

**MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI  
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



**COMUNE DI TORINO**



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO  
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA  
Lotto generale: Politecnico - Rebaudengo**

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		 <span style="float: right;">INFRATRASPORTI S.r.l.</span>															
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA																
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	<b>INTERFACCIA OPERE CIVILI-SISTEMA SEGNALAMENTO/AUTOMAZIONE, TELECOMANDO, PORTE DI BANCHINA, TELECOMUNICAZIONI</b> RELAZIONE TECNICA										ELABORATO		REV.		SCALA	DATA
												Int.	Est.				
		BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi	MT	L2	T1	A0	D	SIS	GEN	R	003	0	1	-	15/09/2023		

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/03/22	Vari	F. Azzarone	R. Crova	R. Crova
1	Emissione finale a seguito di verifica preventiva	15/09/23	Vari	F. Azzarone	R. Crova	R. Crova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>13.4</td> <td>1</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>SISGENR003</td> </tr> </table>						LOTTO 0	CARTELLA	13.4	1	MTL2T1A0D	SISGENR003	<p align="center"><b>STAZIONE APPALTANTE</b></p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozzi</p>						
LOTTO 0	CARTELLA	13.4	1	MTL2T1A0D	SISGENR003													

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## INDICE

<b>1.</b>	<b>ACRONIMI</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>ACRONIMI SEGNALAMENTO E AUTOMAZIONE</b>	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>ACRONIMI TELECOMUNICAZIONI</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>INTEGRAZIONE DELLA LINEA</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO</b>	<b>15</b>
<b>4.</b>	<b>SEGNALAMENTO E AUTOMAZIONE</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>IL PRINCIPIO DELLA SICUREZZA</b>	<b>22</b>
<b>4.2</b>	<b>ARCHITETTURA DEL SISTEMA ATC</b>	<b>24</b>
<b>4.3</b>	<b>IMPIANTO DI SEGNALAMENTO NEL DEPOSITO</b>	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>DESCRIZIONE DEL SISTEMA CBTC</b>	<b>25</b>
<b>4.4.1</b>	<b>CBTC E IL CONCETTO DI BLOCCO MOBILE</b>	<b>26</b>
<b>4.4.2</b>	<b>LIVELLI DI AUTOMAZIONE</b>	<b>28</b>
<b>4.5</b>	<b>VANTAGGI PRINCIPALI DEL SISTEMA CBTC:</b>	<b>28</b>
<b>4.5.1</b>	<b>ARCHITETTURA</b>	<b>29</b>
<b>4.5.2</b>	<b>RIEPILOGO SISTEMI COLLEGATI</b>	<b>30</b>
<b>4.5.3</b>	<b>INDIPENDENZA DEL MATERIALE ROTABILE DAL SEGNALAMENTO A BORDO E A TERRA.</b>	<b>31</b>
<b>5.</b>	<b>SOTTOSISTEMI DI CONTROLLO</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>IL POSTO CENTRALE (PCC/OCC) E LE COMUNICAZIONI</b>	<b>34</b>
<b>5.1.1</b>	<b>IL PERSONALE AL POSTO DI CONTROLLO: DESCRIZIONE E FUNZIONI</b>	<b>34</b>
<b>5.1.2</b>	<b>ASPETTI FUNZIONALI GENERALI</b>	<b>35</b>
<b>5.1.3</b>	<b>FUNZIONI A CARATTERE DI SICUREZZA</b>	<b>36</b>
<b>5.1.4</b>	<b>FUNZIONI DI COMUNICAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA</b>	<b>37</b>
<b>5.1.4.1</b>	<b>La funzione d'inter-fonia con la galleria e le stazioni</b>	<b>37</b>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

5.1.4.2	La funzione d'inter-fonia e sonorizzazione con i veicoli	37
5.1.4.3	La funzione di telefonia	37
5.1.4.4	La funzione di videosorveglianza e sonorizzazione delle stazioni	38
5.1.4.5	La funzione di radiotelefonia	38
5.1.4.6	Diffusione Sonora	38
5.1.4.7	Le funzioni tele informatiche	39
5.1.4.8	Trattamento delle trasmissioni di Telemisure e Telecomandi	39
5.1.4.9	Introduzione di un PCC/PCC Backup in aree da definire	40
5.1.4.10	Eventuali possibili prescrizioni per unica Sala Security linea 1 e 2	40
5.1.4.11	Funzioni svolte dal Posto di Controllo e Comando (PCC/OCC/PCO)	40
5.1.4.12	Mezzi e sottosistemi a disposizione	41
<b>5.1.5</b>	<b>CONTROLLO DEI FLUSSI A BORDO TRENO</b>	<b>42</b>
<b>5.2</b>	<b>SCADA-SYS IMPIANTI DI SISTEMA</b>	<b>42</b>
<b>5.2.1</b>	<b>INTRODUZIONE GENERALE</b>	<b>42</b>
<b>5.2.2</b>	<b>SISTEMA DI TELECOMANDO E SUPERVISIONE IMPIANTI DI SISTEMA</b>	<b>43</b>
<b>5.2.3</b>	<b>SCADA PS (SIST. DI POTENZA): RETE DI CONTROLLO ALIMENTAZIONI ELETTRICHE</b>	<b>43</b>
<b>5.2.4</b>	<b>PROTOCOLLI DISPONIBILI:</b>	<b>43</b>
<b>5.3</b>	<b>RETE INFORMATICA</b>	<b>45</b>
<b>5.3.1</b>	<b>DIFFUSIONE SONORA</b>	<b>46</b>
<b>5.3.2</b>	<b>VIDEOSORVEGLIANZA</b>	<b>48</b>
<b>5.3.3</b>	<b>TELEFONIA DI SERVIZIO E INTER-FONIA</b>	<b>49</b>
<b>5.3.4</b>	<b>VIDEOINFORMAZIONE</b>	<b>49</b>
<b>5.3.5</b>	<b>TELECONTROLLO IMPIANTI ELETTRICI E TECNOLOGICI</b>	<b>49</b>
<b>5.3.6</b>	<b>GESTIONE INTEGRATA DEI SOTTOSISTEMI</b>	<b>49</b>
<b>5.4</b>	<b>RETE RADIO</b>	<b>50</b>
<b>5.4.1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>50</b>
<b>5.4.2</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE</b>	<b>51</b>
5.4.2.1	Descrizione Rete Radio VV	52
5.4.2.2	Tecnologia di collegamento apparati	52
<b>5.4.3</b>	<b>SISTEMI PMR (PROFESSIONAL MOBILE RADIO)</b>	<b>53</b>
<b>5.4.4</b>	<b>RETE RADIO DIGITALE DMR</b>	<b>54</b>
<b>5.4.5</b>	<b>BREVE DESCRIZIONE DEL TETRA</b>	<b>56</b>
<b>5.4.6</b>	<b>DETTAGLI SUL SISTEMA -TETRA</b>	<b>56</b>
5.4.6.1	Vantaggi /Svantaggi	57

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

5.4.6.2	Confronti DMR/TETRA per la copertura in tunnel	58
5.4.6.3	Confronto DMR/TETRA sui Terminali	58
5.4.6.4	Confronto DMR/TETRA sulle Stazioni base e sui nodi di commutazione	58
<b>5.4.7</b>	<b>RETE RADIO DESCRIZIONE DEL SISTEMA E REQUISITI DELLA PROPOSTA TECNICA</b>	<b>59</b>
5.4.7.1	Introduzione	59
5.4.7.2	Descrizione preliminare	59
5.4.7.3	Struttura della rete	60
5.4.7.4	Funzionamento del sistema	60
5.4.7.5	Collegamento Centrale → Portatili	61
5.4.7.6	Collegamento portatile → PCC; Portatile → Portatile	61
5.4.7.7	Antenne per rete radio	61
<b>5.4.8</b>	<b>WIRELESS LAN TRASMISSIONI A LARGA BANDA TRA VEICOLO E SISTEMI DI TERRA</b>	<b>61</b>
5.4.8.1	Servizi generali offerti	61
5.4.8.2	Sistemi informativi di bordo	62
5.4.8.3	Sorveglianza video di bordo	62
5.4.8.4	Diffusione sonora intrattenimento	63
<b>5.5</b>	<b>IMPIANTI DI COMUNICAZIONE DEL DEPOSITO</b>	<b>63</b>
<b>5.5.1</b>	<b>IMPIANTO TVCC</b>	<b>63</b>
<b>5.5.2</b>	<b>IMPIANTO DI DIFFUSIONE SONORA</b>	<b>63</b>
<b>5.5.3</b>	<b>IMPIANTO ORA ESATTA</b>	<b>63</b>
<b>5.5.4</b>	<b>RETE TELEFONICA</b>	<b>63</b>
<b>5.5.5</b>	<b>SISTEMA RADIO TERRA-TRENO</b>	<b>63</b>
<b>6.</b>	<b>IMPIANTI NON DI SISTEMA</b>	<b>65</b>
<b>6.1</b>	<b>CONTROLLO AUTOMATICO DEGLI IMPIANTI</b>	<b>65</b>
<b>6.2</b>	<b>ARCHITETTURA DI RETE</b>	<b>66</b>
<b>6.3</b>	<b>SCHEMA DI PRINCIPIO GENERALE DELLE RETI</b>	<b>67</b>
<b>6.4</b>	<b>SCHEMA DELLA RETE IGNS</b>	<b>69</b>
<b>6.4.1</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA RETE IGNS</b>	<b>72</b>
6.4.1.1	Opzione 1: anello esterno e anello interno	72
6.4.1.2	Opzione 2: doppio anello esterno e anello interno	72
<b>6.4.2</b>	<b>FIBRA MULTIMODALE E MONOMODALE</b>	<b>73</b>
<b>6.5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEGLI SWITCH</b>	<b>74</b>
<b>6.5.1</b>	<b>SWITCH LAYER 3</b>	<b>74</b>
<b>6.5.2</b>	<b>SWITCH LAYER 2</b>	<b>74</b>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

<b>6.5.3</b>	<b>SWITCH UNMANAGED</b>	<b>75</b>
<b>6.6</b>	<b>SCAMBIO DATI TRA CONTROLLORI</b>	<b>75</b>
<b>6.7</b>	<b>SISTEMA DI CONTROLLO E GESTIONE DEGLI APPARATI NON DI SISTEMA</b>	<b>75</b>
<b>7.</b>	<b>SISTEMA SCADA-IGNS</b>	<b>76</b>
<b>7.1</b>	<b>TIPOLOGIA DI SOFTWARE E CARATTERISTICHE DEL FORNITORE</b>	<b>76</b>
<b>7.2</b>	<b>SCALABILITÀ DEL SISTEMA</b>	<b>76</b>
<b>7.3</b>	<b>LOGICA CLIENT-SERVER NATIVA</b>	<b>76</b>
<b>7.4</b>	<b>ARCHITETTURA SOFTWARE</b>	<b>77</b>
<b>7.5</b>	<b>MODELLAZIONE ORIENTATA AGLI OGGETTI (TEMPLATES) E "MODELLO D'IMPIANTO"</b>	<b>78</b>
<b>7.5.1</b>	<b>CREAZIONE DI TEMPLATES</b>	<b>79</b>
<b>7.5.2</b>	<b>CREAZIONE DI ISTANZE, OVVERO OGGETTI APPLICATIVI</b>	<b>79</b>
<b>7.5.3</b>	<b>ISTANZE E "MODELLO D'IMPIANTO"</b>	<b>79</b>
<b>8.</b>	<b>REQUISITI SOFTWARE PER L'AMBIENTE DI SVILUPPO</b>	<b>80</b>
<b>8.1</b>	<b>SISTEMI OPERATIVI SUPPORTATI</b>	<b>80</b>
<b>8.2</b>	<b>RIDONDANZA E VIRTUALIZZAZIONE</b>	<b>80</b>
<b>8.3</b>	<b>AMBIENTE DI SVILUPPO E SICUREZZA</b>	<b>80</b>
<b>8.4</b>	<b>SECURITY (INTEGRAZIONE CON MICROSOFT "ACTIVE DIRECTORY")</b>	<b>80</b>
<b>9.</b>	<b>PORTE DI BANCHINA</b>	<b>82</b>
<b>9.1</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>82</b>
<b>9.2</b>	<b>REQUISITI PRINCIPALI</b>	<b>83</b>
<b>9.3</b>	<b>MECCANISMO DI TRASLAZIONE DELLE PORTE SCORREVOLI</b>	<b>83</b>
<b>9.4</b>	<b>CENTRALINA DI COMANDO</b>	<b>83</b>
<b>9.5</b>	<b>TEMPI DI MANOVRA DELLE PORTE SCORREVOLI</b>	<b>83</b>
<b>9.6</b>	<b>RILEVAMENTO DI OSTACOLI</b>	<b>84</b>
<b>9.7</b>	<b>SEGNALAZIONI VISIVE E ACUSTICHE</b>	<b>84</b>
<b>9.8</b>	<b>CARATTERISTICHE DI RESISTENZA E ANTINCENDIO DELLE PORTE DI BANCHINA</b>	<b>84</b>
<b>9.9</b>	<b>CARATTERISTICHE DI PRESSIONE DELLE PORTE DI BANCHINA</b>	<b>85</b>
<b>9.10</b>	<b>CARATTERISTICHE TERMICHE DELLE PORTE DI BANCHINA</b>	<b>86</b>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Sistema di Segnalamento Schema generale	20
Figura 2.	Schema Generale Automazione Treni	23
Figura 3.	Schema Blocchi fissi e mobili	27
Figura 4.	Architettura ATS	29
Figura 5.	Architettura CBTC	30
Figura 6.	Interazione tra i Sistemi di controllo	33
Figura 7.	SCADA: Esempio di Struttura Generale	44
Figura 8.	Sistema Scada PS: Esempio di struttura generale	45
Figura 9.	Copertura a Rete Cellulare	55
Figura 10.	Configurazioni possibili reti radio	55
Figura 11.	Sistema Radio con SRB	55
Figura 12.	Sistema Multicast	56
Figura 13.	Schema Master Slave DMR Analogico/Digitale	60
Figura 14.	Passaggio cavi in unica canalina	66
Figura 15.	Passaggio cavi in canaline separate	66
Figura 16.	Schema generale delle reti	67
Figura 17.	Schema rete IGNS	69
Figura 18.	Fibra Ottica monomodale/multimodale dimensioni	73
Figura 19.	Fibra Ottica monomodale/multimodale modalità	73

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Acronimi segnalamento e automazione	7
Tabella 2.	Acronimi telecomunicazioni	8

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 1. ACRONIMI

### 1.1 Acronimi segnalamento e automazione

Tabella 1. Acronimi segnalamento e automazione

SIGLA	SIGNIFICATO	TRADUZIONE
<b>ATC</b>	Automatic Train Control	Controllo Automatico Treni
<b>ATO</b>	Automatic Train Operation	Funzionamento Automatico Treni
<b>ATPM</b>	Automatic Train Protection Manual Mode	Protezione Automatica treni in modalità manuale
<b>ATS</b>	Automatic Train Supervision	Supervisione Automatica Treni
<b>BY-PASS</b>	By-Pass mode Control Mode	Modalità By-Pass
<b>CC</b>	-	Controllore di Bordo
<b>DCS</b>	Data Control System	Sistema di verifica dati
<b>DCS</b>	Data Communication System	Sistema Comunicazione Dati
<b>EB</b>	Emergency Bracking	Frenata di emergenza
<b>FLDC</b>	Fleet Data Collector System	Sistema raccolta dati della flotta
<b>GOA NN</b>	Grade of Automation level nn	Graduatoria di automazione
<b>HMI</b>	Human Machin Interface	Interfaccia uomo macchina
<b>NMS</b>	Network Monitoring System	Sistema di monitor in rete
<b>OCC/PCC/P CO</b>	Central Control Place	Posto centrale di controllo
<b>PSD</b>	Platform Screen Doors	Porte di Banchina
<b>PSIS</b>	Passenger security and information system	Sistema informativo sicurezza passeggeri
<b>RS</b>	Rolling Stock	Materiale Rotabile



SIGLA	SIGNIFICATO	TRADUZIONE
<b>SRB</b>	Radio Base Station	Stazione Radio Base
<b>SSE</b>	Electric sub station	Sotto Stazione Elettrica
<b>SW</b>	Software	Programmi
<b>TC</b>	Remote Control	Telecomando
<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol/Internet protocol	Protocollo di Trasmissione a 7 strati
<b>TM</b>	Telemetry	Telemetria
<b>UTO</b>	Anattended Train Operation	Treno senza conducente

## 1.2 Acronimi Telecomunicazioni

Tabella 2. Acronimi telecomunicazioni

SIGLA	SIGNIFICATO	TRADUZIONE
<b>AP</b>	Access Point	Nodo di Accesso
<b>ATO</b>	Automatic Train Operation	Funzionamento Automatico Treni
<b>ATC</b>	Automatic Train Control	Controllo Automatico Treni
<b>ATS</b>	Automatic Train Supervision	Supervisione Automatica Treni
<b>BPS</b>	Bit per second	Bit al secondo
<b>BT</b>	Bassa Tensione	NA
<b>DCS</b>	Data Control System	Sistema di verifica dati
<b>DMR</b>	Digital Mobile Radio	Rete Radio mobile digitale
<b>DS</b>	Sound diffusion System	Sistema di diffusione sonora
<b>EVAC</b>	Emergency Voice and Communication	Sistema di evacuazione



SIGLA	SIGNIFICATO	TRADUZIONE
<b>FM</b>	Medium Frequency	Frequenza media
<b>FS</b>	frequency Signal	Segnale di frequenza
<b>GPS</b>	Global Positioning Satellite	Satellite di posizionamento globale
<b>GSM</b>	Global Mobile System	Rete mobile globale
<b>HT</b>	Alta tensione	NA
<b>HW</b>	Hardware	Apparati
<b>I/O</b>	Input/output	Entrata /uscita
<b>LCD</b>	Liquid Cristal Device	Monitor a cristalli liquidi
<b>MT</b>	Media Tensione	NA
<b>OPC</b>	Ole for Process Controll	Comando per data Base
<b>OCC/PCC/PCO</b>	Central Control Place	Posto centrale di controllo
<b>PMR</b>	Professional Mobile Radio	Sistemi Radio mobili professionali
<b>POE</b>	power over Ethernet	Distribuzione potenza su Ethernet
<b>PS</b>	Power System (Scada)	Scada per sistemi di potenza
<b>PTT</b>	push-to-talk	Schiaccia per parlare (terminali radio)
<b>SCADA</b>	Supervisory Control and data aquisition	Supervisione e controllo di acquisizione dati
<b>SRB</b>	Radio Base Station	Stazione Radio Base
<b>SSE</b>	Electric sub station	Sotto Stazione Elettrica
<b>SW</b>	Software	Programmi



<b>SIGLA</b>	<b>SIGNIFICATO</b>	<b>TRADUZIONE</b>
<b>TC</b>	Remote Control	Telecomando
<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol/Internet protocol	Protocollo di Trasmissione a 7 strati
<b>TDMA</b>	Time division multiple access	Accesso multiplo a divisione di tempo
<b>TETRA</b>	Terrestrial Trunked Radio	Reti radio terrestri di tipo trunked
<b>TM</b>	Telemetry	Telemetria
<b>TVCC</b>	TV control circuit	Sistema di controllo TV
<b>UAS</b>	Station data acquisition unit	Unita Acquisizione Stazione
<b>UDP</b>	Universal Data Protocol	Protocollo universale dati
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency	Frequenze ultra alte
<b>UPS</b>	Unit power System	Gruppi di continuità
<b>UTP</b>	Unshielded_Twisted_Pair	Tipologia di cavi
<b>VHF</b>	Very High Frequency	Frequenze molto alte
<b>VOIP</b>	Voice over IP	Voce su protocollo Internet
<b>WI-FI</b>	Wireless Fiber	Rete senza fili
<b>WLAN</b>	Wireless LAN	Nodi di rete senza fili

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 2. INTRODUZIONE

### 2.1 Premessa

La presente relazione si inserisce nell'ambito della documentazione relativa alla Progettazione Definitiva della Linea 2 della Metropolitana di Torino - tratta funzionale "Politecnico-Rebaudengo" e descrive i sistemi di: segnalamento, automazione, telecomando, porte di banchina, telecomunicazioni a cui si è fatto riferimento per la definizione dell'Interfaccia Opere Civili/Sistema.

