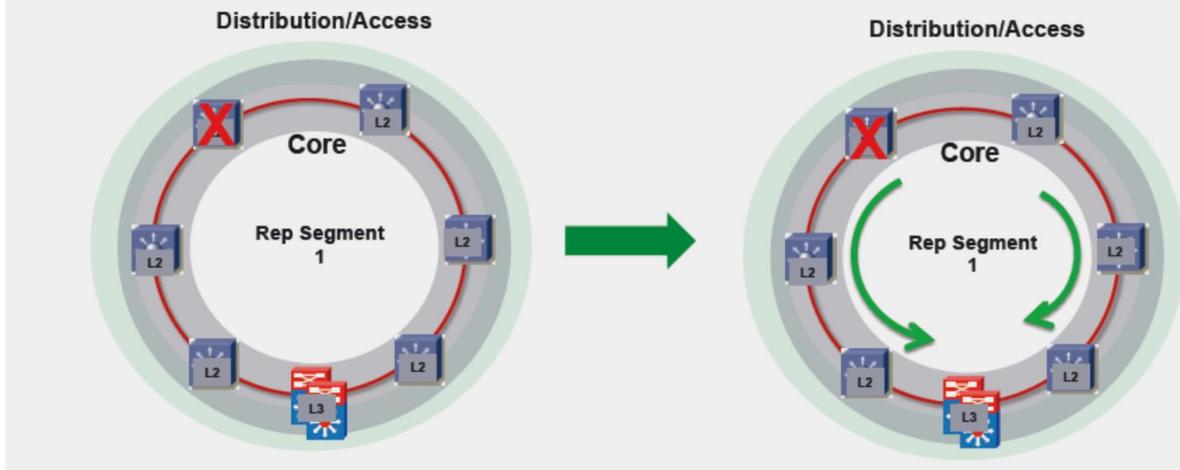
Gli altri nodi dell'architettura non vengono invece impattati se non per il tempo minimo richiesto per la convergenza di livello 2 o livello 3.

La convergenza sui nodi di un anello (es. Rosso) non incide in generale sulla continuità del servizio dell'altro anello (es. Blu), essendo i due fisicamente separati.

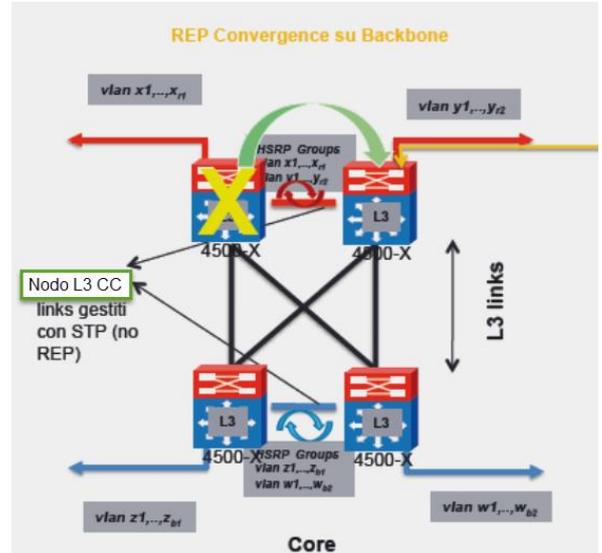
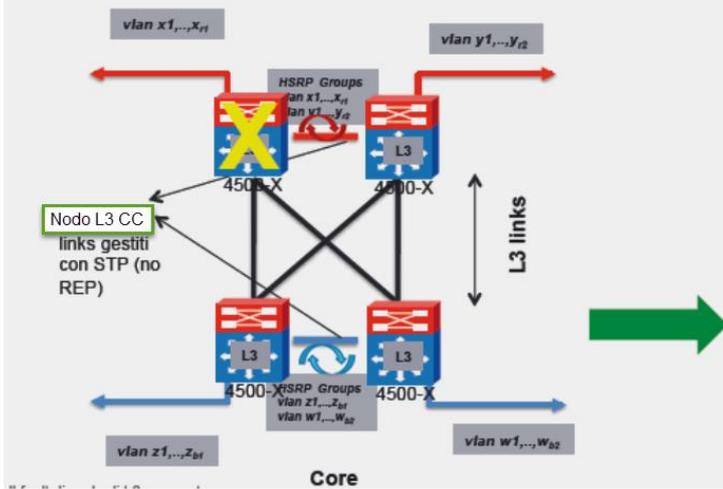
**Fault di link backbone**



**Fault di nodo di Distribution/Access (L2)**



### Fault di nodo di Core



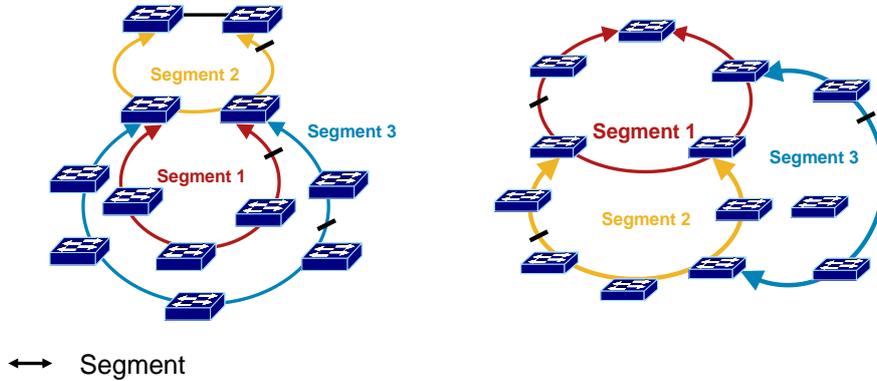
Il fault di nodo di L3 comporta:

- Convergenza dei ring REP ivi terminati;
- Convergenza del protocollo HSRP (virtual default gateway);
- Convergenza L3 verso altre reti IP (nell'esempio tra nodi del Centro Controllo).

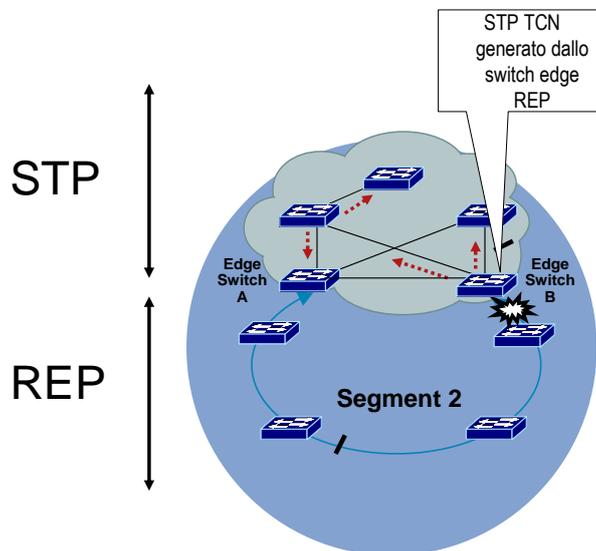
Il protocollo REP (acronimo di Resilient Ethernet Protocol) è un protocollo progettato per soddisfare i requisiti di convergenza veloce per i domini Layer 2 con un numero elevato di nodi.

In tali contesti protocolli quali Spanning Tree o Rapid Spanning tree non presentano garanzie confrontabili in termini di stabilità e tempi di convergenza subsecond.

Il REP viene applicato nel caso del backbone una topologia ad anello ma grazie alla sua flessibilità permette la progettazione di topologie più complesse partendo dall'elemento base che è il segmento, e a cui l'anello come caso particolare si riconduce. La figura seguente ne riporta un esempio.



REP è una tecnologia complementare allo standard IEEE 802.1 (Spanning Tree protocols) ma con il quale interagisce permettendo quindi di combinare flessibilmente domini REP con domini Spanning tree. È possibile infatti configurare gli *edge switch* REP in modo da notificare ai domini STP (o altri domini REP) eventuali cambiamenti di topologia come schematizzato in figura:



Il REP è facile da configurare e gestire, semplificando la gestione complessiva della rete.

REP è un protocollo distribuito in quanto il controllo dell'intero anello non risulta centralizzato in un nodo *master*. Qualsiasi nodo del segmento può rilevare un problema a livello locale, sia attraverso la perdita di segnale (LOS) o perdendo l'adiacenza con il nodo successivo.