### 2.2 Descrizione generale

Le linee principali richieste per il progetto di una Metropolitana moderna sono quelli di assicurare il trasporto del maggior numero possibile di passeggeri, alla massima velocità commerciale e in condizioni sicurezza e regolarità dell'esercizio.

Si ritiene dunque necessario che venga progettato e sviluppato nel modo più idoneo:

- Il sistema di segnalamento;
- gli impianti di sicurezza per il distanziamento dei treni;
- i sistemi di regolazione del traffico;
- gli impianti di telecomunicazione, automazione e controllo.

Che quindi rappresentano gli strumenti indispensabili per raggiungere tale scopo.

L'elevato grado di utilizzazione degli impianti, la ripetitività delle operazioni, i distanziamenti minimi tra i treni, i perturbamenti accidentali della circolazione e la rapidità richiesta negli interventi di regolazione del traffico rendono indispensabili, per le metropolitane, alti livelli di automazione, in modo da sfruttare la potenzialità massima delle linee stesse ed assicurare un corretto svolgimento dell'esercizio. Assume quindi particolare importanza il Centro di Controllo, il quale deve fornire le informazioni sulla posizione dei treni attraverso sistemi per il riconoscimento automatico degli stessi. Il rispetto dell'orario e la conseguente regolarità dell'esercizio, funzione svolta attraverso la formazione degli itinerari, sono fattori molto importanti che devono essere impostati con la massima cura.

Con il presente elaborato si intende delineare la corretta linea di progettazione del Sistema in relazione alla Linea 2 della Metropolitana di Torino.

L'obiettivo del presente documento è quindi quello di fornire una descrizione realistica e oggettiva del Sistema senza nessun riferimento specifico o "proprietario", ma con il livello di dettaglio utile alle successive fasi progettuali e alla gestione delle interfacce con le Opere Civili.

Numerosi sistemi di metropolitana automatica sono operativi da anni con successo, incluso quello della linea 1, il VAL 208. Rispetto ad esso la scelta tecnica dell'Amministrazione è stato quello di

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

**non perseguire la scelta dell'interoperabilità** e quindi di lasciare aperta la scelta del Sistema per la linea 2.

Di conseguenza, si è lavorato tenendo in conto il necessario inviluppo progettuale delle soluzioni tecnologiche e del materiale rotabile.

Il documento descrive le caratteristiche del Sistema "ottimale", non proprietario, ma avente per ogni sotto funzione, il miglior compromesso tra specifiche e costi realizzativi, utilizzando le migliori tecnologie disponibili al momento della realizzazione dell'opera che avverrà non prima del prossimo quinquennio. Alcuni punti fermi sono mandatori ossia che il Sistema sarà di tipo "Driverless", ad automazione integrale e dotato dei più recenti sistemi di sicurezza.

Essa si traduce in un altissimo livello di servizio offerto al pubblico e in una significativa economia sui costi di esercizio, i suoi sistemi di controllo automatico della marcia dei treni e degli impianti sono fondamentali e decisivi per ottenere la massima efficienza in completa sicurezza.

Il Sistema di Automazione Integrale sostituisce l'operatività del macchinista alla guida del veicolo, essendo in grado di: azionare il veicolo, instradarlo in linea, regolarne partenza/arresto e velocità, gestire apertura/chiusura delle porte di banchina e individuare ostacoli e stati di emergenza.

Il veicolo inoltre ha la capacità di comunicare in tempo reale in ingresso/uscita con il centro di controllo, da cui la gestione dell'esercizio della linea viene svolta in modo quasi del tutto automatico (solo le principali decisioni/anomalie gravi vengono gestite dal personale del Posto Centrale).

In generale, il controllo automatico dell'infrastruttura di trasporto deve essere esercitato mediante l'interazione dei tre sistemi distintamente illustrati nei capitoli seguenti:

- Il sistema di segnalamento e automazione propriamente inteso, che dovrà svolgere le funzioni di protezione, gestione e supervisione della marcia dei veicoli, e garantire:
  - trasporto dei passeggeri in sicurezza e in condizioni di comfort;
  - regolamentazione sicura ed efficace del traffico passeggeri;
  - supporto e automazione delle operazioni nominali;
  - supporto e automazione delle operazioni per la gestione del funzionamento in modalità degradata;
  - supporto agli obiettivi riguardanti la disponibilità del servizio.
- Centralizzato nel Posto di Controllo il sistema di telecomando, telecontrollo e di monitoraggio delle apparecchiature di servizio e di emergenza ubicate lungo linea ed in stazione (scale mobili, ascensori, rivelatori di fumo, ecc.).
- Il sistema di telecomunicazioni che genericamente e sinteticamente comprende:
  - la rete telefonica di servizio e di emergenza;
  - i sistemi per le comunicazioni radio con i treni e con il personale di linea;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- il sistema di informazioni per i passeggeri sia nelle stazioni, sia a bordo dei treni;
- il sistema degli annunci ai passeggeri tramite la diffusione sonora di avvisi sia nelle stazioni, sia a bordo dei treni;
- il sistema di videosorveglianza tramite telecamere a circuito chiuso;
- il sistema di comunicazioni di emergenza tra i passeggeri nelle stazioni e a bordo dei treni e il Posto Centrale;
- la rete oraria (riferimento di tempo);
- la rete di trasmissione dati che collegherà tutti gli apparati computerizzati e di telecomunicazione, centrali e periferici, ad esclusione di quelli del sistema di segnalamento/automazione che dotato di una propria rete di trasmissione dati integrata.

## 2.3 Integrazione della linea

Gli impianti e l'infrastruttura relativa alla tratta Politecnico-Rebaudengo potranno essere integrati, ai sensi del progetto generale PFTE con le seguenti tratte:

- Tratta Centrale: rappresenta la continuazione della tratta oggetto della progettazione a partire dal fine linea PT1 fino al capolinea di Anselmetti.
- Tratta Nord: si stacca da quella centrale in corrispondenza della stazione Cimarosa/Tabacchi, proseguendo nel manufatto in galleria artificiale, per poi continuare attraversando il territorio di Torino e San Mauro fino al capolinea di Pescarito.
- Tratta Sud: nasce all'interno del manufatto Anselmetti, per proseguire lungo Strada Torino, prolungamento di Corso Orbassano nel territorio del Comune di Beinasco e poi nel territorio di Orbassano dove è ubicata la stazione capolinea.

Il Sistemista dovrà effettuare tutte le considerazioni relativamente alla modularità delle soluzioni tecniche adottate, progettando un sistema integrabile per le tratte e i lotti successivi per mezzo dell'inserimento di idonee predisposizioni per tutti gli impianti e i sistemi oggetto della progettazione, questo al fine di minimizzare l'impatto delle nuove fasi costruttive sulla tratta in esercizio. Questo a partire dalla valutazione del piano schematico della linea (03\_MTL2T1A0DESEGENT001-0-1 e s.m.i.) e dalla predisposizione delle opere accessorie di interconnessione alla linea in esercizio.

In via esemplificativa:

- Predisposizione di scambio/deviatoio di capolinea provvisorio;
- Predisposizione di tronchino di fine corsa adeguatamente dimensionato;
- Predisposizione delle vie cavi (multitubolari o polifore laterali) con pozzetti finali per consentirne la continuazione in fase di estensione;
- Predisposizione di passerelle pedonali nel tronchino con scalette di discesa verso la via di corsa (scalette da rimuovere in fase di estensione);
- Cancelli di fine corsa;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- Chiusura anelli rete multiservizio (o equivalente) e dei ruttori emergenza che dovranno essere riaperti e integrati in fase di estensione;
- Diffusione sonora pilotata su tutte le dorsali (predisporre anche dorsali che in estensione saranno gestite dalla stazione futura);
- Predisposizione sistema di Videosorveglianza;
- Predisposizione sistema Antintrusione;
- Chiusura anello Media tensione per garantire ridondanza alimentazioni (da aprire ed estendere in fase di estensione della linea).

Il Sistemista dovrà tenere in considerazione e progettare preventivamente tutte le predisposizioni relative agli sviluppi e le integrazioni necessarie per il Posto Centrale di controllo e tutti i sistemi ad esso connessi.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

### 3. NORME DI RIFERIMENTO

Vengono qui di seguito riportate le principali norme che riguardano segnalamento, telecomunicazioni e porte di banchina:

- CEI EN 50126-1:04/2018 (e agg.10/2018) - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Specificazione e dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS) Parte 1: Processo generale RAMS"
- CEI EN 50128:11/2011 (e agg. 08/2014, 07/2020 e 06/2021) - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Software per sistemi ferroviari di comando e di protezione"
- CEI EN 50129:03/2019 (e agg.04/2020) - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Sistemi elettronici di sicurezza per il segnalamento.
- CEI EN 50159:01/2012 (e agg. 02/2012, 07/2020 e 12/2020) - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Comunicazioni di sicurezza in sistemi di trasmissione.
- EN 50155: 07/2021 - Railway applications - Rolling stock - Electronic equipment.
- EN 61034-1:06/2006 (e agg. 08/2014, 06/2020 e 02/2021) - Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite. Parte 1: Apparecchiature di prova.
- EN 50306: 03/2020 - Railway applications – Railway rolling stock cables having special fire performance - Thin wall.
- EN 50343: 05/2014 - Railway applications - Rolling stock - Rules for installation of cabling.
- NFPA 70 - Optical Fiber Cables and Raceways.
- NFPA 70B - Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance.
- EIA RS-174 - Audio Transformers for Electronic Equipment.
- EIA RS-232 - Interface Between Data Terminal Equipment Employing Serial Binary Data Interchange.
- EIA RS-276-A - Acceptance Testing of Dynamic Loudspeakers.
- EIA RS-426-A - Loudspeakers, Power Rating, Full Range.
- EIA RS-422 - Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits.
- CEI EN 35026 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- UNI 10218 - Gestione automatica dei sistemi di trasporto di tipo metropolitano. Stazioni impresenziate.
- UNI 10257 - Gestione automatica dei sistemi di trasporto di tipo metropolitano. Requisiti essenziali relativi alla guida automatica senza macchinista a bordo.
- EN 60268-3 – Household high-fidelity, audio equipment and systems – Amplifiers.
- EN 60849 - Sound systems for emergency purposes.
- EN 60332 - Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions.
- CEI EN 50267 - Metodi di prova comuni per cavi in condizioni d'incendio. Cavi in condizioni d'incendio - Prove sui gas emessi durante la combustione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- CEI EN 50132 - Impianti di allarme - Impianti di sorveglianza TVCC da utilizzare nelle applicazioni di sicurezza.
- CEI EN 50200 - Prova di resistenza al fuoco per cavi elettrici.
- CEI EN 60332 - Prove di incendio su cavi elettrici - Prova di non propagazione dell'incendio.
- EN 50121-3 - Railway applications - Electromagnetic Compatibility - Part 3: Rolling stock – Apparatus.
- EN 50121-4 - Railway applications - Electromagnetic Compatibility - Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus.
- IEEE 802.1x - Port based Network Access Control / RADIUS Usage Guidelines.
- IEEE 802.1D - Spanning Tree Protocol.
- IEEE 802.1p - CoS Classification.
- IEEE 802.1Q - (Virtual Bridged Local Area Networks) / VLAN Tagging.
- IEEE 802.1v-VLAN - Classification by Protocol and Port.
- IEEE 802.2 - SNAP LLC frame header.
- IEEE 802.3u - 100BASE-TX, 100BASE-FX specification.
- IEEE 802.3x - FullDuplex and Flow Control.
- IEEE 802.3z - 100BASE-X Gbit/s Ethernet specification.
- IEEE 802.3ab - 100BASE-T Gbit/s Ethernet specification.
- IEEE 802.3ad - Link Aggregation Control Protocol.
- IEEE 802.3ae - 10Gbit/s Ethernet over fiber, 10GBASE-SR, 10GBASE-LR.
- IEEE 802.3af - Power over Ethernet.
- IEEE 1474.1:2004 - Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements.
- IEEE 1471.2:2003 - Standard for User Interface Requirements in Communications-Based Train Control (CBTC) Systems.
- EN 61000 - Electromagnetic Compatibility (EMC).
- EN 50125 - Railway applications - Environmental conditions for equipment - Part 3: Equipment for signaling and telecommunications.
- UNI 11378:2010 - Metropolitane: Materiale rotabile per metropolitane - Caratteristiche generali e prestazioni.
- EN 14752:2006 - Railway applications - Door systems for rolling stock.
- G711 – Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies.
- RFC 768 - UDP.
- RFC 791 - IP (Internet Protocol).
- RFC 792 - ICMP (Internet Control Message Protocol).
- RFC 793 – TCP.
- RFC 826 - Address Resolution Protocol (ARP).
- RFC 854 – Telnet.
- RFC 903 - Reverse ARP.
- RFC 919 – IP-Broadcasting.
- RFC 925 - Multi-LAN ARP.
- RFC 1027 – Proxy ARP.
- RFC 1058 – RIPv1.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- RFC 1075 – DVMRPv2
- RFC 1157 – SNMPv1.
- RFC 1212 - MIB definitions.
- RFC 1213 - MIB-II.
- RFC 1215 - MIB (convention for defining traps).
- RFC 1305 - Network Time Protocol (Client).
- RFC 1541 - Dynamic Host Configuration Protocol.
- RFC 1591 - DNS Client.
- RFC 1650 - Ethernet-Like MIB.
- RFC 1812 - IP router requirements.
- RFCs - Supported for SNMPv2 1902 through 1907 - SNMPv2c Management Framework.
- RFC 1908 - Coexistence and transition relating to SNMPv1 and SNMPv2c.
- RFC 2003 - IP tunneling.
- RFC 2011 - IP-MIB: SNMPv2 Management Information Base for the Internet Protocol using SMIPv25. Includes Internet Control Message Protocol (ICMP).

#### Direttive e regolamenti europei:

- Regolamento di esecuzione (UE) N.402/2013 della commissione del 30 aprile 2013 relativo al metodo comune di sicurezza per la determinazione e valutazione dei rischi e che abroga il regolamento (CE) n.352/2009.
- DIRETTIVA UE 2016/798 del parlamento europeo e del consiglio dell'11 maggio 2016 sulla sicurezza delle ferrovie (rifusione)"
- DIRETTIVA 2014/53/UE: armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato di apparecchiature radio e che abroga la direttiva 1999/5/CE

#### Compatibilità elettromagnetica:

- CEI EN 50121-1/5: Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane
  - Compatibilità elettromagnetica:
    - Parte1: Generalità;
    - Parte 2: Emissioni dell'intero sistema ferroviario verso l'ambiente esterno;
    - Parte 3-1: Materiale rotabile - Treno e veicolo completo;
    - Parte 3-2: Materiale rotabile -Apparecchiature;
    - Parte 4: Emissione ed immunità delle apparecchiature di segnalamento e telecomunicazioni;
    - Parte 5: Emissioni ed immunità di apparecchi fissi di alimentazione.
- CEI EN 50500: Procedure di misura del livello dei campi magnetici generati dai dispositivi elettronici ed elettrici nell'ambiente ferroviario in riferimento all'esposizione umana.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Normativa e sistemi di gestione della sicurezza informatica

- IEC 62443: Industrial communication networks – Network and system security.
- NIST 800 serie framework: Research, guidelines, and outreach efforts in information system security: framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity.
- ISO 27001: Tecnologia delle informazioni - Tecniche di sicurezza - Sistemi di gestione della sicurezza delle informazioni – Requisiti.

Standard Internazionali Segnalamento

- IEEE 1474.1-2004: Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements
- IEEE 1474.2-2003: User Interface Requirements in Communications-Based Train Control (CBTC) Systems
- IEEE 1474.3-2008: Recommended Practice for Communications-Based Train Control (CBTC) System Design and Functional Allocations
- MODURBAN D80: Comprehensive operational, functional and performance requirements
- IEC 62290-1:2006: Railway applications - Urban guided transport management and command/control systems Part 1: System principles and fundamental concepts
- IEC 62290-2:2011: Railway applications - Urban guided transport management and command/control systems Part 2: Functional requirements specification
- IEEE 1474.1-2004: IEEE Standard Communications based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements

NOTA:

SONO CONSIDERATI ACQUISITI TUTTI GLI EVENTUALI AGGIORNAMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI INTERCORSI O CHE SARANNO ATTIVI NEL CONTESTO DELLA PROGETTAZIONE DOPO LA EMISSIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 4. SEGNALAMENTO E AUTOMAZIONE

I sistemi preposti al controllo automatico dei treni e degli impianti devono ottemperare a:

- ❖ mantenimento della efficienza e sicurezza del trasporto dei treni;
- ❖ fornire apparati in grado di dare la sicurezza e la affidabilità sia verso il sistema stesso che nei confronti delle persone/Passengeri;
- ❖ mantenere alto il grado di informazione sugli eventi con relativa registrazione delle anomalie;
- ❖ essere la principale interfaccia tra gli operatori del Posto Centrale di Controllo, i treni, gli impianti di linea e di stazione, le sottostazioni di alimentazione della rete di trazione elettrica e tutti i sottosistemi coinvolti.

Il Sistema deve essere progettato per offrire un elevatissimo livello di affidabilità e disponibilità da conseguire tramite 3 fattori:

- un'elevata ridondanza delle apparecchiature in particolare della maggior parte degli automatismi fissi e a bordo veicolo, delle apparecchiature di trazione, delle apparecchiature di correnti deboli (reti, cavi in fibra, Bassa Tensione), delle apparecchiature di Alimentazione elettrica, di tutti i dispositivi di sicurezza e dei calcolatori del Posto di Controllo Centrale;
- un numero minimo di guasti che provocano l'interruzione dell'esercizio;
- l'utilizzo di liste preferenziali di componenti che sono per la maggior parte omologati secondo le norme, sottoposti a un controllo di qualità centralizzato e rigorosamente verificati al momento dell'approvvigionamento.

La modalità di funzionamento normale sarà "Unattended Train Operation" - UTO (Treno senza conducente) che l'UITP ha normalizzato sotto la denominazione Grade of Automation level 4 (GoA4), corrispondente a un sistema che può essere utilizzato senza alcun operatore a bordo dei treni e gestisce:

- La circolazione dei treni (movimento e arresto);
- L'apertura e chiusura delle porte (del rotabile e di banchina);
- Funzionamento in modalità degradata.

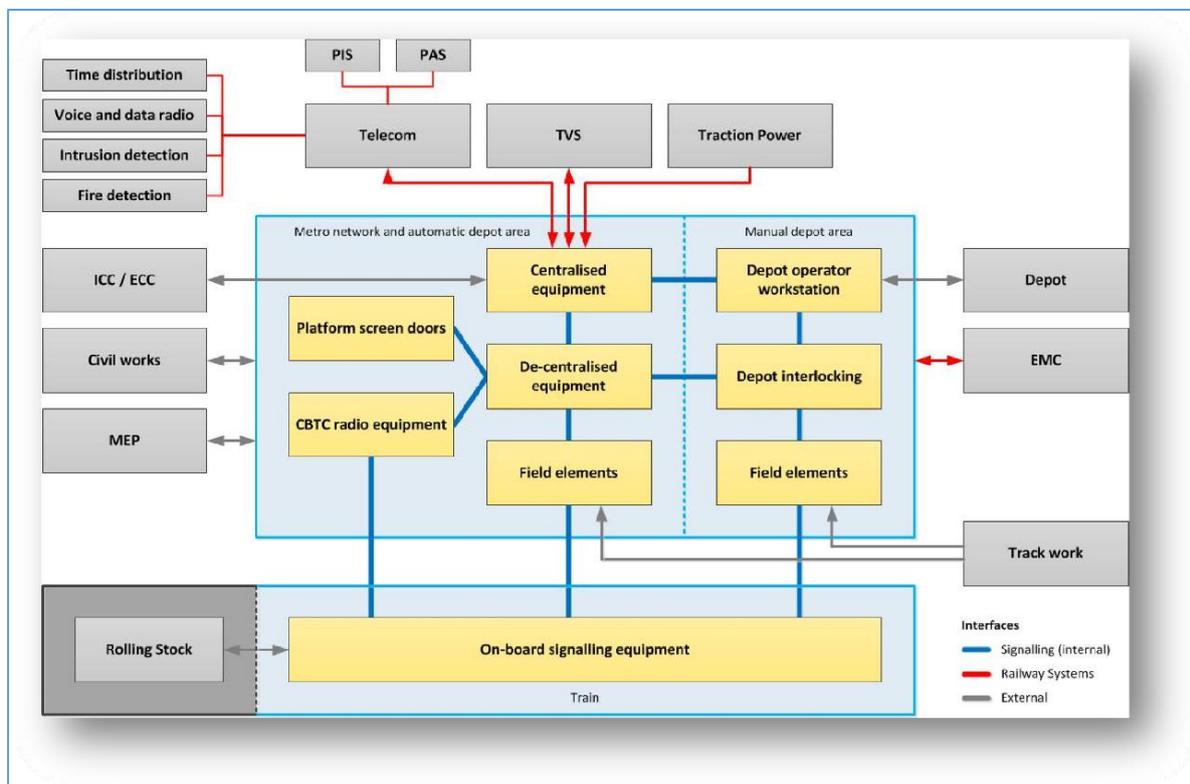


Figura 1. Sistema di Segnalamento Schema generale

Lo schema logico del sistema deve essere costituito dai seguenti principali sottosistemi:

- **Interlocking:** costituito da apparecchiature centrali e periferiche: ha il compito di effettuare in modo sicuro i comandi ed i controlli degli enti di linea (boe, casse di manovra, segnali, porte di banchina, ecc.).
- **ATC (Automatic Train control):** controllo Automatico Treni basato sulla comunicazione (CBTC) si articola, classicamente, in tre sottosistemi, che si riferiscono rispettivamente alla protezione automatica dei treni (ATP), alla guida automatica (ATO) ed alla supervisione (ATS) (vedi allegato 1.4).
- **ATP (Automatic Train Protection):** l'ATP (Protezione Automatica Treni) garantisce la protezione anticollisione e anti-eccesso di velocità e garantisce la sicurezza della circolazione dei treni; le sue funzioni sono decentrate e sono garantite da equipaggiamenti specifici localizzati a bordo dei veicoli ed a terra.
- **ATO (Automatic Train Operation):** la funzione ATO (Funzionamento Automatico Treni) sostituisce completamente il conducente e provvede, sotto la supervisione dell'ATP, alla:
  - condotta dei rotabili (trazione/frenatura);
  - apertura/chiusura delle porte del veicolo;
  - apertura/chiusura delle porte di banchina;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- **ATS (Automatic Train Supervision):** la funzione ATS (Supervisione Automatica dei Treni) permette agli operatori di controllare il funzionamento dei rotabili al fine di soddisfare i requisiti prestazionali di esercizio. Essa permette agli operatori, attraverso gli equipaggiamenti centralizzati del Posto di Controllo e Comando (PCC) di agire sul modo di funzionamento dell'insieme del sistema, programmando gli orari di partenza dei treni e regolando la circolazione.
- Il Sistema di segnalamento ATC (Automatic Train Control) a blocco mobile è basato su comunicazione continua e bidirezionale radio-terra-treno (CBTC - Communication Based Train Control) e si suddivide in ATC di terra e di bordo.
- I dati relativi al treno sono trasmessi e gestiti attraverso una rete di comunicazione dedicata per la trasmissione dei dati dall'ATC centrale fino alle SRB della rete Radio.
- La comunicazione avviene anche attraverso una Rete Radio dedicata la cui struttura cellulare ha una architettura composta da opportune Stazioni Radio Base disposte all'interno della galleria.
- La posizione di ogni treno viene trasmessa via radio agli apparati ATC di terra che elaborano i dati ricevuti da tutti i treni. I treni quindi si localizzano via radio calcolando la propria posizione in linea in funzione della captazione di boe ATC collocate a terra.
- La posizione di ogni treno viene trasmessa via radio agli apparati e alle logiche in sicurezza del Posto Centrale. Gli apparati ATC di terra elaborano i dati ricevuti da tutti i treni e, in funzione di quanto elaborato dagli apparati di Interlocking, ritrasmettono a ciascun treno il corrispondente punto obiettivo utilizzato per il calcolo della curva di frenatura in sicurezza.

Le funzioni ATC dipendono dalle capacità funzionali dei seguenti sottosistemi che sono gestiti come interfacce 'chiave' da parte del sistema ATC:

- apparecchiature di terra (casse di manovra, pulsanti di allarme, boe, ecc.);
- materiale rotabile;
- apparecchiature di stazione (es. TVCC, rilevazione incendio, Informazione al Pubblico, etc.);
- porte di banchina;
- alimentazione elettrica.

I principi alla base del segnalamento, dai quali direttamente deriva la sua architettura, sono quelli di "autorizzazione al movimento" e del "blocco mobile".

Le attività dovranno essere organizzate applicando i seguenti principi di base:

- linea e stazioni, dovranno essere gestite con un unico Apparato Centrale;
- il deposito sarà gestito con un Apparato Dedicato;
- l'intera linea e la zona a gestione automatica del deposito dovranno essere gestite con un unico ATC centrale;
- il funzionamento dei sottosistemi dovrà essere indipendente dalla loro posizione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 4.1 Il principio della sicurezza

Il principio della sicurezza intrinseca (o così detta positiva) impone lo studio delle conseguenze dei singoli guasti dei componenti del sistema.

Si richiede che ogni cortocircuito, ogni rottura di connessione, ogni variazione delle caratteristiche di un componente, possano determinare eventualmente l'arresto intempestivo di un treno, ma mai il viceversa. A tale scopo occorre analizzare tutti i casi di guasto multiplo, anche se il numero dei casi da analizzare cresce più che esponenzialmente al crescere del numero dei componenti.

Ci si trova così nella necessità di realizzare un sistema di trasporto flessibile e dotato della più grande intelligenza possibile (quindi uso di microprocessori) e contemporaneamente nell'obbligo di rispettare le regole di sicurezza.

Da questa duplice esigenza vengono progettati e implementati i seguenti automatismi di sistema:

- un apparato per la guida automatica in logica programmata, che gestisce funzioni complesse come quelle umane, ma senza preoccupazioni per la sicurezza;
- un Dispositivo di Sicurezza, che rispetta integralmente i criteri della sicurezza intrinseca, con reazioni semplici ed immediate (frenatura d'emergenza d'uno o più veicoli).

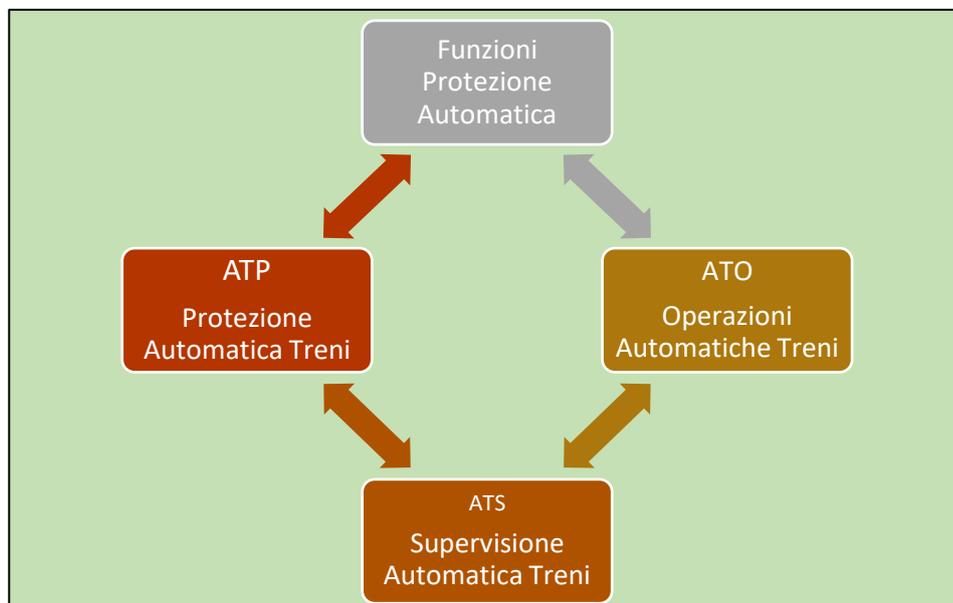
Gli equipaggiamenti di sicurezza devono essere nettamente distinti dal dispositivo di guida automatica, dalla regolazione del traffico e dalla rete di telesorveglianza; essi sono decentrati e non utilizzano mezzi informatici.

Gli equipaggiamenti di sicurezza realizzati in logica cablata, devono essere composti solo da gruppi d'operatori logici (del tipo AND, invertitore), e/o composti ciascuno da pochi componenti per meglio prestarsi ad un'analisi del tipo "sicurezza intrinseca".

I circuiti logici devono essere realizzati con moduli ibridi protetti dalle influenze elettromagnetiche. Saranno utilizzate le tecnologie disponibili al momento della realizzazione, essendo questa tipologia di circuiti in continua evoluzione.

In condizioni di funzionamento normale, il Dispositivo di Sicurezza non interviene nella circolazione dei treni, ma non appena un veicolo oltrepassa il limite d'una zona di sicurezza delimitata, il Dispositivo interviene azionando la frenatura. Poi, il Dispositivo informa gli operatori del Posto di Controllo e Comando (PCC), che rimettono in funzione il sistema nel rispetto delle regole di sicurezza.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1



**Figura 2. Schema Generale Automazione Treni**

La sicurezza del rilevamento dovrà essere quindi gestita utilizzando opportuni circuiti logici e attraverso la verifica dei segnali di rilevamento che intercettano la eventuale occupazione dei treni sulle sezioni di linea o di stazione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 4.2 Architettura del Sistema ATC

Il Sistema ATC rappresenta un sistema distribuito che assolve le proprie funzioni tramite le apparecchiature CBTC ed esporta i requisiti funzionali al sistema esterno attraverso apposite interfacce che, nel dettaglio sono:

- RS - materiale rotabile;
- PSD - porte di banchina;
- segnali e indicatori deviatoi: vengono utilizzati segnali virtuali a seconda della situazione;
- casse di manovra;
- circuiti di binario (o anche conta assi - "axle counters");
- SCADA -Controllo di Supervisione e Acquisizione Dati: il sistema SCADA controlla il sottosistema di trazione e i sistemi ausiliari (es. bigliettazione, ascensori, postazione meteo, ecc.);
- orologio di comando (Master Clock);
- FLDC - Sistema Raccolta Dati Riguardanti la Flotta: il sistema FLDC viene impiegato per monitorare gli aspetti manutentivi dei rotabili. Le informazioni raccolte vengono utilizzate nell'ambito dell'ATS per le funzioni attinenti al Funzionamento e alla Manutenzione;
- NMS - Sistema di Gestione rete: fornisce informazioni diagnostiche riguardanti lo stato del sistema di telecomunicazione;
- DCS - Sistema Comunicazione Dati: il sistema DCS fornisce le caratteristiche relative alla telecomunicazione per le comunicazioni ATC interne ed esterne (quasi tutte le interfacce utilizzano il sottosistema DCS);
- PSIS - Sistema di Sicurezza e Informazione Passeggeri - Sistemi di Telecomunicazione: per la gestione dei sottosistemi seguenti:
  - PA- sistema di sonorizzazione;
  - PIS - sistema informazione passeggeri;
  - sistemi telefonia e citofonia.

## 4.3 Impianto di segnalamento nel deposito

La funzione Supervisione Automatica Treni (ATS) deve essere in grado di prevedere il controllo ed il monitoraggio del funzionamento dell'intero parco rotabili, in modo da soddisfare i requisiti prestazionali e tempistici dell'intero sistema.

Le funzioni ATS sono indispensabili per la gestione UTO della linea. Tali funzioni dovranno comprendere come minimo:

- identificazione e localizzazione del treno;
- gestione dell'orario;
- inoltro del treno;
- regolazione automatica del treno;
- selezione dei livelli prestazionali;
- funzioni relative alle fermate di stazione;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- limitazioni nell'esercizio del treno (es. limitazione temporanea della velocità);
- gestione delle soste d'emergenza;
- richieste d'inoltro;
- chiusura zone;
- notifica dei guasti;
- registrazione degli allarmi e degli eventi.

L'installazione dell'ATS dovrà essere ubicata presso il deposito e in prossimità del Posto di Controllo e Comando. Da qui, attraverso collegamenti a fibre ottiche, l'ATS è in grado di comunicare con l'Interlocking e l'ATC.

Sempre nei locali del deposito sarà previsto l'Interlocking, unico per l'intera linea. L'Interlocking mediante una dorsale in fibra ottica, collega tra loro gli apparati disposti lungo i posti periferici, gli enti di linea e i locali di segnalamento delle stazioni. Il Posto di Controllo e comando contiene dunque i sistemi ATC, ATS e Interlocking collegati al resto del sistema attraverso dorsali ridondate e ad anello. Infatti, nei locali del deposito sono previste altresì le apparecchiature centrali del sottosistema ATC di terra che comunicano con l'ATS e l'Interlocking.

La comunicazione bi-direzionale con i singoli ATC a bordo dei treni, di conseguenza, avverrà come già illustrato in precedenza attraverso un segnale Wireless irradiato, da parte dell'ATC centrale, direttamente nelle gallerie per mezzo della Rete Radio incanalando i dati tramite le SRB.

Il numero e la posizione delle SRB e delle singole antenne dovranno essere definiti nella successiva fase progettuale, mediante apposito studio di copertura radio della linea. La rete wireless dovrà essere collegata all'ATC centrale tramite la rete in fibre ottiche del DCS secondo schemi ad hoc e coerenti con la tecnologia del momento

Il binario di prova all'interno del deposito (in riferimento al Deposito definitivo relativo alla manutenzione ordinaria e straordinaria nelle ipotesi sviluppate per il PFTE) dovrà essere attrezzato per testare il corretto funzionamento delle apparecchiature di bordo. In particolare, dovrà essere attrezzato per testare il corretto funzionamento delle apparecchiature dell'impianto di segnalamento/automazione di bordo (ATC di bordo, DCS di bordo) e la marcia automatica complessivamente.

#### **4.4 Descrizione del Sistema CBTC**

Il CBTC è un sistema ferroviario di segnalamento che utilizza le tecnologie di Telecomunicazioni tra i treni e gli impianti di sistema utilizzati per la gestione ed il controllo del traffico e delle infrastrutture.

La esatta posizione dei treni, rispetto al tracciato, e, ognuno, rispetto all'altro, è conosciuta con la massima precisione così come tutti i parametri dinamici, elettrici di sistema legati al treno. Il risultato è una sicurezza migliorata senza influenzare i requisiti del sistema. È possibile mantenere, se non migliorare, i requisiti di Headway senza diminuire la sicurezza intrinseca del sistema stesso.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Il CBTC è un sistema automatico, continuo, di controllo dei treni, la conoscenza precisa di posizione, velocità e accelerazione dei treni è indipendente dal tracciato e viene implementato con sistemi molto avanzati a bordo e a terra. La comunicazione continua tra i sistemi a bordo e quelli a terra posizionati in opportune posizioni avviene attraverso sistemi ibridi wireless e via cavo con antenne opportune e in opportune posizioni. Tutte le funzioni ATP, ATO e ATS sono implementate e regolarizzate secondo le norme IEEE 1474 Standard.

Uno degli obiettivi del sistema CBTC è quello di ridurre il tempo di intervallo tra i treni (Headway) lungo la linea. Questo richiede una conoscenza molto accurata dei modelli matematici della dinamica dei treni, associata alla continua evoluzione dei sistemi di controllo del traffico e alla accresciuta tecnologia a bordo del materiale rotabile.

Il modello ricorre al concetto di sezione di blocco, ossia ad una discretizzazione delle aree di transito in blocchi dove è regolamentato l'ingresso dei treni secondo regole molto sofisticate. La evoluzione tra blocchi fissi e blocchi mobili ha permesso di ampliare e migliorare la capacità di avere più treni ravvicinati con la massima sicurezza.

A differenza del blocco fisso tradizionale, nei moderni sistemi si adotta il concetto di blocco mobile il cui concetto è quello di non essere legato in modo fisso al tracciato ma di essere in continua modifica mantenendone però i connotati attraverso un sistema di telecomunicazioni terra-treno e treno-treno in tempo reale usando i più sofisticati sistemi Wireless e modulazioni di segnale ad hoc. Dei link bidirezionali comunicano in tempo reale posizione e altre caratteristiche di ogni treno al sistema e ai treni contigui.

Questa tecnologia opera nel range di frequenza tra 30 e 60 Kilohertz, è ampiamente usata dagli operatori delle moderne metropolitane e una attività di revamping per avere una transizione tra segnalamento tradizionale e CBTC è in corso anche sulla Linea 1 di Torino.

Molti aspetti di compatibilità tra i sistemi e la interoperabilità possono nascere ma grazie al continuo progresso dei sistemi Radio e della tecnologia dei segnali e della codifica degli stessi ne stanno riducendo l'impatto.

#### **4.4.1 CBTC e il concetto di blocco mobile**

I sistemi CBTC sono sistemi molto avanzati di segnalamento che si stanno adottando con sempre più frequenza. Nei moderni sistemi CBTC i treni calcolano e comunicano con continuità il loro stato via radio agli equipaggiamenti disposti lungo la linea.