Inoltre implementa intrinsecamente dei meccanismi di sicurezza: la fase di switchover a causa di un fault rilevato può essere iniziata solo se il nodo è in possesso di una chiave necessaria per lo

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 17 di 27

sblocco dell'*alternate port*.

Per l'utilizzo ottimale della larghezza di banda e per una maggiore distribuzione del traffico, REP supporta il bilanciamento del carico per gruppo di VLAN (**V**irtual **L**ocal **A**rea **N**etwork ).

Questi protocolli devono essere gestiti da apparecchiature dedicate, che assicurano elevate prestazioni di livello hardware, adeguate al funzionamento in campo, capaci di funzionare in range di temperature estese.

### 3.6 Cyber security

Le minacce odierne del cyber warfare, cyber terrorismo e cyber crime rappresentano una sfida sempre più importante, come hanno dimostrato alcuni eventi recenti, dalla divulgazione dei principali bug di sicurezza della CPU alla diffusione epidemica dei criptoworms. Dal momento che la Cybersecurity è diventata un requisito fondamentale per la sicurezza delle reti, risultano fondamentali azioni coordinate tra tutti gli stakeholder e il rafforzamento delle Strategie Nazionali per affrontare l'impatto della digitalizzazione sulla società e per diffondere la Cybersecurity.

La cybersecurity è una priorità assoluta per la resilienza di infrastrutture come intelligent network, infrastrutture di trasporto e persino le innovative smart city o smart roads. Una "buona cybersecurity" è fondamentale per le piattaforme Cyber-Physical su cui basare lo sviluppo di servizi innovativi, come quelli che sfruttano i dispositivi Smart connessi (IoT).



Si ritiene fondamentale l'inserimento di opportuni requisiti di Cyber Security già a partire dal design di tutti i sottosistemi in oggetto, e non soltanto delle componenti legate alla rete TLC.

Il fornitore rivolgerà particolare attenzione alla valutazione dei rischi legati alla sicurezza informatica della soluzione sviluppata, ed opererà scelte architettoniche e tecnologiche idonee a consentirne la opportuna mitigazione, eventualmente introducendo componenti e sottosistemi volti alla gestione specifica della Cyber Security.

Tutti i nodi afferenti alla rete di telecomunicazione e controllo del sistema avranno caratteristiche idonee a favorire una gestione della sicurezza dell'intero sistema pienamente monitorabile ed integrata, anche e non solo per favorire la rispondenza alle normative di ambito industriale citate a riferimento.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>18 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	18 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	18 di 27								

La cyber security non sarà intesa come la semplice fornitura di un layer protettivo, e non sarà limitata alle sole componenti di Information Technology ma estesa a tutti i livelli di automazione e controllo.

Tutti i componenti maggiormente critici per la sicurezza dovranno essere integrati in un sistema in grado di:

- Monitorare il proprio livello di sicurezza
- Rilevare in tempo utile situazioni anomale che possano costituire indice di una compromissione
- Rilevare in tempo utile cyber-attacchi
- Attuare ove possibile autonomamente contromisure accettabili nel rispetto della continuità operativa del sistema.
- Tracciare gli eventi di sistema su un supporto sicuro per la ricostruzione e l'analisi a posteriori di eventuali situazioni critiche
- Fornire un supporto tecnico al Incident Handling

Un aspetto fondamentale ed a volte sottovalutato per una rete industriale è la sicurezza, e pertanto implementare tecnologie dedicate è imprescindibile per poter salvaguardare l'operatività quotidiana, i dati sensibili e gli accessi remoti da attacchi esterni o interni.

A questo scopo il fornitore integrerà nel progetto soluzioni architetture, componenti hardware e software con la specifica funzione di operare a garanzia del livello di sicurezza configurato per il sistema, tra cui, come elenco esemplificativo ma non esaustivo, si citano:

- Suddivisione delle zone funzionali della rete e relativa protezione “ad hoc” dei punti di contatto di ciascuna zona con quelle adiacenti
- Impiego di apparati firewall per la separazione delle zone funzionali della rete ed il governo dei punti di contatto.
- Gestione sicura degli accessi al sistema dalla rete internet e in generale progettati per garantire un accesso sicuro ai lavoratori mobili e remoti anche attraverso la disponibilità di VPN.
- Impiego di protocolli con supporto nativo alla cifratura delle comunicazioni e alla autenticazione degli endpoint.