Lo stato include inoltre altri parametri:

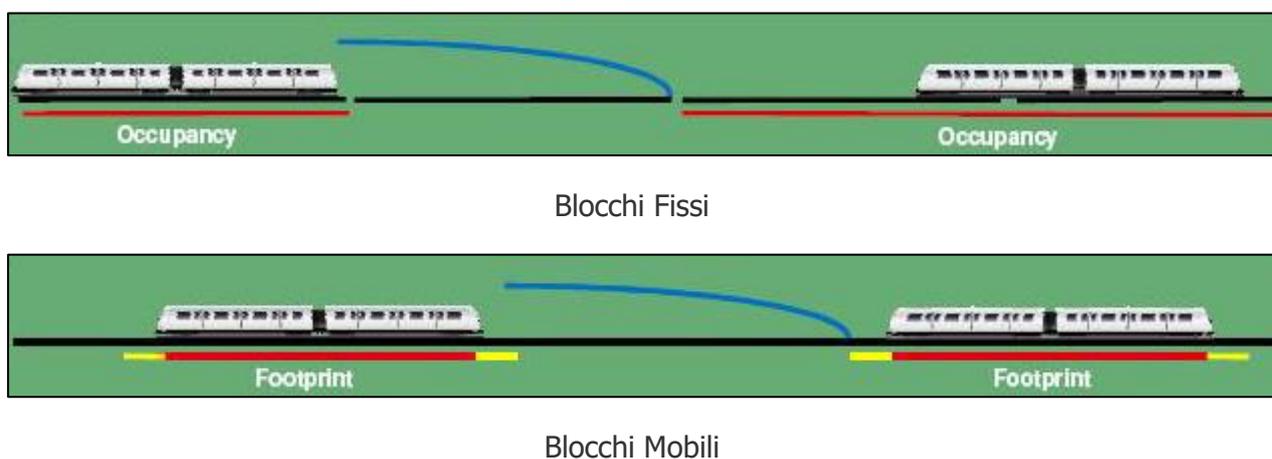
- ❖ La esatta posizione del treno;
- ❖ La velocità istantanea del Treno;
- ❖ La direzione del movimento;
- ❖ La direzione della frenata.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Queste informazioni permettono di calcolare con grande precisione la area potenzialmente occupata dal treno lungo la linea.

Questa informazione altresì permette ai sistemi lungo la linea di definire i punti sulla linea che gli altri treni non devono oltrepassare per restare in sicurezza.

Attraverso la comunicazione continua di questi punti chiave gli altri treni modificano in tempo reale la loro velocità mantenendo ovviamente i parametri di comfort e di sicurezza. I treni, quindi, ricevono continuamente informazioni che riguardano la distanza dai treni precedenti e quindi possono aggiustarla di conseguenza per mantenere la distanza di sicurezza.



**Figura 3. Schema Blocchi fissi e mobili**

Il sistema a blocchi fissi permette solo ai treni che si succedono di muoversi verso l'ultimo blocco non occupato in quanto è ignota la posizione dei treni sugli altri blocchi e solo se il blocco è libero può essere occupato.

In un sistema a blocchi mobili, la posizione del treno e la sua curva di frenata è continuamente calcolata da ogni treno, e comunicata via radio ai sistemi lungo la linea, i quali sono in grado di stabilire in tempo reale le aree protette fino all'ostacolo più vicino.

Ovviamente dei margini ulteriori di sicurezza vengono aggiunti per eventuali incertezze non considerate quali per esempio errori di odometria o altro.

I sistemi CBTC basati sul blocco mobile, permettono di ridurre la distanza di sicurezza tra 2 treni consecutivi, in accordo al continuo flusso di dati relativi alla posizione e velocità dei treni mantenendo una distanza di sicurezza tale da ridurre l'Headway tra due treni consecutivi e quindi accrescendo la capacità di trasporto del sistema.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 4.4.2 Livelli di Automazione

I moderni sistemi basati sul CBTC permettono differenti livelli di automazione (GoA) come definito nella IEC 62290-1.

L'applicazione relativa alla Linea 2 della Metropolitana di Torino prevede un **livello di automazione GoA 4**.

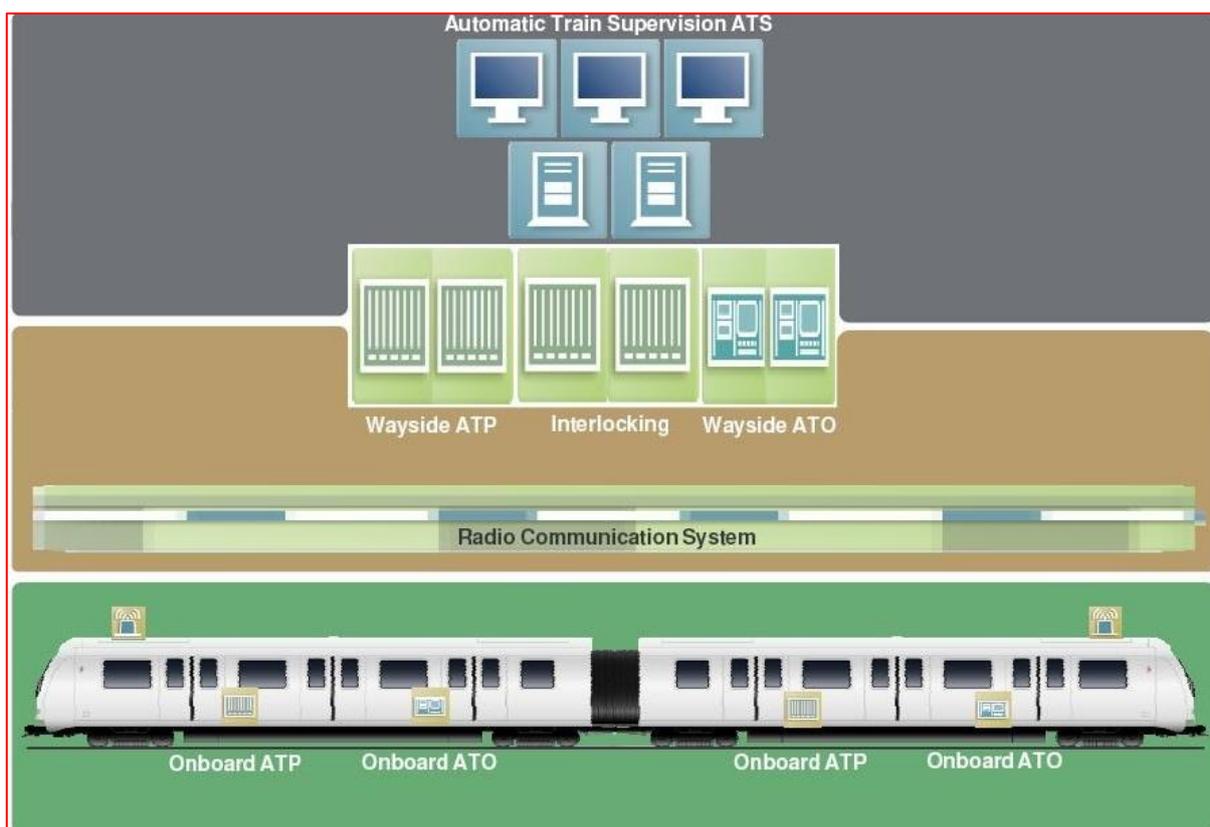
#### 4.5 Vantaggi principali del sistema CBTC:

Le soluzioni innovative permettono livelli avanzati di routing e di interlocking che possono essere facilmente integrati nel CBTC. Ho alcuni vantaggi qui di seguito:

- ❖ Architettura incentrata sui treni, con molta intelligenza a bordo, e comunicazione diretta treno-treno con elevata affidabilità e prestazioni.
- ❖ Alta capacità di trasporto con Headway minimi fino a 60 secondi;
- ❖ Elevata disponibilità operativa con estrema flessibilità del movimento dei treni;
- ❖ Il CBTC può essere facilmente integrabile con tutti gli esistenti sistemi automatici del trasporto ferroviario;
- ❖ Ottimizzazione della velocità del treno atta a migliorare la capacità della linea, a costi ridotti, e con il massimo comfort per i passeggeri;
- ❖ Manutenzione semplificata e operazioni automatiche;
- ❖ Sistemi senza guidatore;
- ❖ Risparmi energetici elevati;
- ❖ elevata immunità alle interferenze;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

### 4.5.1 Architettura



**Figura 4. Architettura ATS**

La tipica architettura dei moderni CBTC consiste dei seguenti sistemi:

- ❖ Equipaggiamenti di linea che includono:
- ❖ il sistema di intelocking;
- ❖ sottosistema di controllo di ogni area della linea;
- ❖ Network contenente i sistemi aventi funzionalità ATP e ATO;
- ❖ Architetture centralizzate oppure distribuite;
- ❖ Controllo del sistema e degli eventuali blocchi o errori attraverso la centrale di comando (ATS) e attraverso i controlli locali;
- ❖ Equipaggiamenti a bordo includenti i sottosistemi ATO e ATP dei veicoli.

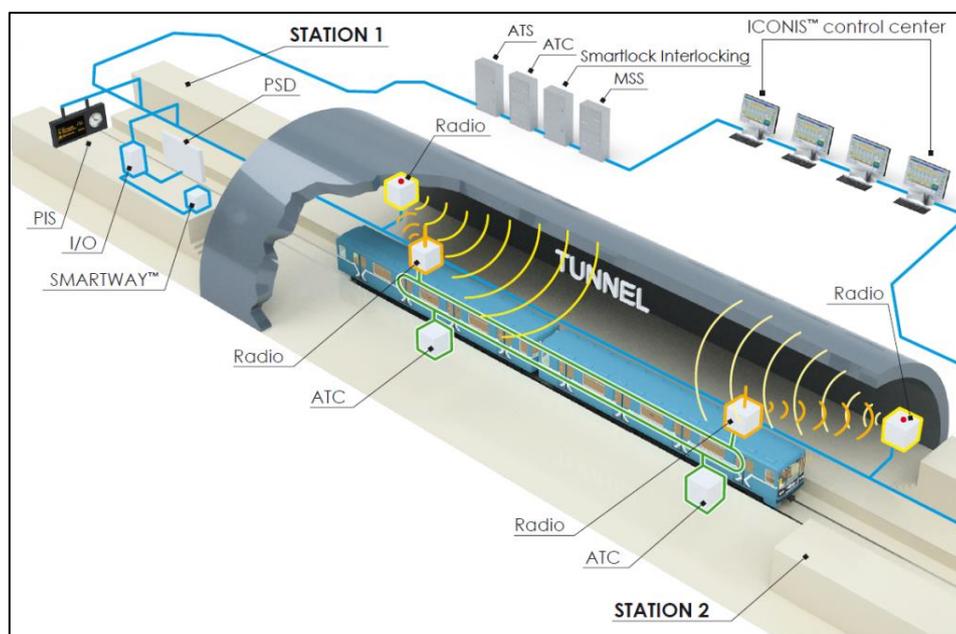


Figura 5. Architettura CBTC

La comunicazione terra-treno (Treno –linea) sono basate su link radio.

#### 4.5.2 Riepilogo Sistemi collegati

Pur essendo sistemi altamente proprietari, i CBTC sono tutti basati comunque dai seguenti componenti logici sempre presenti in qualsiasi sistema o sottosistema:

- ❖ **Sistema ATP a bordo treno.** Questo sottosistema ha in carico il controllo continuo della velocità del treno con un continuo occhio alla sicurezza con i sistemi di frenatura sempre pronti. Comunica con il rispettivo ATP di linea con obiettivo il continuo scambio di informazioni necessarie alla sicurezza. I dati di velocità e di distanza limite di sicurezza sono continuamente scambiati per ottenere il massimo della sicurezza e per ottimizzare l'Headway e aumentare quindi la capacità di trasporto.
- ❖ **Sistema ATO a bordo treno.** È il responsabile del controllo automatico di trazione e di frenata del treno, con lo scopo di mantenere il percorso lungo i limiti di sicurezza stabiliti dal sistema ATP. L'obiettivo principale, dunque, è quello di facilitare il guidatore o nei casi di guida automatizzata senza conducente garantire l'automatismo integrale, gli obiettivi di traffico e di capacità del sistema, sicurezza e non ultimo il confort dei passeggeri. Ha anche compiti di ottimizzazione del sistema in termini energetici modulando opportunamente il flusso dei treni, sulla base dei dati continui di traffico. Seguendo le indicazioni del sistema ATP.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- ❖ **Sistema ATP di linea.** Questo sottosistema ha il compito di gestire tutte le comunicazioni dalla linea verso i treni della propria area di competenza. Ha il compito di calcolare con continuità i limiti reali delle suddette aree di competenza in funzione dei dati ricevuti via radio dai treni. Il tutto ai fini della sicurezza.
- ❖ **Sistema ATO di linea.** Questo sottosistema ha come incarico quello di controllare la destinazione e le caratteristiche di ogni treno, le funzionalità ATO provvedono quindi per ognuno dei treni le caratteristiche dinamiche in funzione del percorso e i tempi di marcia e di sosta. Controllano anche tutti i parametri ausiliari e non di sicurezza esempio allarmi , eventi , comunicazioni .
- ❖ **Sistemi di comunicazione.** Il sistema CBTC integra un sistema radio costituito da opportune antenne fisse o da cavi fessurati o di tipo leaky waves necessarie alla comunicazione bidirezionale tra la linea e i treni. Le frequenze comunemente utilizzate sono nella banda del 2.4 Ghz o altre bande opportune (900Mhz o 5.8 Ghz). Il sistema TETRA utilizzato per le comunicazioni di servizio potrebbe essere integrato per il supporto radio con le squadre di intervento e sicurezza. Lo stato dei componenti del CBTC potrebbe essere monitorato con inoltre alle squadre di manutenzione.
- ❖ **Sistema ATS.** Il sistema ATS è comunemente integrato con la maggior parte delle soluzioni CBTC. Agisce come interfaccia tra l'operatore ed il sistema per monitorare e correggere le modalità del traffico e i criteri di regolazione associati.
- ❖ **Sistema di Interlocking.** In sistemi più semplici viene integrato negli ATP di linea, altrimenti funge da sistema alternativo e indipendente per la gestione dei controlli vitali sulla linea, per gestire la sicurezza attraverso i segnali di allarme o funzioni collegate.

### 4.5.3 Indipendenza del Materiale Rotabile dal segnalamento a bordo e a terra.

Il controllo automatico di un treno, ovvero il CBTC con il suo ambiente, è un sistema che può essere indipendente dal materiale rotabile stesso. Infatti, il veicolo è considerato come un corpo rigido in movimento, con proprie caratteristiche statiche (massa, dimensioni e sagoma statica) e dinamiche (sagoma dinamica, spazio di frenata, velocità, accelerazione, ecc.) che, viste dal CBTC, lo rendono un oggetto proprio.

Il CBTC è una tecnica di segnalamento indipendente dal sistema in movimento, che ne completa il controllo permettendo di integrare il sistema a terra con quello a bordo, rispettando tutti i vincoli dinamici e di sicurezza intrinseca nell'ambito degli standard di automazione presenti e futuri. Le interfacce tra la CBTC e i vari sottosistemi devono essere standard, sia per i produttori di materiale rotabile che per i fornitori di soluzioni di automazione.

È quindi perfettamente possibile rendere indipendente l'oggetto del materiale rotabile da quello del CBTC sul mercato, a condizione che le interfacce tra i vari prodotti siano correttamente specificate.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Sarà necessario specificare nei futuri contratti almeno le seguenti condizioni:

- operative e di manutenzione,
- MCO (mantenimento in condizioni operative),
- interfacce tra i sistemi e più in generale con l'ambiente metropolitana (ad es. sicurezza antincendio, porte di banchina, ecc.),
- funzionamento in modalità nominale e degradata.

In questo modo la stazione appaltante potrà gestire un unico sistema di segnalamento e automazione, potendo integrare sulla linea materiale rotabile di produttori differenti.

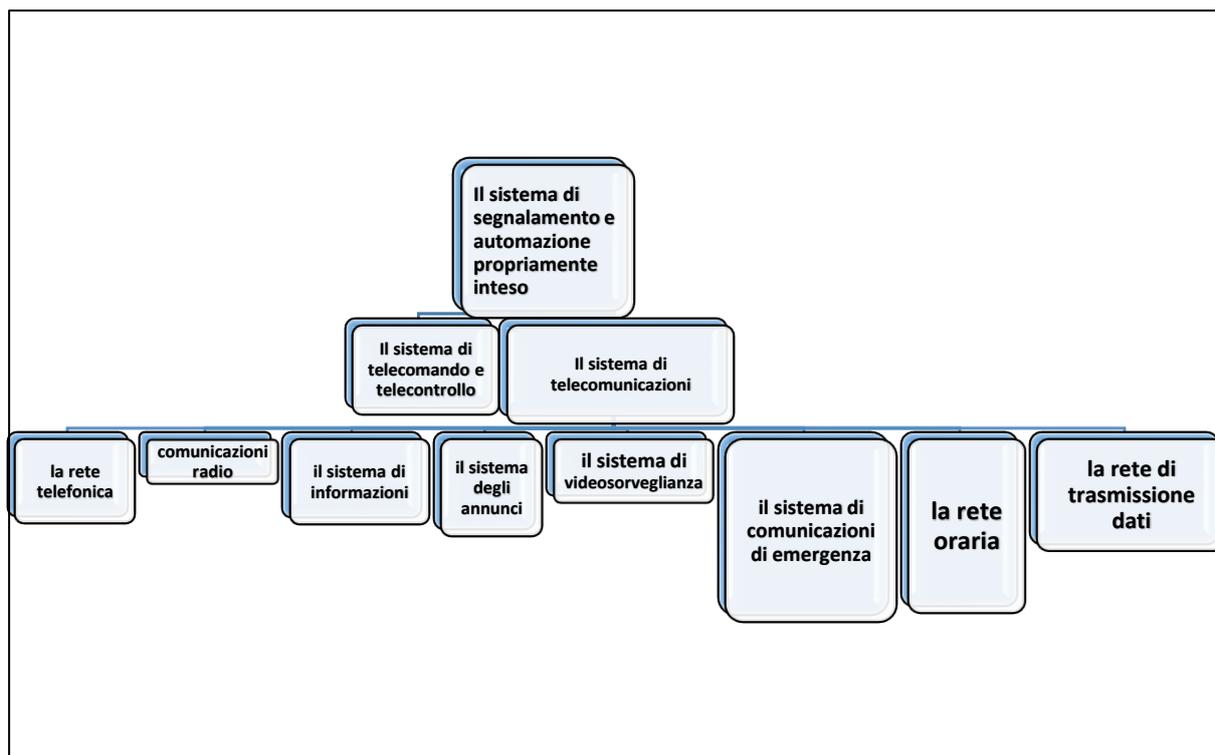
 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 5. SOTTOSISTEMI DI CONTROLLO

Le caratteristiche tecniche dei principali sottosistemi sono:

- Posto di Controllo e Comando;
- Scada: in particolare il sistema di telecomando e di telecontrollo;
- Telecomunicazioni;
- Rete Informatica;
- Sottosistemi di sicurezza.

Il controllo automatico dell'infrastruttura di trasporto sarà esercitato attraverso un'opportuna interazione dei sistemi sopra indicati e di questi i più significativi sono i seguenti:



**Figura 6. Interazione tra i Sistemi di controllo**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 5.1 Il Posto Centrale (PCC/OCC) e le comunicazioni

Gli impianti di telecomunicazione devono permettere lo scambio bidirezionale di informazioni fra Posto Centrale di Controllo e i passeggeri, il personale di esercizio sia in linea ed in stazione, che a bordo dei treni, sia in condizioni normali, che in caso di emergenza.

Deve essere previsto almeno un Posto Centrale di Controllo (PCC(OCC) nel quale si svolgeranno tutte le attività operative di gestione della linea, sia automatiche e che manuali, ovvero:

- controllo della circolazione dei treni;
- sorveglianza dei passeggeri ai fini della sicurezza;
- supervisione e controllo degli impianti elettrici di media tensione (MT), bassa tensione (BT) e trazione (TR) e degli impianti delle stazioni;
- comunicazione con i passeggeri a bordo dei treni e presenti sulle banchine;
- comunicazione con il personale di servizio in linea;
- diffusione delle informazioni ai passeggeri (audio-video);
- registrazione audio – video;
- registrazione degli eventi e dei dati significativi di funzionamento di tutti i sottosistemi.

I principali impianti coinvolti sono:

- impianto di videosorveglianza;
- impianto di diffusione sonora;
- impianto telefonico;
- impianto citofonico SOS;
- sistema di videoinformazione ai passeggeri in stazione;
- rete oraria.

### 5.1.1 Il Personale al Posto di Controllo: Descrizione e funzioni

Le figure operative previste nella Sala Controllo dovranno essere le seguenti:

- Dirigente Centrale del Traffico (DCT), che avrà la responsabilità del controllo dei treni in circolazione in linea e della regolarità della circolazione secondo i programmi stabiliti. A questo scopo la sua interfaccia principale sarà il sistema di segnalamento/automazione. Il DCT avrà inoltre la responsabilità di attuare tutti quei provvedimenti necessari per ristabilire la regolarità del servizio in caso di disfunzioni, impartendo comandi diretti agli enti di linea e di stazione e anche ai sistemi ATC di bordo per mezzo del sistema di gestione centrale ATS.
- Dirigente Centrale Viaggiatori (DCV), a cui competerà la responsabilità della sorveglianza dei passeggeri nelle stazioni (in particolare sulle banchine) e sui treni ai fini della sicurezza. A questo scopo la sua interfaccia principale dovrà essere il sistema di telecomunicazioni. Il DCV dovrà essere il primo destinatario delle richieste di assistenza effettuate dai passeggeri tramite gli appositi dispositivi di comunicazione presenti nelle stazioni e sui

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

treni (Citofoni SOS), alle quali deve rispondere immediatamente accertando eventualmente condizioni di pericolo o emergenze in corso. Il DCV dovrà avere inoltre il compito di diffondere direttamente annunci vocali nelle stazioni e sui treni per informare i passeggeri e/o impartire direttive per la sicurezza. Il DCV dovrà coordinare le sue attività con quelle degli altri operatori, in particolare con il DCT, specialmente in condizioni di emergenza.

- Dirigente Centrale Impianti (DCI), che avrà la responsabilità di sorvegliare il funzionamento di tutti gli impianti elettrici e di servizio di linea, di stazione e deposito e di operare, con gli opportuni comandi, per ristabilire le condizioni di esercizio in caso di malfunzionamento. A questo scopo la sua interfaccia principale sarà il sistema SCADA. Nei casi di malfunzionamenti o allarmi provenienti dal sistema durante il servizio passeggeri, dovuti a guasti degli impianti, avrà il compito di avvisare e coordinare gli interventi delle squadre di manutenzione.

A sovrintendere alle attività dei suddetti operatori dovrà essere preposto un Dirigente Supervisore (DS) che avrà la responsabilità di sovrintendere alle attività degli operatori della Sala Controllo, assicurandosi che esse siano svolte secondo le procedure, con la dovuta diligenza e coordinazione e che non vengano mai a mancare le condizioni di sicurezza per i passeggeri, il personale di servizio in linea e per i rotabili. È previsto che il DS abbia la capacità e la competenza per sostituire qualunque altro operatore della Sala Controllo.

Afferenti al PCC, anche se non operanti in esso, saranno Agenti Itineranti (AI) per assicurare le condizioni di servizio ottimali del sistema di trasporto. A questo scopo essi dovranno essere dotati di radio portatili collegati alla rete di comunicazione radio TETRA per i collegamenti con il PCC e fra loro. Gli agenti di linea saranno mobilitati da DCT, DCI e DCV per intervenire in caso di malfunzionamenti locali (es. porte di banchina o dei treni) o problemi per i passeggeri.

### 5.1.2 Aspetti funzionali generali

La supervisione ed il comando centralizzato hanno lo scopo d'assicurare l'esercizio della linea e la gestione d'occasionalità incidenti da un Posto di Controllo e Comando (PCC/OCC) dal quale s'intraprendono azioni correttive, sia con azioni dirette sul sistema (telecomandi), sia con interventi del personale in linea (personale d'intervento). Dal Posto Centrale di Controllo e Comando vengono espletate le funzioni necessarie all'esercizio normale della linea e all'intervento in caso di incidenti.

Per svolgere efficacemente i loro compiti, gli operatori del PCC dispongono d'un insieme di mezzi tecnici d'informazione e d'azione che dovranno assicurare:

- la funzione di sicurezza della Logica Traffico-Trazione (rete di comandi di sicurezza);
- la funzione di comunicazione e videosorveglianza che comprende:
  - la videosorveglianza delle stazioni
  - la Inter-fonia veicolo (inter-fonia e sonorizzazione per le informazioni agli utenti);
  - la inter-fonia e la sonorizzazione delle stazioni per le informazioni agli utenti;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- la rete telefonica classica;
- la radiotelefonìa;
- la segnaletica variabile in stazione per l'informazione agli utenti;
- la funzione teleinformatica (gestione delle apparecchiature di terra e del materiale rotabile) con una rete telematica che comporta un insieme informatico installato nel PCC alle postazioni di raccolta dei dati installate nelle stazioni.

Dal punto di vista operativo, è utile indicare anche una diversa ripartizione funzionale, fondata sul modo d'operare del personale: la vigilanza, l'informazione e l'intervento.

- La vigilanza è svolta per mezzo dei dispositivi d'allarme ottici ed acustici che segnalano agli operatori la comparsa d'anomalie o perturbazioni nel funzionamento normale del sistema o di un'apparecchiatura.
- L'informazione è assicurata dalle comunicazioni foniche e video e da una rappresentazione schematica dei sottoinsiemi funzionali su monitor, sotto forma di grafici a colori detti formati. Questi formati permettono di rappresentare in modo preciso lo stato del sistema a partire dai numerosi segnali di stato e dalle misure rilevate sui diversi elementi del sistema, trasmesse alla Sala Controllo dalla funzione ATS (Automatic Train Supervision).
- L'intervento può essere diretto o indiretto, a seconda della natura e della gravità della perturbazione. Con l'intervento diretto l'operatore si sostituisce agli automatismi di pilotaggio indirizzando i telecomandi correttivi che vengono trattati dalla rete telematica. Se un tipo d'intervento diretto non è possibile, l'operatore del PCC si mette in contatto con una pattuglia d'intervento itinerante.

### 5.1.3 Funzioni a carattere di sicurezza

È importante osservare che le apparecchiature associate alle funzioni di sicurezza localizzate nella Sala Controllo (PCC) non hanno alcuna connessione funzionale con l'informatica del sistema, anch'essa localizzata nella Sala stessa.

Le logiche di controllo del traffico e della trazione raggruppano un insieme di funzioni di sicurezza che autorizzano o inibiscono:

- l'alimentazione a 750/1500 VDC in diverse sezioni della via o sulla catenaria;
- il funzionamento dei veicoli in modo automatico.

Le azioni connesse all'interruzione dell'alimentazione e con l'arresto immediato (frenatura d'emergenza) dei veicoli in circolazione provengono:

- dalle reti d'interruttori d'emergenza disposti a lato della via (intervento umano);
- dagli automatismi imbarcati (Apparati Automatici di bordo) e di terra (Apparati Automatici fissi) (intervento automatico);
- dal PCC attraverso l'azionamento volontario d'un interruttore d'emergenza a pulsante (intervento umano).

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

### 5.1.4 Funzioni di comunicazione e videosorveglianza

Le funzioni di comunicazione e videosorveglianza sono distinte da quelle vitali ai fini della sicurezza.

#### 5.1.4.1 La funzione d'inter-fonia con la galleria e le stazioni

Prevedere un impianto per la fornitura dei servizi di comunicazione per il soccorso ai viaggiatori in galleria ed in stazione, i quali richiedono interventi di assistenza a seguito di situazioni di emergenza o di pericolo per la sicurezza propria e delle infrastrutture.

Realizzare inoltre una via di comunicazione ulteriore, alternativa, sicura e affidabile, tra il personale in servizio lungo la linea ed in stazione e i dirigenti operativi del centro di controllo.

Il sistema deve essere costituito essenzialmente da:

- concentratore telefonico di Posto Centrale;
- concentratori telefonici di stazione;
- Posti Operatore (console) di Posto Centrale;
- Citofoni SOS di stazione e galleria.

I collegamenti centro-periferia sono assicurati dalla rete di trasmissione digitale in fibra ottica.

#### 5.1.4.2 La funzione d'inter-fonia e sonorizzazione con i veicoli

Questa funzione consente d'effettuare:

- collegamenti interfonici da e per un determinato veicolo;
- collegamenti di sonorizzazione con un determinato veicolo con monitoraggio fonico di ritorno, attraverso i posti interfonici del veicolo commutati in posizione di ascolto;
- collegamenti di sonorizzazione generale con tutti i veicoli.

La chiamata dei viaggiatori dal veicolo viene trattata con carattere di priorità e provoca:

- l'attivazione d'un segnale acustico al PCC;
- la comparsa del numero del veicolo sul banco degli operatori del PCC;
- il blocco automatico del veicolo alla stazione successiva (a porte aperte) qualora la chiamata non sia stata presa in carico da un operatore del PCC.

#### 5.1.4.3 La funzione di telefonia

Il sistema comprende un adeguato numero di linee telefoniche interne e può essere collegato con la rete esterna attraverso un apposito centralino. È prevista una rete telefonica che collega tra loro tutte le varie utenze dislocate nelle stazioni, nelle Sale Operative, nelle SSE (Sotto Stazioni

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Elettriche), in alcuni manufatti di linea. Essa è interconnessa con la rete aziendale dell'Esercente e con la Rete Pubblica nazionale.

La rete telefonica è strutturata, con apparati in centrali situate in ogni stazione e collegate ognuna ad una centrale telefonica principale installata nel PCC con la rete a fibre ottiche.

La dislocazione tipica delle utenze telefoniche è così realizzata:

- locali tecnologici principali di stazione (sala quadri, locali segnalamento, telecomando, telecomunicazioni, cabina MT/BT, condizionamento, ventilazione, zona ascensori) e di SSE;
- locali accessori e a disposizione di stazione;
- camere di ventilazione (sala quadri) di galleria;
- camere di aggettamento di galleria/stazione;
- uffici e sale operative di PCC;
- deposito/officina.

#### *5.1.4.4 La funzione di videosorveglianza e sonorizzazione delle stazioni*

Questa funzione consente agli operatori del PCC di controllare visivamente le zone più importanti delle stazioni e di inviarvi annunci sonori. L'impianto di videosorveglianza ha come scopo principale quello di permettere agli operatori di posto centrale il controllo delle stazioni, mediante telecamere installate in modo da riprendere le zone più significative delle stesse:

- banchine;
- mezzanini e corridoi;
- scale mobili e cabine/ascensori;
- punti di ingresso e uscita;
- pozzi di ventilazione;
- punti singolari in genere
- locali tecnici.

Il sistema prevede un'unità di videoregistrazione in grado di attivarsi in modo continuo, su comando di un operatore o in caso di particolari eventi (azionamento citofono SOS, allarme cabina ascensore, ecc.).

#### *5.1.4.5 La funzione di radiotelefonia*

Questa funzione permette agli operatori del PCC di mettersi in contatto con un operatore itinerante o che lavora lungo la via.

#### *5.1.4.6 Diffusione Sonora*

L'impianto di diffusione sonora ha lo scopo di sonorizzare le stazioni e le gallerie onde permettere la diffusione di annunci, vocali o preregistrati, da parte principalmente degli operatori di posto

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

centrale.

Nelle stazioni è prevista la sonorizzazione di tutte le zone di accesso al pubblico:

- banchine;
- mezzanini e atri;
- locali tecnici
- scale e ascensori.

Occorre prevedere l'installazione nel Posto Centrale di un sistema di registrazione per la memorizzazione delle comunicazioni effettuate dalle postazioni operatore, che rivestono importanza ai fini dell'esercizio e della sicurezza.

#### *5.1.4.7 Le funzioni tele informatiche*

L'insieme delle telemisure (TM) e dei telecomandi (TC) si presenta sotto forma di segnali digitali.

Si tratta d'informazioni di telesorveglianza trasmesse dai posti satellite al PCC, e di telecomandi di consegna di marcia trasmessi dal PCC ai posti satellite in stazione.

Le spire dell'antenna fissa di trasmissione sono il supporto delle comunicazioni digitali e foniche terra-treno.

#### *5.1.4.8 Trattamento delle trasmissioni di Telemisure e Telecomandi*

La gestione centralizzata della linea attraverso mezzi informatici presenta una grande flessibilità d'utilizzo.

Ciò nonostante, i mezzi informatici non possono risolvere la totalità dei problemi di gestione d'un sistema di trasporto, in cui gli obiettivi di sicurezza e disponibilità sono di primaria importanza.

Per questo motivo si discrimina fra ciò che può o che non può essere oggetto d'un trattamento informatico.

Appartengono alla classe delle *Teletrasmissioni di Sicurezza* tutte le informazioni (telemisure o telecomandi) la cui interpretazione (caso delle telemisure) od esecuzione errata (caso di telecomandi) rischiano di compromettere la sicurezza delle persone e del sistema.

L'emissione d'un telecomando di sicurezza dal PCC avviene azionando manualmente un commutatore a chiave od a maniglia, mentre la ricezione d'una telemisura di sicurezza al PCC avviene tramite un relè di tipo ferroviario.

Le *Informazioni non di Sicurezza* vengono gestite dal calcolatore del PCC. Le telemisure non di sicurezza sono indirizzate al calcolatore che le elabora e le invia in forma appropriata agli operatori, così come i telecomandi non di sicurezza emessi dagli operatori vengono indirizzati ai posti satellite od ai veicoli attraverso lo stesso calcolatore.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 5.1.4.9 *Introduzione di un PCC/PCC Backup in aree da definire*

La necessita di avere la massima sicurezza e continuità di funzionamento e super visione degli impianti, richiede a regime la presenza di almeno un PCC di backup.

Nella prima tratta funzionale il PCC sarà sicuramente dotato di tutte le funzionalità necessarie alla gestione completa del Sistema e un eventuale secondo PCC sarà allestito nelle successive implementazioni di tratta, con l'intento di affiancarlo in prima fase, e di renderlo asservito al primo, in una seconda fase.

Altre soluzioni saranno approfondite anche in considerazione delle nuove tecnologie in veloce progresso nei prossimi anni.

Non si esclude una distribuzione omogenea della intelligenza di controllo lungo la rete con funzioni di controllo concentrate in postazioni molto più piccole delle attuali e dotate anche di mobilità virtuale (esempio utilizzo di server virtuali e del Cloud). Saranno garantite le funzionalità nella massima sicurezza.

#### 5.1.4.10 *Eventuali possibili prescrizioni per unica Sala Security linea 1 e 2*

Si ritiene necessario introdurre una sala di controllo e security comune per la linea 1 e la linea 2 della Metropolitana di Torino (eventuale prescrizione). In tal caso è opportuno un unico sito, baricentrico, per le 2 linee. La stazione di interscambio tra le 2 linee potrebbe essere quella di Porta Nuova, per tale motivo, una opportuna area tecnica, sarà dedicata.

Per i viaggiatori delle 2 reti metropolitane si vedranno più benefici in termini di regolarità, comunicazione e tecnologia. Un unico centro di controllo garantirà il funzionamento in sicurezza, dell'intera rete sotterranea di Torino Diventando una realtà dotata di una sala operativa integrata con tecnologie innovative.

Dalla postazione deve essere possibile controllare la diffusione audio per le comunicazioni ai passeggeri, la video citofonia per le richieste di soccorso e la diagnostica degli impianti, grazie alle immagini digitalizzate di numerose telecamere che confluiscono permettendo di osservare costantemente i flussi dei passeggeri e tenere sotto controllo eventuali anomalie.

La sala di regia deve essere equipaggiata per gestire le emergenze (sversamenti, incendi, esplosioni, etc.). Una opportuna unità di crisi locale gestirà e coordinerà le emergenze con l'esterno (Forze dell'ordine, Polizia Locale, 112, Vigili del Fuoco, Protezione Civile).

#### 5.1.4.11 *Funzioni svolte dal Posto di Controllo e Comando (PCC/OCC/PCO)*

Si richiede la messa in opera delle principali seguenti funzioni (vedi allegati 1.10 e 1.11):

- supervisionare il traffico in linea;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- supervisionare l'alimentazione elettrica di trazione della linea e del comprensorio tecnico;
- gestire i modi degradati;
- gestire il movimento automatico dei treni, in linea e verso la zona di manutenzione;
- supervisionare lo stato tecnico delle apparecchiature di sistema;
- supervisionare gli allarmi antincendio ed antintrusione e tutti gli impianti non di sistema attraverso SCADA dedicato;
- informare i passeggeri dello stato dell'esercizio (annunci sonori);
- stabilire i collegamenti fonici con i passeggeri in stazione;
- sorvegliare le banchine tramite le telecamere;
- coordinare gli interventi in linea;
- stabilire i collegamenti diretti con i servizi di soccorso (ambulanze, Vigili del Fuoco, Pubblica Sicurezza).

#### 5.1.4.12 Mezzi e sottosistemi a disposizione

La gestione sarà assicurata per mezzo dei seguenti principali sistemi:

- Postazione informatica di tele supervisione:
  - questa postazione informatica, costituita da uno o più terminali completi a colori, in modo da permettere di visualizzare tutte le informazioni provenienti dai treni, dagli automatismi fissi (Apparati Automatici Fissi, elettronica d'arresto in stazione), dalla rete elettrica, dal riscaldamento della via nelle aree aperte, dalle apparecchiature in stazione. Essa permette la gestione del movimento dei treni nei modi normale e degradato, e la gestione dell'insieme dei sistemi della linea per mezzo di telemisure e telecomandi. Inoltre, essa permette di visualizzare la posizione dei treni in linea e monitorarne l'evoluzione.
- Postazione di gestione dei mezzi audiovisivi:
  - questa postazione informatica, collegata alla rete di trasmissione fissa, permette di gestire le funzioni di sorveglianza televisiva, e l'insieme delle comunicazioni con i passeggeri in stazione. Da questa postazione, è possibile assicurare le seguenti funzioni:
    - ✓ **inter-fonia** con un passeggero in stazione;
    - ✓ sonorizzazione delle stazioni (banchina, atrio, etc.);
    - ✓ visualizzazione d'immagini provenienti da telecamere.
- Sistema d'inter-fonia e sonorizzazione dei treni:
  - esso permette di stabilire collegamenti bilaterali fra i treni ed il PCC. Un apparecchio telefonico con microfono, associato ad un dispositivo di selezione delle comunicazioni, permettono all'operatore avente in carico la gestione del traffico di stabilire la comunicazione con gli utenti a bordo dei treni.
- Sistema di sicurezza:
  - un pulpito permette di gestire i comandi di sicurezza in collegamento agli automatismi fissi, nonché i comandi di sicurezza in collegamento con la rete

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

elettrica (gestione FS/HT) autorizzando la messa in tensione delle vie. Esso è dotato d'interruttori d'emergenza per l'arresto della linea.