Impiego di apparati PLC dotati di certificazione Achilles di Livello 2, che rappresenta il successore del Livello 1. Detti sistemi effettuano maggiori test, test Denial of Service a velocità di collegamento più elevate e più requisiti pass / fail. I test e i requisiti pass / fail per il Livello 2 sono

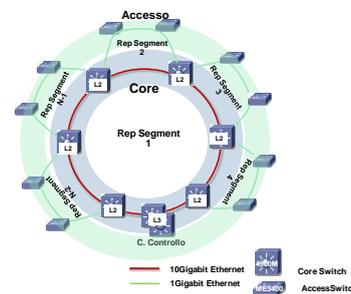
	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 19 di 27

un superset di Livello 1, quindi un dispositivo che raggiunge la certificazione di Livello 2 soddisfa anche i requisiti per il Livello 1.

- Utilizzo di tutte le comuni pratiche di computer security su tutti i server, le postazioni di configurazione, le workstation operatore e manutentore.
- Impiego ove possibile di sistemi operativi basati su Linux per minimizzare la vulnerabilità ai comuni malware e massimizzare la resilienza del sistema
- Sviluppo o impiego di piattaforme software in grado di:
  - Fornire un adeguato supporto agli aggiornamenti alla gestione di problematiche di sicurezza.
  - Gestire e garantire la autenticazione e l'opportuno livello di autorizzazione per tutti gli utenti del sistema secondo schemi di tipo role-based.
- Realizzazione di un sistema sicuro per l'aggiornamento ed il patching di sistemi operativi, ambienti di sviluppo e applicazioni anti-malware

In particolare l'infrastruttura di rete sarà sviluppata con le seguenti principali caratteristiche:

- Apparati di rete e di comunicazione di ultima generazione;
- Utilizzo di firewall ed apparati concepiti per garantire la massima sicurezza dei dati trasmessi;
- Router progettati per garantire elevati uptime di servizio e continuità operativa;
- PLC nativamente cyber;
- Piattaforme software utilizzate sviluppate in ambiente nativo cyber;
- Sistemi ed architettura di rete ridondati, scalabili ed interagibili;
- Upgrade dei sistemi presenti;
- Massima sicurezza e controllo degli accessi fisici alla rete;
- Monitoraggio e sistemi di blocco degli accessi indesiderati;
- Adozione di tecnologie all'avanguardia ma ragionevolmente consolidate e sperimentate;
- Semplicità di uso e di gestione;
- Affidabilità di tutti i componenti attivi e passivi;



	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 20 di 27

- Omogeneità dell'ambiente tecnologico;
- Rispondenza agli standard internazionali;
- Flessibilità, robustezza ed espandibilità del sistema nel suo complesso;
- Capacità di supportare tutte le esigenze di comunicazione (dati, fonia, video, audio, etc.);
- Razionalizzazione del sottosistema di cablaggio.

Ai fini della sicurezza informatica, gli apparati L2 dovranno avere le caratteristiche di seguito riportate.

## Caratteristiche apparati L2

### Cybersecurity L2:

- Tutte le porte non utilizzate sugli switch L2 saranno poste su una VLAN non usata e saranno disattivate.
- Tutti i siti dove è presente un apparato dovrà esserci adeguata protezione fisica per impedire accessi agli apparati contenuti tutti gli armadi/armadietti
- Tutti i siti dove è presente un apparato L2 dovranno essere chiusi a chiave ed allarmati tramite opportuno sistema.
- Per tutte le porte rame degli apparati L2 dovrà essere possibile la associazione di un solo MAC-address, autenticazione 802.1X, MAB, MACSEC
- L'accesso in management agli apparati avverrà solo in SSH con password di 14 caratteri su rete dedicata

### Network L2:

- Gli apparati L2 dovranno essere previsti nelle fermate e nei capolinea.
- Gli apparati L2 dovranno essere interconnessi con topologia ad anello. Ogni anello dovrà essere terminato nella SSE limitrofa di riferimento.
- Ogni anello dovrà afferire alla SSE di riferimento più vicina e gli anelli dovranno essere progettati per contenere il più possibile la loro estensione geografica.
- Il numero massimo di apparati L2 per ogni anello fisico non dovrà essere superiore alle 7 unità.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>21 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	21 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	21 di 27								