- Sistemi telefonici:
  - per mezzo d'apparecchi telefonici messi a disposizione degli operatori, essi assicurano le comunicazioni telefoniche interne, nonché i collegamenti privilegiati con i servizi di soccorso (ambulanze, Vigili del Fuoco, Pubblica Sicurezza). Parimenti, è previsto un apparecchio per assicurare il collegamento con il telefono di soccorso in linea.

### 5.1.5 Controllo dei flussi a bordo treno

Come già richiesto nell'ambito delle Consultazioni preliminari di mercato effettuate dal Comune di Torino sia nel 2019 che nel 2021, è richiesto al sistemista il controllo dei flussi e la ripartizione dei passeggeri a bordo treno. La notifica di tale distribuzione dovrà essere segnalata, oltre che al PCC, nel contesto delle stazioni al di sopra delle porte di banchina per mezzo di adeguati sistemi ottici al fine di mostrare ai passeggeri la distribuzione degli stessi nelle singole carrozze in fase di approccio e la eventuale presenza di bici negli stalli predisposti all'interno delle cabine ove questi siano esistenti (nelle modalità consentite dal Regolamento di esercizio). Il Sistemista avrà, inoltre, l'onere anche di gestire la presenza di bici all'interno della stazione inibendo, attraverso specifica e adeguata segnalazione, sia all'esterno che all'interno della stazione l'ingresso a ulteriori mezzi.

## 5.2 SCADA-SYS Impianti di Sistema

### 5.2.1 Introduzione Generale

Una definizione generale di questa classe di sistemi può essere dedotta dal suo acronimo: SCADA, che elenca le tre funzionalità principali che essi compiono, ovvero:

- Supervisione;
- controllo;
- acquisizione dati.

Un sistema SCADA, innanzitutto, controlla e supervisiona un processo. L'acquisizione dati è funzionale allo svolgimento delle funzioni di supervisione, alla osservazione dell'evoluzione del processo e di controllo, ossia l'attuazione di azioni volte alla gestione degli stati nei quali si trova il processo controllato e alla gestione delle transizioni tra gli stati possibili del processo. Per comprendere l'utilità di tali sistemi basta elencare brevemente i loro scenari di utilizzo: controllo del traffico aereo, ferroviario ed automobilistico, telerilevamento ambientale, gestione dei sistemi di condotte di fluidi, distribuzione dell'energia elettrica. Per chiarire questi aspetti, nei prossimi paragrafi descriveremo le funzioni svolte da un sistema SCADA e confronteremo questo tipo di sistema con un altro tipo di sistema, molto simile, che svolge generiche funzioni di controllo e viene comunemente indicato con Distributed Control System (DCS) (vedi allegati 1.4 e 1.13).

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 5.2.2 Sistema di Telecomando e Supervisione Impianti di Sistema

Il sistema di "Supervisory, Control And Data Acquisition" (SCADA) deve svolgere le funzioni di acquisizione dati, supervisione e telecomando dei seguenti impianti:

- impianti di alimentazione elettrica:
  - alimentazione generale: rese dell'energia e distribuzione a 22 KV;
  - sistema di trazione elettrica: stato di alimentazione, sezionatori e dispositivi d'emergenza per la toltensione;
  - cabine di trasformazione MT/BT (anche di deposito);

Inoltre, il sistema SCADA deve effettuare la supervisione (allarmi, stati ecc.) anche dei seguenti impianti:

- Telecomunicazioni;
- segnalamento/automazione;
- diagnostica treni;
- porte di banchina;

## 5.2.3 Scada PS (Sist. di Potenza): Rete di controllo alimentazioni elettriche

Rappresenta il sistema di comando e controllo degli Impianti di Elettrificazione e gestisce gli impianti di alimentazione delle stazioni, delle Sotto Stazioni Elettriche (SSE), dei pozzi di ventilazione e del deposito.

Per le apparecchiature delle SSE, verrà implementato al posto centrale un sistema di diagnostica integrato nello SCADA-PS con lo scopo di individuare le necessità di manutenzione preventiva delle apparecchiature elettriche e segnalare eventuali malfunzionamenti delle apparecchiature stesse. Tale sistema mantiene sotto controllo le grandezze ed i fenomeni atti a valutare lo stato di "fatica" degli organi. dell'impianto, fornendo, quando necessario, un segnale di allarme e richiedendo interventi manutentivi in grado di prevenire fuori servizio accidentali e conseguenti periodi di inattività dell'impianto vedi figura 3.

## 5.2.4 Protocolli disponibili:

Il discorso protocolli verrà approfondito e aggiornato in sede di progetto di dettaglio di seguito alcuni dei protocolli in uso nei sistemi Scada:

- OPC gateway "Supervisory Platform";
- middleware interface from "Field equipments";
- MBUS/TCP on an IP/Ethernet network;
- OPC DA toward the HMI.

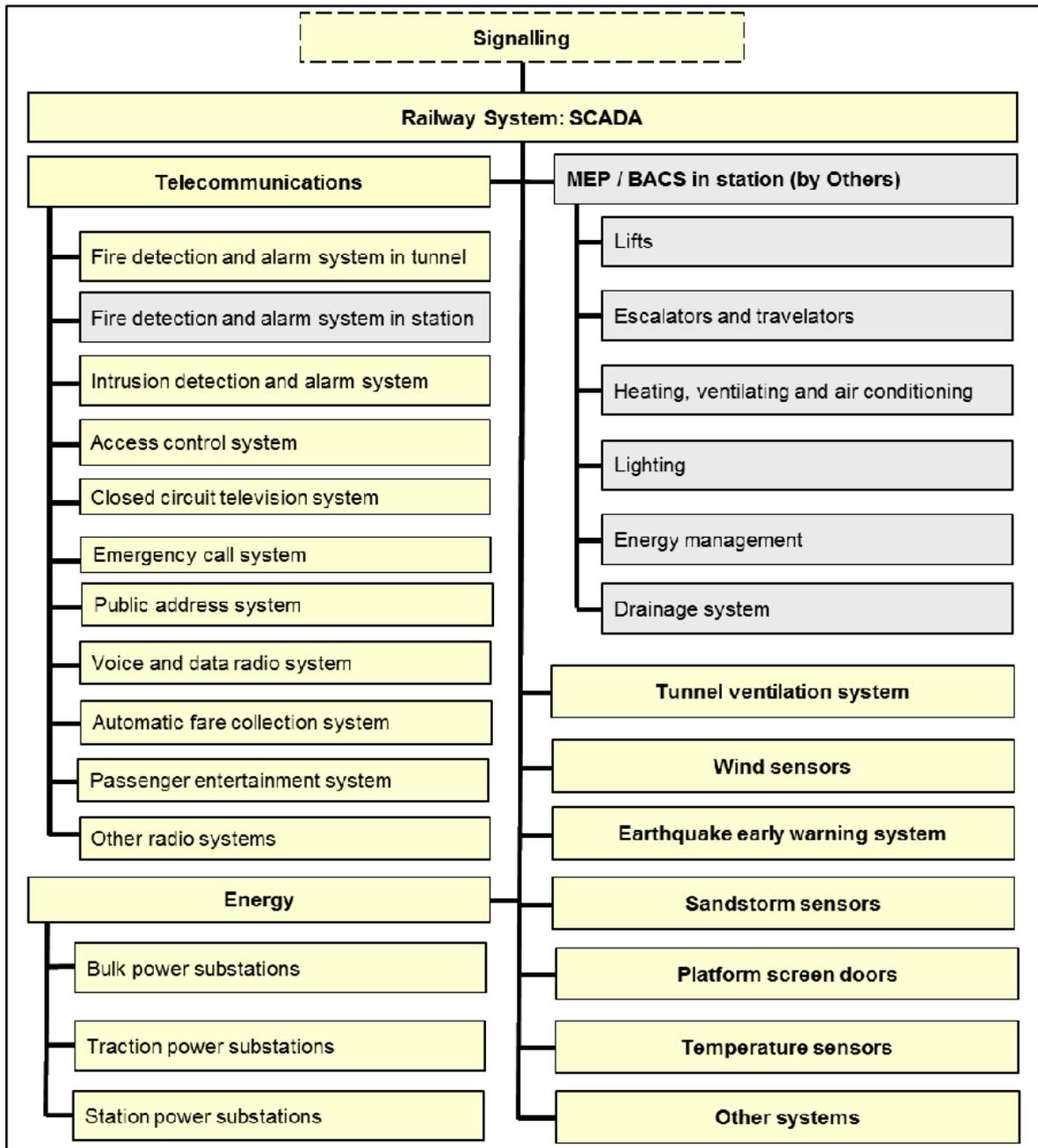


Figura 7. SCADA: Esempio di Struttura Generale

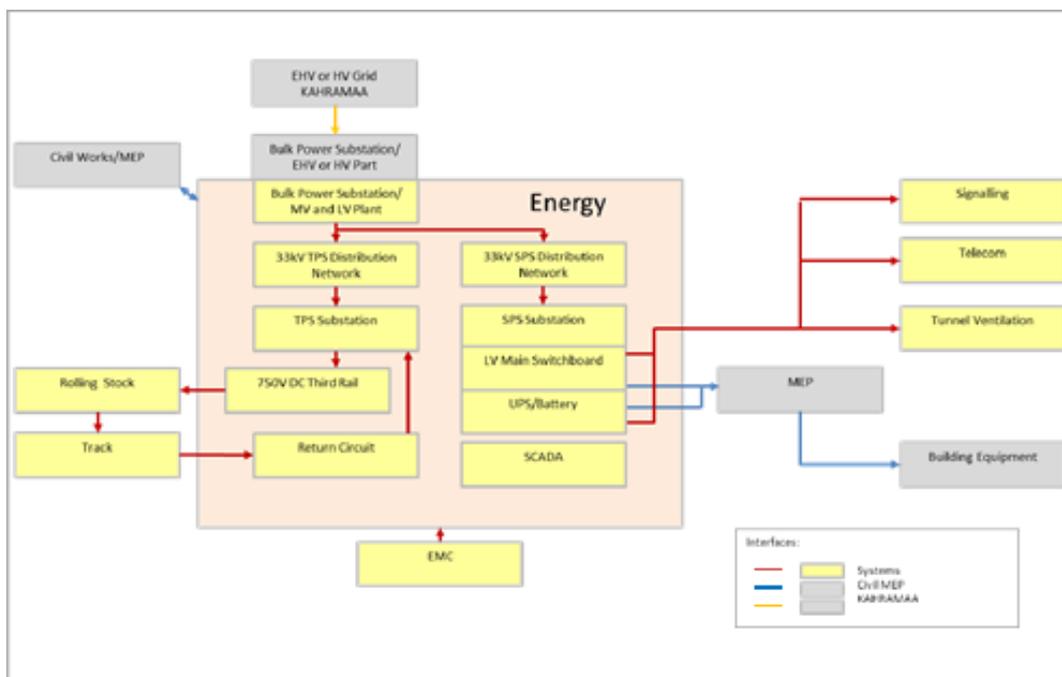


Figura 8. Sistema Scada PS: Esempio di struttura generale

### 5.3 Rete Informatica

È altresì necessario, realizzare una rete opportunamente dimensionata e ridondata per il trasporto efficiente e omogeneo, dei segnali dedicati all'informazione/sorveglianza dell'utenza o del personale di servizio, all'automazione del treno e al telecontrollo degli impianti elettrici e tecnologici non ultimo dei segnali della rete radio di servizio/manutenzione.

Tutte le metropolitane recenti adottano un principio simile di rete integrata.

I più moderni apparati di "switching" e di "routing" dovranno essere adottati per i nodi della rete, per i punti di accesso alla rete in fibra ottica e infine per i dispositivi di elaborazione delle diverse tipologie di segnali.

In tutte le descrizioni dei suddetti sistemi, l'architettura della rete è nella classica topologia a doppio anello, e, su ciascun anello è connesso uno dei 2 nodi di rete presenti in ogni stazione; a ciascun nodo di rete sono a loro volta collegati gli apparati di elaborazione dei segnali audio/video/dati, in numero tale da suddividere le utenze finali (i terminali di stazione) sulle 2 dorsali ottiche.

Una configurazione duplicata di questo tipo ha 2 benefici fondamentali:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- pieno controllo sulla metà dei terminali collegati all'altro nodo, in caso di malfunzionamento di un nodo della rete;
- banda disponibile doppia.

Il cavo a fibre ottiche, nei suoi percorsi di andata dal Posto di controllo Centrale (e di Backup) verso le stazioni terminali o di riferimento, e ritorno al nodo centrale stesso, si attesta a stazioni alterne, in modo da minimizzare l'attenuazione del segnale ottico lungo tutte le tratte tra 2 attestazioni contigue.

Il nodo di rete del PCC, opportunamente dimensionato per essere connesso ad entrambe le dorsali ottiche, riceve i dati provenienti dalle stazioni e li trasmette agli apparati di decodifica dei segnali per renderli disponibili agli operatori nel formato idoneo.

Lo stesso nodo di rete riceve dalle postazioni degli operatori dati e comandi opportunamente elaborati dagli apparati di codifica e li trasmette sulla rete perché siano trasferiti alle stazioni.

Poiché il PCC rappresenta il punto più critico della rete, questo nodo garantisce prestazioni superiori e pertanto è completamente ridondante per consentire il massimo di affidabilità e disponibilità.

La rete multiservizio è, in tutte le realizzazioni recenti, sempre di tipo Gigabit Ethernet su fibra ottica mono modale. In questa modalità è possibile collegare stazioni distanti fino a decine di km con moduli ottici adeguati alla tecnologia corrente, senza l'impiego di rigeneratori di segnale. Si utilizzano i protocolli di trasmissione standard TCP/IP e UDP, e algoritmi di instradamento (Routing) tali da minimizzare i tempi di riconfigurazione in caso di malfunzionamento dei nodi.

Gli apparati connessi alla rete multiservizio dovranno essere in grado di codificare i segnali audio/video in formati trasportabili su una rete IP; l'interfacciamento con i nodi di rete è realizzato secondo lo standard Ethernet corrente al momento della realizzazione.

### 5.3.1 Diffusione sonora

L'impianto di diffusione sonora si compone principalmente di:

- Apparati di stazione:
  - sono presenti opportuni stadi analogici di selezione delle zone a cui destinare i messaggi e stadi analogici di amplificazione; un particolare apparato audio si occupa di adeguare il volume dei messaggi inviati in stazione al rumore di sottofondo (vedi allegati 1.2 e 1.3).
- Apparati al Posto di Controllo e comando:
  - è presente uno stadio analogico di selezione dei segnali di ingresso, in modo da consentire, su specifica richiesta degli operatori, la diffusione di musica di sottofondo, di messaggi preregistrati o di messaggi diretti degli operatori stessi.
- Apparati in Linea:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- sono presenti lungo le dorsali e con opportuno sfalsamento a distanze fisse definite da progetto i diffusori sonori, opportuni stadi di amplificazione saranno dimensionati per mantenere un livello sonoro omogeneo e adeguato.

L'impianto diffusione sonora dovrà:

- ❖ essere installato nei differenti locali di stazione;
- ❖ negli uffici e negli spazi comuni;
- ❖ il sistema sarà implementato tramite interfacce in grado di comunicare agli impianti fonici degli ascensori le segnalazioni degli operatori delle stazioni (o dal PCC) in modo da garantire una copertura completa durante lo spostamento dei passeggeri.

In particolare, per la diffusione sonora, si devono prevedere interfacce utente dotate di postazione microfonica sia nel PCC che nelle guardiane di stazione. L'armadio per la diffusione sonora è ubicato nei locali tecnici della stazione. La distribuzione per tutti questi sistemi deve avvenire con canalina dedicata in controsoffitto. Il sistema di diffusione sonora (EVAC) dovrà impartire le opportune istruzioni alle persone presenti per un'ordinata evacuazione in caso di emergenza e incendio.

I principali componenti possono essere così riassunti:

- la centrale di gestione, che sarà costituita da un armadio Rack in cui vengono installati tutti i componenti destinati a generare i messaggi di allarme e a monitorare la funzionalità dell'impianto, dovrà essere certificata e collaudata come sistema, e non come singoli componenti, così come prescritto dalla EN54-16;
- i diffusori acustici Certificati EN54-24 (altoparlanti);
- i conduttori di collegamento EN 50200.

I segnali d'allarme ed i messaggi dovranno essere facilmente udibili e comprensibili. I livelli di pressione acustica dovranno, in generale, essere:

- livello sonoro minimo: 65 dB;
- livello sonoro al di sopra del rumore di fondo: almeno 6 dB e non più di 20 dB;
- livello sonoro massimo: 120 dB.

Il sistema di diffusori acustici per la diffusione di emergenza dovrà essere cablato con cavo viola resistente al fuoco tipo EN 50200, come anche indicato da norme UNI 9795.

Il sistema dovrà prevedere la diagnosi della linea dei diffusori acustici, e ogni anomalia dovrà essere segnalata dal sistema. Il sistema sarà munito di almeno un amplificatore di potenza di riserva.

Il sistema dovrà continuamente diagnosticare il funzionamento degli amplificatori di potenza, ed in caso di anomalie dovrà inserire automaticamente l'amplificatore di riserva e segnalare ogni anomalia.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

L'alimentazione della centrale dovrà essere garantita in caso di interruzione dell'erogazione di corrente (230 Vac) sottendendola ad un alimentatore dedicato e certificato EN54, installato all'interno del Rack, in grado di garantire un'autonomia al sistema, in allarme, pari ad almeno 30 min.

Sarà necessario che ogni guasto attivi una segnalazione luminosa ed acustica dedicata.

Saranno utilizzati diffusori da incasso per controsoffitto a basso impatto estetico per gli uffici/spazi comuni e diffusori da esterno, con alto indice di protezione IP, per le banchine e in galleria.

L'attivazione di allarme da parte dell'unità di controllo di emergenza (UCAV per le stazioni o PCC) dovrà innescare la diffusione immediata del messaggio di allarme evacuazione contemporaneamente in tutte le zone secondo la procedura di emergenza attivata.

Il sistema dovrà dare comunque la possibilità di diffondere messaggi di annuncio diversificati per zona, mediante l'utilizzo della postazione microfonica.

Il sistema dovrà essere utilizzato non solo per diffondere messaggi di allarme, ma anche altre comunicazioni sonore in condizioni ordinarie, ad esempio la musica o annunci di altra natura, le quali comunque saranno immediatamente sospese quando il sistema di emergenza entra in funzione.

Il sistema di diffusione sonora, attivato dalla centrale antincendio, continuerà a diffondere i messaggi di allarme anche se il collegamento tra i due sistemi viene a mancare, ad esempio a causa di un guasto o di un incendio.

### 5.3.2 Videosorveglianza

L'impianto di videosorveglianza/TVCC deve essere realizzato con telecamere ad alta risoluzione IP POE (Power Over Ethernet) di tipo Dome (le Speed Dome offrono una customizzazione interessantissima essendo dotate di comandi a distanza e di altri ritrovati ottimamente volti ad offrire un monitoraggio ed una sicurezza assolutamente eccellenti).

L'impianto deve soddisfare come requisito di sicurezza l'inquadramento della persona a figura intera all'interno degli ambienti, mentre sui punti di connessione e su tutti gli accessi si dovrà avere il riconoscimento facciale.

La tecnologia digitale permette la configurazione e la gestione in remoto del sistema oltre ad una maggiore qualità delle immagini.

Il sistema di storage sarà connesso tramite collegamento in fibra ottica.