- Gli apparati L2 di anello dovranno supportare il protocollo REP per garantire veloce convergenza L2 in caso di fault dell'anello stesso.
- Gli apparati L2 di anello dovranno supportare QoS per garantire la prioritizzazione del traffico voce.
- Gli apparati L2 di anello impegnati lungo linea dovranno essere di tipo industriale, fanless, e dotati di almeno 12 porte rame e 2 ottiche. Tutte le porte dovranno essere 1GBE o superiore.
- Gli apparati L2 di anello dovranno poter funzionare con range di temperatura esteso (-40°C to +75°C).
- Gli apparati L2 di anello dovranno supportare PoE+.
- Numero porte minimo degli switch per le fermate pari a n. 12, per i capolinea pari a n.20.

### Caratteristiche apparati L3:

#### Cybersecurity L3-L7:

- In tutte le SSE dovrà essere prevista una coppia di firewall che permetteranno di identificare in maniera univoca i traffici in ingresso sulla rete AMT e garantiranno la sicurezza delle comunicazioni degli apparati posti sul suolo pubblico.
  - Tutti i firewall dovranno essere integrati nella piattaforma di gestione centralizzata di AMT dedicata a tali apparati. Inoltre dovranno essere integrati nel data-lake di AMT per una gestione integrata dei sistemi.
  - Ogni firewall dovrà avere almeno 2 porte SFP+ 10GBE o superiori.
  - Ogni firewall dovrà avere funzionalità di application-ID e threat prevention.

#### Network L3:

- Nelle SSE Tutti gli apparati L3 saranno doppi ed ognuno con doppia alimentazione. Il collegamento tra i 2 apparati potrà essere di tipo stack o altra topologia.
- Lo switch di SSE dovrà avere almeno 32 porte SFP+ ed almeno 2/4 porte 40GBE/100GBE.
- Le porte dovranno tipo SFP+ permetteranno di definire il tipo e la banda della porta tramite la scelta dell'interfaccia SFP+.
- Le connessioni tra gli apparati L3 di ogni asse avverranno mediante doppio link ottico mediante percorsi e cavi distinti in topologia ad anello.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 22 di 27

- Gli apparati L3 dovranno supportare il protocollo REP per garantire veloce convergenza L2 in caso di fault degli anelli L2 ad essi collegati.
- La terminazione degli anelli L3 di ogni asse, dovrà avvenire in via Montaldo. Tale terminazione dovrà avvenire rispettivamente tramite una doppia connessione fibra ottica proveniente dal primo apparato L3 dell'asse in questione ed una doppia connessione fibra ottica proveniente dall'ultimo apparato L3 dell'asse in questione.
- Tutti gli apparati L3 dovranno avere licenza per il routing dinamico.
- Nel CED AMT di via Montaldo dovrà essere previsto:
  - un nuovo Rack dedicato alla parte passiva di terminazione cavi al quale verranno attestate le fibre ottiche provenienti dal campo.
  - un nuovo rack attivo dotato di una coppia di switch L3 aventi almeno 32 porte SFP+ ed almeno 2/4 porte 40GBE/100GBE.
  - Le porte dovranno tipo SFP+ permetteranno di definire il tipo e la banda della porta tramite la scelta dell'interfaccia SFP+.
  - una coppia di switch di accesso con porte GBE o superiori.

### 3.7 Apparati attivi

Gli apparati attivi necessari ai fini del “rilancio” delle reti in f.o. lungo l'infrastruttura saranno installati negli armadi a rack delle sottostazioni elettriche MT/BT e presso il centro di controllo.

Per la realizzazione dei collegamenti in fibra ottica verranno principalmente usate le seguenti ottiche:

- Ottiche per collegamenti di 40 Gb/100 Gb;
- Ottiche per i collegamenti a 10 Gb;
- Ottiche per i collegamenti a 1 Gb.

Le ottiche tipo X2 impiegate saranno le seguenti:

- X2 ER (IEEE 802.3ae) per distanze fino a 40 km su fibra monomodale;
- X2 LR (IEEE 802.3ae) per distanze fino a 10 km su fibra monomodale;
- X2 IR (IEEE 802.3ae) per distanze fino a 2 km su fibra monomodale.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>23 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	23 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	23 di 27								

L'apparato deve essere fornito assieme al suo modulo di alimentazione e con moduli di tipo SFP (Small form-factor pluggable transceiver) appropriati, determinati dalla lunghezza del collegamento da effettuare e genuini, ossia fabbricati e commercializzati dallo stesso produttore dell'apparato. I moduli SFP ospitati sono di tipo rugged per conferire alla configurazione finale le stesse caratteristiche dell'apparato ospite.

I collegamenti tra apparati switch devono essere eseguiti tramite cavo in fibra ottica attestati su borchia dedicata.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>					
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	COMMESSA E21D	LOTTO 02 D Z2	CODIFICA RH	DOCUMENTO IS000 006	REV. E	FOGLIO 24 di 27

### 3.7.1 *Apparati per anelli di accesso*

Gli apparati per gli anelli di accesso dovranno essere previsti nelle fermate e nei capolinea e dovranno essere apparati di tipo Layer 2.

Gli apparati L2 dovranno essere interconnessi con topologia ad anello. Ogni anello dovrà essere terminato nella SSE limitrofa di riferimento. Ogni anello dovrà afferire alla SSE di riferimento più vicina e gli anelli dovranno essere progettati per contenere il più possibile la loro estensione geografica. Il numero massimo di apparati L2 per ogni anello fisico non dovrà essere superiore alle 7 unità.

Gli apparati L2 di anello dovranno

- ✓ supportare il protocollo REP per garantire veloce convergenza L2 in caso di fault dell'anello stesso.
- ✓ supportare QoS per garantire la prioritizzazione del traffico voce
- ✓ essere di tipo industriale, fanless, e dotati di almeno 12 porte rame e 2 ottiche.
- ✓ Supportare connessioni rame e fibra ad 1Gbit o superiore.
- ✓ poter funzionare con range di temperatura esteso (-40°C to +75°C)
- ✓ supportare PoE+

allo scopo di garantire la sicurezza informatica.

Tutte le porte non utilizzate sugli switch L2 saranno poste su una VLAN non usata e saranno disattivate.

Per tutte le porte rame degli apparati L2 dovrà essere possibile la associazione di un solo MAC-address, autenticazione 802.1X, MAB, MACSEC.

L'accesso in management agli apparati avverrà solo in SSH con password di 14 caratteri su rete dedicata.

Tutti i siti dove è presente un apparato dovrà esserci adeguata protezione fisica per impedire accessi agli apparati contenuti tutti gli armadi/armadietti.

Tutti i siti dove è presente un apparato L2 dovranno essere chiusi a chiave ed allarmati tramite opportuno sistema.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>25 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	25 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	25 di 27								

### 3.7.2 *Apparati di concentrazione*

Gli apparati di concentrazione di seguito indicati come apparati SSE saranno apparati Layer 3 ridondati con doppia alimentazione. Il collegamento tra i 2 apparati potrà essere di tipo stack o altra topologia.

Lo switch di SSE dovrà avere almeno 32 porte SFP+ ed almeno 2/4 porte 40GBE/100GBE.

In modo da definire il tipo e la banda della porta tramite la scelta dell'interfaccia SFP+.

Le connessioni tra gli apparati L3 di ogni asse avverranno mediante doppio link ottico mediante percorsi e cavi distinti in topologia ad anello.

Gli apparati L3 dovranno supportare il protocollo REP per garantire veloce convergenza L2 in caso di fault degli anelli L2 ad essi collegati.

La terminazione degli anelli L3 di ogni asse, dovrà avvenire in via Montaldo. Tale terminazione dovrà avvenire rispettivamente tramite una doppia connessione in fibra ottica proveniente dal primo apparato L3 dell'asse in questione ed una doppia connessione fibra ottica proveniente dall'ultimo apparato L3 dell'asse in questione.

All'interno delle SSE, sede di Nodo di Rete L3, saranno terminati gli anelli L2 e pertanto il numero di sedi ove dovranno essere terminati gli anelli L2 provenienti da capolinea/fermate dovrà essere ottimizzato lungo la linea al fine di ottimizzare la quantità di apparati firewall necessaria per controllare i traffici in arrivo dai dispositivi di campo delle fermate/capolinea.