Il collegamento alle telecamere avverrà mediante cavi UTP, categoria 6, agli switch POE di ciascun quadro Rack di zona e secondo le prescrizioni del D.M. 21/10/2015.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Sarà possibile la gestione delle immagini digitali con interconnessioni locali, in caso di rete opportuno, per la condivisione in rete dei sistemi, dei terminali esempio monitor, stampanti, e sarà disponibile il software per la gestione remota del sistema dalla sala di controllo con apposite autorizzazioni individuali all'accesso.

### 5.3.3 Telefonia di servizio e inter-fonia

A tale scopo vengono installati opportuni voice gateway (in stazione e Posto Centrale) e Call server (al Posto Centrale) in grado di gestire i servizi VoIP (Voice over IP). Un PABX modulare fornisce i collegamenti telefonici tra gli uffici del personale di gestione e la rete telefonica pubblica.

### 5.3.4 Videoinformazione

Le informazioni di servizio per utenti della linea vengono diffuse su monitor LCD (o nella tecnologia disponibile) di grandi dimensioni installati nei locali delle stazioni. Tali monitor sono dotati di apparati di elaborazione integrati (Computer integrati) in grado di collegarsi direttamente alla rete informatica per ricevere i comandi direttamente dal PCC. Il Computer integrato all'interno del monitor ha funzioni molto importanti e può essere dotato di intelligenza locale. In futuro nei nuovi sistemi ci potranno essere ulteriori funzioni di sicurezza locale.

### 5.3.5 Telecontrollo impianti elettrici e tecnologici

I dati relativi alla gestione delle cabine elettriche di stazione e alla gestione degli impianti tecnologici di stazione (scale mobili, cancelli motorizzati, ventilazione, varchi, terminale emissione biglietti, cabine/ascensori) vengono convogliati dai singoli PLC di ciascun sotto impianto ad un'unità di acquisizione di stazione, che si interfaccia tramite un collegamento ethernet ridondato alla rete informatica, per essere trasportati al PCC dove un server dedicato provvede all'interpretazione e allo smistamento.

Viceversa, gli operatori del PCC sono in grado di comandare i sotto impianti tecnologici ed elettrici di stazione inviando comandi, tramite la rete informatica, fino ai SISTEMI DI CONTROLLO di competenza.

### 5.3.6 Gestione integrata dei sottosistemi

La gestione dei diversi sottosistemi (diffusione sonora, video informazione, videosorveglianza, telefonia di servizio/inter-fonia, dati) deve avvenire tramite una serie di server dedicati e ridondati installati nei quadri della Sala Calcolatori del Comprensorio Tecnico; ciascun quadro è dotato di monitor, tastiera e mouse condivisi da tutti i server del quadro tramite un selettore.

Una postazione di supervisione della rete consentirà operazioni di monitoraggio, configurazione e manutenzione dei componenti della rete stessa.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Ad oggi l'utilizzo del trasporto di segnali su una rete integrata IP-over-Ethernet sembra essere la soluzione più efficiente per la trasmissione delle informazioni audio/video/dati dal punto di vista della flessibilità degli apparati, della standardizzazione dei protocolli e degli algoritmi di codifica dei dati, della disponibilità degli stessi per il futuro, dei costi via via più bassi degli apparati di rete Ethernet.

La scelta del protocollo IP su Ethernet, inoltre, apre la strada a tutta una serie di servizi innovativi, implementabili senza particolari problemi su questo tipo di reti:

- gestione di giornali luminosi controllati da PC e riprogrammati dal centro di controllo nelle ore notturne;
- gestione di videotelefonii;
- realizzazione e collegamento a reti wireless per espletare servizi aggiuntivi a bordo dei treni;
- funzionalità di image processing per scopi di pubblica sicurezza.

Nella configurazione di base, viene semplificata anche l'estensione del sistema dal punto di vista di:

- aggiunta di postazioni operatore;
- aggiunta di altri centri di controllo;
- aggiunta di altre stazioni nella rete

## 5.4 Rete radio

### 5.4.1 Premessa

La telefonia mobile (GSM) non è adatta alla gestione delle emergenze perché in tali situazioni il canale di accesso delle celle può saturare rapidamente e il traffico diminuisce sino al blocco delle comunicazioni. Un sistema radio dedicato invece assicura le comunicazioni anche durante eventi che potenzialmente possono sovraccaricare la rete pubblica. Durante le emergenze spesso c'è la necessità di comunicare in modalità di gruppo (punto – multi punto). Questo può facilitare notevolmente le operazioni perché ognuno viene aggiornato in tempo reale sull'evolversi della situazione. Caratteristica di fondamentale importanza è anche la velocità di instaurazione di una chiamata di gruppo che è dell'ordine di mezzo secondo, notevolmente inferiore al tempo necessario per instaurare una chiamata in una rete GSM (tipicamente da 5 a 10 secondi). Per queste ragioni gli Enti preposti alla gestione di situazioni di emergenza hanno bisogno di una rete radio proprietaria, affidabile e flessibile, possibilmente costi contenuti.

La Rete Radio è principalmente necessaria per ragioni di sicurezza e rapidità di comunicazioni in mobilità. I requisiti minimi da soddisfare e il sistema dovranno avere:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- canale manutenzione: normalmente usato dalle squadre operative nelle ore diurne in modo da avere a disposizione il canale tutto il tempo per le manutenzioni ordinarie e soprattutto per poter far fronte ad eventuali emergenze tecniche;
- canale di servizio: a disposizione delle forze di Polizia dove si prevede un pattugliamento costante all'interno delle stazioni della metropolitana e a bordo dei treni e tali pattuglie devono avere un collegamento radio sempre disponibile con il proprio comando esterno: ciò significa che la Polizia necessita di un proprio canale dedicato;
- il servizio Vigili del Fuoco prevede l'intervento in metropolitana solo a fronte di una situazione di pericolo, ma in tale situazione esso necessita di un collegamento radio all'interno della metropolitana e con il proprio comando esterno sempre disponibile per tutto il tempo necessario a risolvere la situazione: anche in questo caso si rende necessario un canale dedicato al servizio Vigili del Fuoco (eventualmente condiviso con la P.S.);
- le ragioni sopra riportate sono alla base delle scelte operate dalle metropolitane delle principali città europee dove per ciascun servizio/ente si è previsto un canale radio dedicato.

### 5.4.2 Descrizione Generale

Il sottosistema radiomobile attualmente realizzato nelle aree della Metropolitana di Torino offre un servizio di comunicazione mobile e senza fili con operatività professionale fra terminali radio in uso al personale, e tra questi e il personale del PCC. Quindi per la nuova linea di Metropolitana sono richiesti i requisiti di seguito illustrati.

L'operatività base offerta dal sistema è la comunicazione istantanea di gruppo Push-To-Talk (PTT) su tutta l'area della Metropolitana, con possibilità di interazione in differenti gruppi di chiamata, oltre che funzionalità accessorie.

Il sistema sarà orientato a due tipologie di utenti, completamente distinti come operatività:

- Una rete radio uso personale Gestore
- Una rete radio uso personale VVF

A causa di diversità di esigenze e assegnazione di frequenze radio, oltre che aumento dell'affidabilità, il sistema è composto da due infrastrutture radiomobili parallele che utilizzano in comune solo i medesimi sistemi di diffusione in galleria e alimentazioni elettriche.

Entrambe le infrastrutture radiomobili sono parallele ed installate nei medesimi locali e armadi tecnici. Ogni stazione e il Deposito ha un proprio sistema d'antenna di radiodiffusione dedicato, che è comune per le infrastrutture del Gestore e dei VVF.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 5.4.2.1 Descrizione Rete Radio VVF

La rete radio VVF lavora in tecnologia analogica FM, che per la sua semplicità e storicità è tuttora largamente diffusa nel settore radio. La funzionalità offerta è di una chiamata di gruppo, che in tecnologia analogica corrisponde ad un canale radio, con sistemi aggiuntivi quali ad esempio per identificazione del chiamato e chiamante.

La copertura radiomobile è estesa presso tutte le aree del sistema con la tecnologia isofrequenziale (SIMULCAST), che impiega presso tutti i ripetitori radio la medesima coppia di frequenza.

L'uso della rete VVF è limitato ad interventi del personale nelle aree della Metropolitana; i terminali radiomobili utilizzati sono quelli già in loro dotazione in banda UHF.

La copertura della rete radio VVF è stata estesa anche ad alcune aree esterne della Metropolitana, in particolare all'esterno delle stazioni presso un particolare accesso.

Oltre agli apparati di infrastruttura, la rete radiomobile VVF è equipaggiata con accessori fissi che permettono le seguenti funzionalità:

- trasponder radio, per poter mettere in comunicazione la fonia della rete VVF con il Comando Provinciale tramite un collegamento dedicato in banda UHF;
- gateway e console RoIP, per poter accedere alla rete radiomobile tramite console da tavolo presso il Comando Provinciale;
- amplificatore bidirezionale, da disporre in una localizzazione intermedia della tratta per estendere la copertura radiomobile della rete radio nelle aree prive di copertura di comunicazione;
- postazione di supervisione, la medesima di quella per la rete del Gestore.

#### 5.4.2.2 Tecnologia di collegamento apparati

Entrambe le reti radio sono composte da apparati ripetitori, del medesimo modello ma con una configurazione differente, che devono poter dialogare fra di loro per propagazione della voce, di informazioni di servizio e per il sincronismo.

Il protocollo impiegato è di tipo proprietario, basato su tecnologie TCP/IP. Sono interconnessi fra di loro utilizzando la Rete Multiservizio della Metropolitana, che offre una dorsale IP di appoggio con topologia ridondata.

La Rete Multiservizio è composta da due anelli distinti (rete A e rete B). Ogni anello ha poi delle maglie aggiuntive di ridondanza, gestendo l'instradamento a livello 3. Viene poi utilizzata la tecnologia VLAN per segregare i vari servizi sulla stessa infrastruttura.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

La rete radio si appoggia sulla rete Multiservizio con una alternanza tra rete radio del gestore e dei VFF con l'anello A e B.

### 5.4.3 Sistemi PMR (Professional Mobile Radio)

Differenti tecnologie sono usate nel mondo nell'ambito del PMR: analogico o digitale, a canali dedicati o Trunking e così via. Anche se le comunicazioni analogiche FM rimarranno ancora per diversi anni una valida soluzione per le comunicazioni radio PMR, i sistemi digitali sono spesso considerati più avanzati e migliori di quelli analogici dal momento che offrono all'utente numerosi vantaggi operativi, tra i requisiti minimi del sistema proposto i seguenti:

- migliore qualità della voce anche al limite dell'area di copertura;
- migliore efficienza spettrale (minore costo per licenze d'uso dello spettro);
- possibilità di inviare messaggi e/o dati;
- importanti funzionalità come:
  - chiamate individuali, di gruppo e broadcast;
  - chiamate di emergenza;
  - comunicazioni digitali sicure senza degradare la qualità della voce;
  - terminal ID on PTT;
  - late entry;
  - chiamate di soccorso su chiamate individuali;
  - polite/impolite channel access;
  - messaggi dati basati su protocollo IP;
  - messaggi di testo o Messaggistica di posizionamento automatica;
  - remote radio monitor/ disable/check;
- soluzione standard multi-vendor;
- rete di trasporto tra i siti a basso costo basata su TCP/IP.

Gli standard più diffusi nelle Metropolitane Europee sono:

- DMR (Digital Mobile Radio):
  - il sistema DMR (ETSI TS 102-361) consente di utilizzare carrier con canalizzazione a 12.5KHz per trasmettere due canali radio simultaneamente. L'efficienza spettrale di una singola base station è la stessa del TETRA (1 CH/6.25KHz) che migliora ulteriormente se si adotta una soluzione simulcast (non necessita di canale di controllo). Diversamente dal TETRA la modulazione è a inviluppo costante. Questo permette di ottenere un minore consumo di corrente e una migliore efficienza, inoltre, non dovendo utilizzare amplificatori RF lineari, si semplificano notevolmente i terminali e le apparecchiature di rete. L'area di copertura di una stazione radio è circa la stessa di una radio analogica. Queste reti sono adatte per un carico di traffico medio/basso e per sistemi di comunicazioni miste dati/voce (e.g. audio + geographical localization). Infine, è da notare che la rete e i terminali sono "dual mode", cioè consentono la coesistenza di apparati analogici tradizionali

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

e moderni apparati digitali, consentendo una migrazione graduale dai sistemi analogici a quelli digitali.

- TETRA (Terrestrial Trunked Radio):
  - il sistema TETRA, fornisce 4 canali per ogni carrier, con canalizzazione a 25KHz, è adatto per sistemi "trunking" ed è in grado di assicurare un volume di traffico medio/alto. Il TETRA utilizza una modulazione  $\pi/4$ DQPSK che richiede un amplificatore RF lineare o linearizzato. Il link che connette le stazioni richiede molta disponibilità di banda per trasferire le segnalazioni necessaria (tipicamente nell'ordine di 2Mb/s). La rete è di tipo cellulare e utilizza differenti frequenze di lavoro per ogni ripetitore. La grandezza delle celle è inferiore di quella usata in sistemi analogici. Molti paesi europei utilizzano il TETRA per consentire l'inter-operabilità tra forze di polizia.

#### 5.4.4 Rete Radio Digitale DMR

Il DMR (ETSI TS 102 361 technical specifications) è uno standard aperto, definito in ambito ETSI da un gruppo di lavoro composto dai maggiori produttori mondiali di apparati PMR. Lo standard DMR segue le linee guida del mercato PMR per sistemi digitali e può dare valore aggiunto agli attuali sistemi garantendo allo stesso tempo una migrazione graduale tra le due tecnologie, salvaguardando gli investimenti e i sistemi già esistenti. In particolare, i ripetitori DMR di alcuni produttori sono in grado di operare automaticamente in modalità sia analogica che digitale ("dual mode"), supportando così sia i terminali PMR già in uso che i nuovi terminali DMR e mantenendo la compatibilità con ogni caratteristica di entrambe le tecnologie.

- Comunicazioni vocali con modulazione analogica FM/PM e chiamate selettive e segnalazioni sub-audio basate su protocolli tradizionali.
- Comunicazioni vocali e dati con modulazione digitale 4 FSK, secondo lo standard DMR a velocità 9600 bps La selezione della modalità operativa è completamente automatica, ciò significa che il ripetitore è in grado di capire autonomamente se la comunicazione in corso è analogica o digitale e può configurarsi conseguentemente per lavorare in modalità PMR o DMR. Lo standard DMR è in grado di trasportare sia dati che voce. Il segnale audio è convertito in formato digitale, compresso e inviato sul canale digitale, contrassegnato diversamente dal segnale dati.

La rete radio convenzionale comporta la copertura delle stazioni, della galleria e di tutte le postazioni della metropolitana soggette a passaggio e stazionamento del personale operativo e dei servizi pubblici. La copertura deve essere capillare e i relativi terminali e apparati devono essere di tipo commerciale. La copertura tradizionale viene realizzata attraverso opportune SRB (Stazioni Radio Base) con tecnologia moderna ormai totalmente digitale. Lo schema di principio e quello delle celle di copertura ormai largamente usate dalla telefonia cellulare.

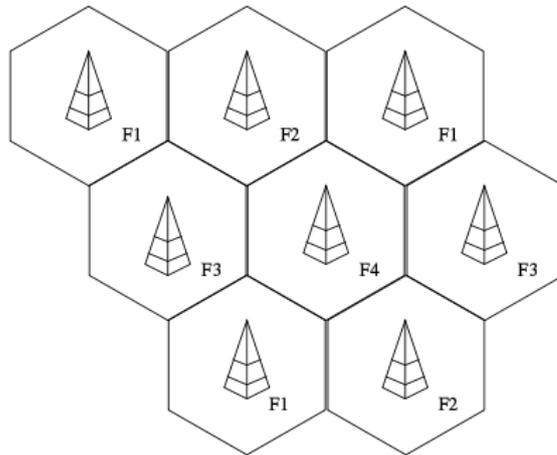


Figura 9. Copertura a Rete Cellulare

La Tecnologia DMR è più recente del Tetra e permette un agevole migrazione dai sistemi analogici a quelli digitali e ne permette la convivenza all'interno dello stesso network. Il DMR può lavorare in configurazioni diverse ossia in Simulcast, con rete a Stella in reti ad anello, in reti ad albero e in reti lineari.

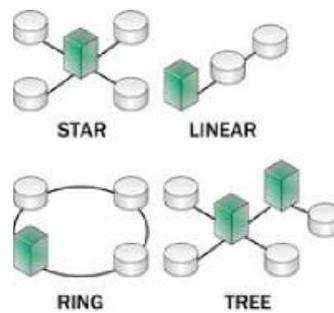


Figura 10. Configurazioni possibili reti radio

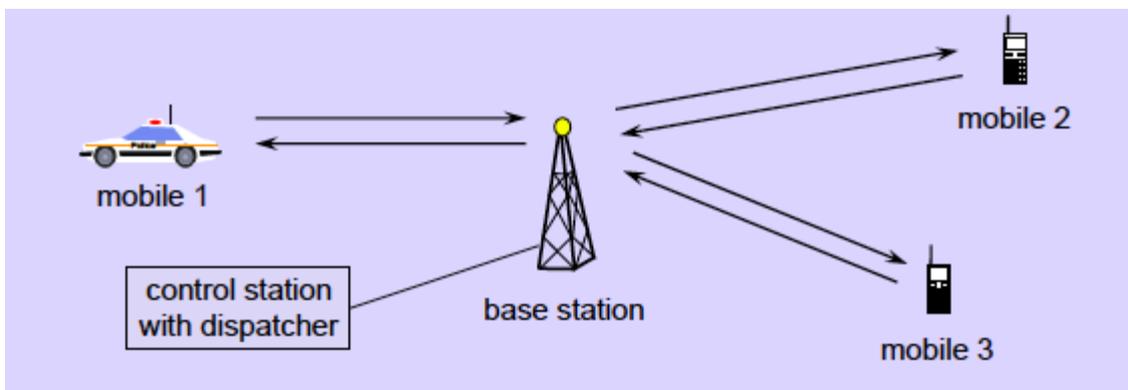


Figura 11. Sistema Radio con SRB

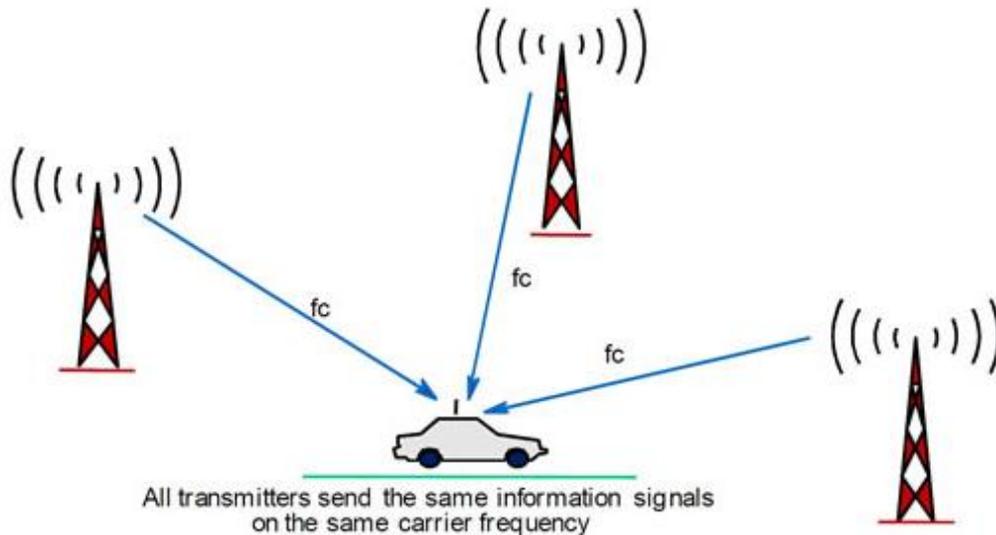


Figura 12. Sistema Multicast

### 5.4.5 Breve descrizione del TETRA

Il TETRA è uno standard aperto sviluppato dallo "European Telecommunications Standards Institute" (ETSI Standard EN 300 392). Scopo principale di questo standard è definire una serie di interfacce aperte per consentire ai produttori di sviluppare infrastrutture e terminali che possano pienamente inter-operare. La modulazione utilizzata è ad involuppo non costante, per cui sono necessari amplificatori lineari. A causa dei vincoli di ritardo imposti dal sistema TDMA, il TETRA è in grado di garantire un buon servizio non oltre i 58 km di distanza dalla base station.