Tutti gli apparati L3 dovranno avere licenza per il routing dinamico e dovranno supportare come minimo

- ✓ BGP-4
- ✓ OSPFv2.0
- ✓ PIM Sparse Mode
- ✓ PIM Dense Mode
- ✓ Rip V2.0

Nel CED AMT di via Montaldo dovrà essere previsto:

- un nuovo Rack dedicato alla parte passiva di terminazione cavi al quale verranno attestate le fibre ottiche provenienti dal campo
- un nuovo rack attivo dotato di una coppia di switch L3 aventi almeno 32 porte SFP+ ed almeno 2/4 porte 40GBE/100GBE.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
<b>SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>26 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	26 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	26 di 27								

- Le porte dovranno tipo SFP+ permetteranno di definire il tipo e la banda della porta tramite la scelta dell'interfaccia SFP+.
- una coppia di switch di accesso con porte GBE o superiori.

Per garantire la sicurezza logica:

- Il traffico di dati in arrivo da tutti i sistemi IT/OT dovrà essere controllato dai dispositivi di sicurezza presenti nelle SSE prima di essere mandato in rete AMT.
- In tutte le SSE dovrà essere prevista una coppia di firewall che permetteranno di identificare in maniera univoca i traffici in ingresso sulla rete AMT e garantiranno la sicurezza delle comunicazioni degli apparati posti sul suolo pubblico.
  - Tutti i firewall dovranno essere integrati nella piattaforma di gestione centralizzata di AMT (Palo Alto) dedicata a tali apparati. Inoltre dovranno essere integrati nel data-lake di AMT per una gestione integrata dei sistemi.
  - Ogni firewall dovrà avere almeno 2 porte SFP+ 10GBE o superiori.

Ogni firewall dovrà avere funzionalità di application-ID e threat prevention.

Inoltre, tutti gli script di configurazione di tutti gli apparati attivi verranno forniti da AMT, mentre l'Appaltatore dovrà fornire opportuna documentazione dell'installazione di tali agent forniti da AMT, con l'identificazione biunivoca Agent/apparato.

	<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)</b>												
SISTEMA DI IS, LOCALIZZAZIONE, SUPERVISIONE E CONTROLLO DELLA LINEA RETE TLC – RELAZIONE TECNICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z2</td> <td>RH</td> <td>IS000 006</td> <td>E</td> <td>27 di 27</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	27 di 27
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z2	RH	IS000 006	E	27 di 27								

### 3.8 Considerazioni finali

L'architettura così definita è stata progettata prendendo in considerazione i seguenti parametri e situazioni:

- Completa compatibilità e omogeneità tra gli apparati al fine sia di consolidare le procedure operative e le competenze con conseguente rilevante risparmio in termini di costi operativi e sia di fornire i desiderati livelli di qualità del servizio, raggiungibili solo attraverso un ambiente tecnologico omogeneo;
- Completa compatibilità e omogeneità nella gestione e nella manutenzione delle apparecchiature di rete e dei livelli di sicurezza attraverso gli applicativi di gestione;
- Il fault di una stazione non deve pregiudicare il funzionamento delle altre stazioni;
- I tempi di ricalcolo della rete, a causa di un fault L3-L3, devono mantenersi nell'ordine del secondo;
- I tempi di ricalcolo della rete, a causa di un fault L3-L2, devono essere inferiori al secondo;
- I tempi di ricalcolo della rete, a causa di un fault L2-L2, devono essere inferiori al secondo;
- Il livello di ridondanza deve essere sufficiente a permettere di raggiungere ogni stazione in ogni momento;

Benefici dell'architettura:

- Rete multiservizio tramite la gestione della QoS;
- Scalabilità tramite un backbone ad 100/40/10 Gigabit, utilizzabile per applicazioni con possibilità di separare i tipi di traffico e conseguente diversificazione di trattamento (QoS);
- Stabilità e resilienza, i protocolli di convergenza proposti e di seguito descritti, garantiscono, in caso di fault di un nodo o di un link, un tempo di ripristino di qualche centinaio di msec (Sub Second Convergence);
- Cyber Security: sistema progettato secondo criteri sicuri "by design" in grado di fornire una gestione integrata della sicurezza su tutti i livelli applicativi.