### 5.4.6 Dettagli sul Sistema -TETRA

Il TETRA è un sistema radiomobile di tipo trunked. Il principale beneficio di un sistema trunked è che consente di gestire un più elevato numero di comunicazioni punto-punto per canale RF rispetto ad un sistema radio convenzionale, per il fatto che i canali vengono assegnati automaticamente in modo dinamico. L' elemento fondamentale di un sistema trunking è il Trunking Controller che assegna i canali servendosi di uno o più canali di controllo. Il canale di controllo funge da link di segnalazione tra il Trunking Controller e tutti i terminali radio mobili appartenenti al sistema. Il canale di controllo è sempre attivo, anche in assenza di traffico in rete. Le stazioni base sono quindi perennemente in trasmissione anche se non ci sono informazioni da trasmettere. Il processo di hand-over, proprio per il fatto che il TETRA è un sistema trunking, necessita di un buon campo RF per funzionare correttamente in grandi aree di sovrapposizione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

La rete di backbone del TETRA deve allocare la banda necessaria per trasportare il segnale audio e le segnalazioni e deve anche essere dotata di nodi di commutazione molto efficienti. Lo standard TETRA è in evoluzione continua le future versioni introdurranno nuove caratteristiche avanzate tra le quali:

- area di copertura sino a 83 km;
- maggiore compressione dell'audio;
- differenti tipi di modulazione e banda RF;
- trasmissione dati sino a 500 Kbits/s con banda 150KHz.

Il TETRA è un sistema trunking nato per comunicazioni di tipo punto-punto in aree ad alta densità di traffico. Analogamente ad una rete telefonica, per massimizzare la capacità di traffico in presenza di migliaia di utenti sono necessarie molte (piccole) celle. Il DMR invece è sistema mirato a fornire una buona copertura piuttosto che un'elevata capacità. Questa differenza di scopo implica una netta caratterizzazione tecnologica dei due sistemi (il TETRA simile al GSM, il DMR simile all'attuale radio analogica) che offrono le migliori prestazioni solo se utilizzati nel proprio ambito.

#### 5.4.6.1 Vantaggi /Svantaggi

Nei terminali TETRA la linearizzazione degli amplificatori comporta una minore potenza RF rispetto al caso di amplificatori non lineari. Tipicamente un portatile DMR trasmette sino a 5W rispetto a 1W di quello TETRA (6dB meno!).

Il bilancio del up-link RF totale (a parità di banda RF) di un sistema DMR è maggiore di circa 5dB per quanto riguarda la sensibilità del ricevitore e di circa 6/7dB maggiore per quanto riguarda la potenza RF rispetto ad un sistema TETRA. Questi 10-12 dB di differenza e la non disponibilità di sistemi TETRA in banda VHF, comporta che l'area di copertura del TETRA è più che dimezzata rispetto a quella del DMR. In termini di area di copertura (proporzionale al quadrato del raggio) ciò comporta che il TETRA richiede il quadruplo dei siti rispetto ad un sistema analogico esistente.

Al contrario, il DMR esiste in tutte le bande radio convenzionali, adotta una modulazione ad inviluppo costante e consente l'utilizzo di amplificatori di potenza non lineari. Ciò comporta che il livello di potenza RF è pari a quello dei terminali analogici. La sensibilità di un ricevitore DMR è paragonabile a quella di un ricevitore analogico, ciò significa che i sistemi digitali possono essere implementati con aree di copertura non molto più piccole o addirittura uguali ai già esistenti sistemi analogici.

Si nota anche che lo sfavorevole bilancio del TETRA peggiora ulteriormente se si opera in modalità diretta (circa 3Km rispetto al TETRA UHF, e più di 9Km rispetto al DMR VHF).

I problemi del TETRA nell'uso di canali adiacenti nella stessa area riducono l'efficienza spettrale nei contesti ad alta densità di traffico (e quindi dove l'uso di frequenze è particolarmente critico).

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 5.4.6.2 Confronti DMR/TETRA per la copertura in tunnel

Il modo più robusto per assicurare la copertura in un tunnel è utilizzare una base station connessa direttamente al sistema esterno. Questa soluzione consente una maggiore resistenza ai guasti e può gestire comunicazioni interne quando la rete esterna non è accessibile o non è operativa. Non è comunque inusuale ottenere copertura nei tunnel anche senza la possibilità di una connessione diretta ad una rete esterna. In questi casi è possibile utilizzare un espansore di cella. Il segnale proveniente dall'esterno è ricevuto da una antenna, è amplificato in modo da ottenere una potenza minima richiesta ed è inviato in un cavo fessurato.

Nelle reti metropolitane sono utilizzate le fibre ottiche per trasportare il segnale RF attraverso lunghi tunnel. In questi casi è fondamentale controllare il ritardo introdotto dagli amplificatori. Il ritardo introduce infatti interferenza inter-simbolica sui terminali mobili che può essere distruttiva. Il ritardo introdotto deve essere inferiore a un ottavo del tempo di simbolo. Le applicazioni TETRA sono molto più critiche rispetto al DMR da questo punto di vista in quanto utilizzano rate di simbolo più elevati. Il ritardo massimo tollerabile da un sistema TETRA è 7-19 microsecondi contro un ritardo massimo di 30-40 microsecondi per il DMR.

#### 5.4.6.3 Confronto DMR/TETRA sui Terminali

I terminali TETRA richiedono una linearità spinta dei trasmettitori per cui dovrebbero essere più costosi degli analogici e dei DMR. In realtà il costo dei terminali TETRA è ormai allineato con quello dei terminali analogici o DMR di qualità. Ciò è dovuto al fatto che negli anni (il TETRA è presente sul mercato da molti più anni del DMR) la diffusione del prodotto, in un contesto di più fornitori in concorrenza, ha generato significative economie di scala. I fornitori più importanti hanno introdotto i terminali DMR nella propria catena di vendita ad un prezzo fin da subito allineato con l'analogico per favorire la diffusione dello standard. Probabilmente il costo dei terminali DMR scenderà ulteriormente quando le altre società che attualmente stanno sviluppando lo standard entreranno nel mercato.

#### 5.4.6.4 Confronto DMR/TETRA sulle Stazioni base e sui nodi di commutazione

Una stazione TETRA "stand alone" costa più di 10 volte un ripetitore DMR. Per realizzare una rete DMR di più stazioni interconnesse si può scegliere la soluzione migliore in un ampio ventaglio di configurazioni: singoli ripetitori interconnessi, multi sito multi frequenza, iso-frequenziali sincroni, trunking. TETRA offre solo la soluzione full "trunking". Le sole stazioni base non sono sufficienti a realizzare una rete TETRA, sono necessari anche dispositivi di commutazione (switch node) che gestiscono le comunicazioni in rete. Questi dispositivi hanno costi differenti a seconda del produttore, della tecnologia impiegata e del numero di interfacce. Il costo atteso per i switch node di un sistema può essere paragonabile al costo totale delle stazioni base del sistema stesso. Il DMR non richiede alcun dispositivo di switch dedicato per realizzare una rete. L'intelligenza e la gestione sono demandate alle singole stazioni che vengono coordinate da una o più stazioni master senza costi aggiuntivi. La banda di collegamento richiesta tra le stazioni è minima.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Il sistema TETRA è stato abbondantemente spinto negli ultimi anni, per giustificarne la diffusione nel mercato. Essendo, fino a poco tempo fa, l'unico standard digitale effettivamente disponibile, ha potuto sfruttare la spinta innovativa verso il digitale senza troppo badare agli "effetti collaterali" del suo utilizzo (costi, consumi, riuso delle frequenze, complessità intrinseca, ...). Il nuovo standard digitale DMR, pur essendo ancora in fase evolutiva, ha dimostrato le stesse potenzialità funzionali per l'utente (audio digitale cifrato, messaggi di testo, posizionamenti automatici con GPS, ecc.) ad una frazione del costo del TETRA. I terminali mobili DMR, nonostante i pochi produttori attuali, hanno costi allineati al TETRA e all'analogico di qualità. L'infrastruttura DMR ha invece un rapporto costo/prestazioni stupefacente rispetto al TETRA. Infatti, l'area di copertura di una base station TETRA (in sé più costosa di un DMR) varia tra metà e un terzo dell'area di copertura fornita da un sistema radio analogico o DMR. Il TETRA ha quindi bisogno di molti più siti a parità di area di copertura. Di conseguenza un sistema TETRA di medie dimensioni può costare da 3 a 5 volte e più un sistema DMR e implica dei costi di manutenzione (canoni, utenze, affitti) annua altrettanto onerosi. Va considerato inoltre che la complessità del sistema TETRA pone l'utente che lo implementa in una condizione di forte dipendenza dal costruttore o installatore e lo costringe ad una sostituzione brusca del sistema radio in uso: i decantati vantaggi sono realmente tali da giustificare i sacrifici richiesti? In ultima analisi il TETRA si può rivelare vantaggioso rispetto al DMR per reti ad elevata capacità e bassa area da coprire, per esempio in città o grandi agglomerati industriali.

Per concludere la tecnologia digitale **DMR** supporta i servizi vocali di tipo professionale, come chiamate private, di gruppo, in radiodiffusione, di emergenza, immissione tardiva, servizi di dati, tra cui messaggistica, trasmissione, localizzazione e crittografia, basati su GPS. Il **DMR** consente di **eliminare il rumore** e di preservare la **qualità vocale** in un range più esteso rispetto alla tecnologia analogica, in particolare gli estremi dell'intervallo di trasmissione. Rispetto ad altre tecnologie disponibili sul mercato, il DMR è inoltre **una soluzione molto vantaggiosa** poiché rappresenta un eccellente compromesso sia in termini di capacità di comunicazione sia di investimenti infrastrutturali.

## 5.4.7 Rete radio descrizione del Sistema e Requisiti della proposta tecnica

### 5.4.7.1 Introduzione

Gli operatori del PCC devono potersi mettere in contatto con un operatore itinerante o che lavora lungo la via. Per rispondere a queste esigenze, è necessaria e obbligatoria l'integrazione dei mezzi di comunicazione tradizionali con una rete radio.

### 5.4.7.2 Descrizione preliminare

L'impianto radio deve permettere di stabilire comunicazioni radio con ricetrasmittitori portatili, attraverso stazioni radio-base installate in stazione e collegate tramite una rete a fibra ottica con il PCC. La rete radio viene utilizzata per l'esercizio tramite ricetrasmittitori collocati sui banconi degli operatori. Prevedere numerose radio portatili per il personale itinerante.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 5.4.7.3 Struttura della rete

Le stazioni radio-base e le antenne radio ad esse connesse sono collocate in modo da coprire:

- le stazioni (locali tecnici e pubblici);
- la linea (Galleria, cavedi e pozzi);
- il deposito-officina.

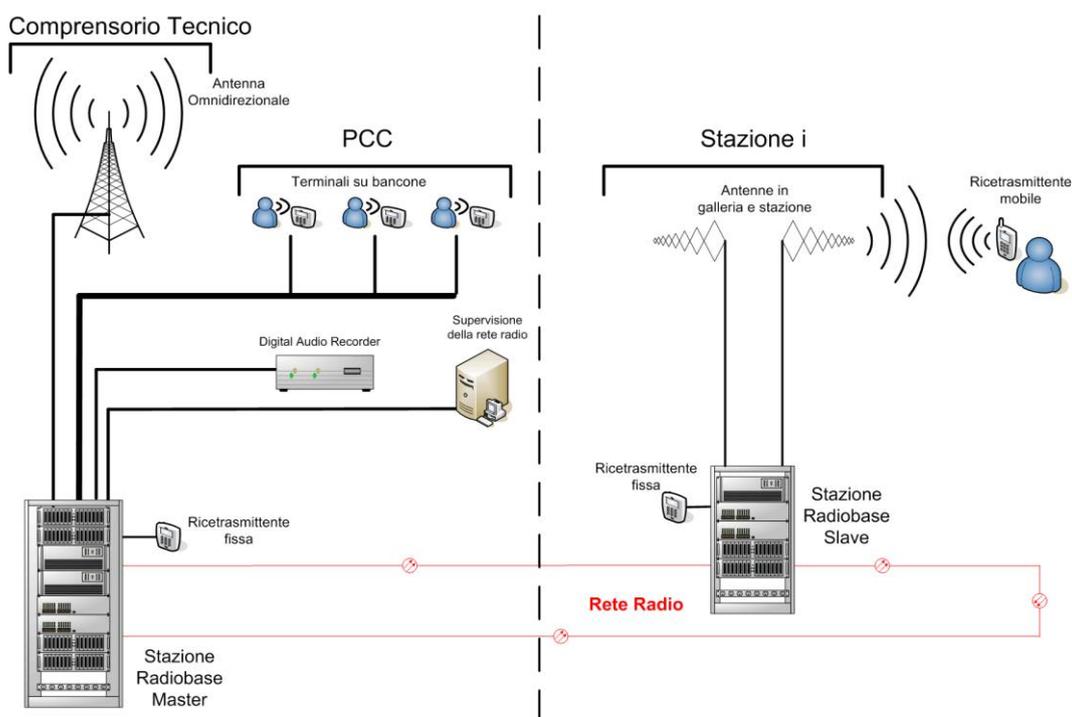
Si richiede un tasso di copertura migliore del 95%.

**Parti in sotterraneo:** Ogni stazione è equipaggiata con una stazione radio-base e da una serie di antenne collocate nell'atrio, nel corridoio dei locali tecnici, nel sotto-banchina, nei timpani di stazione (dirette verso le gallerie), lungo la linea in prossimità di curve o dislivelli.

**Parti all'aperto (ove applicabile):** Questa zona è coperta da un unico ricetrasmittente fisso.

#### 5.4.7.4 Funzionamento del sistema

I ricetrasmittitori del PCC sono collegati con tutte le stazioni radio-base per dialogare con i portatili.



**Figura 13. Schema Master Slave DMR Analógico/Digitale**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 5.4.7.5 Collegamento Centrale → Portatili

- I messaggi trasmessi contengono il loro codice di identificazione.
- I messaggi vengono ricevuti da tutti i portatili dello stesso servizio.
- I portatili sono provvisti di una spia luminosa. Quest'ultima segnala ai portatili dell'altro servizio che la rete è occupata.

#### 5.4.7.6 Collegamento portatile → PCC; Portatile → Portatile

Il messaggio inviato è captato da una o più stazioni radio-base e trasmesso ad un comparatore che selezionerà il segnale migliore. Questo segnale verrà poi trasmesso al PCC, nonché ai portatili dello stesso servizio secondo il principio precedentemente descritto<sup>1</sup>.

#### 5.4.7.7 Antenne per rete radio

Le antenne radio saranno posizionate in modo da garantire la copertura in tutti i locali di stazione e del comprensorio tecnico e su tutta la linea in condizioni di normale funzionamento del sistema. Le tecnologie da adottare saranno quelle più recenti al momento della installazione. In galleria la scelta è tra antenna a cavo fessurato o antenne concentrate a larga banda del tipo Yagi o LOG-Periodica. Si potranno inserire sistemi più complessi formati da gruppi di più antenne accoppiate per ottimizzare la ricetrasmisione e ridurre le interferenze ed il rumore. Nelle stazioni e negli atri si utilizzeranno antenne a pannello del tipo stampate e nei sotto banchina e pozzi soluzioni ottimizzate. Le antenne a bordo treno o a cassa saranno le più idonee alla captazione dei segnali che avranno frequenze e modulazioni molto diverse. La tecnologia delle antenne è in continuo progresso con riduzione delle dimensioni e introduzione di nuovi materiali.

### 5.4.8 Wireless LAN trasmissioni a larga banda tra veicolo e sistemi di terra

#### 5.4.8.1 Servizi generali offerti

Oltre alle comunicazioni di servizio sono da prevedere e considerare altre applicazioni che richiedono la trasmissione di dati a larga banda da veicolo a centro di controllo o stazioni, come ad esempio:

- videosorveglianza a bordo dei veicoli: Segnali audio/video/dati;
- intrattenimento multimediale a bordo su monitor o su display: segnali broad-casting;
- annunci ed informazioni al pubblico esempio monitor dedicati, monitor su pareti Banchina, video-Wall, accessi, atrio e mezzanino;
- interazione audio-video tra passeggeri e operatori al posto centrale.

<sup>1</sup> Un portatile può trasmettere solo se la rete è libera. La centrale può interrompere un collegamento, salvo provenga anch'esso dal banco di comando.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

È necessaria una rete Wireless Lan opportuna per la gestione dei segnali sopra indicati.

La rete sarà realizzata attraverso una opportuna architettura cellulare, dove ogni cella farà capo ad un Access Point (AP). Per la copertura dell'intera linea saranno necessari più AP connessi tra loro mediante la dorsale di trasmissione multimediale in fibre ottiche.

Il sistema sarà quindi costituito da:

- un sistema di bordo comprensivo di telecamere e parte audio/video;
- una connessione wireless Wi-Fi per la trasmissione a terra delle immagini di bordo;
- una rete di terra per il trasporto e restituzione delle immagini da tali punti di raccolta alla stazione più vicina;
- l'interfaccia con la rete Giga Ethernet per il trasporto delle immagini, e di qualsiasi altro dato in formato IP, dalle stazioni alla postazione centrale;
- un controllore centralizzato dell'intera rete WLAN.

#### 5.4.8.2 Sistemi informativi di bordo

In testa e in coda di ogni treno, all'esterno delle carrozze, sono previsti display in grado di visualizzare testi alfanumerici necessari per comunicare ai passeggeri la destinazione del treno, o lo stato di "fuori servizio".

Inoltre all'interno di ogni carrozza sono previsti monitor per fornire informazioni ai passeggeri, quali:

- prossima stazione;
- destinazione del treno (indispensabile quando la linea sarà diramata);
- altri messaggi relativi alla circolazione normale e d'emergenza.

I monitor dovranno essere impiegati per la presentazione ai passeggeri di video di intrattenimento o messaggi pubblicitari.

#### 5.4.8.3 Sorveglianza video di bordo

A bordo dei rotabili prevedere e implementare un sistema per la videosorveglianza dei passeggeri costituito da:

- un sottosistema di ripresa, composto da un numero adeguato di telecamere montate a bordo dei veicoli;
- un sottosistema a bordo per la gestione delle immagini e la trasmissione delle stesse a terra.

Gli operatori del PCC potranno visualizzare da terra quanto accade nelle carrozze.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

#### 5.4.8.4 Diffusione sonora intrattenimento

Per mezzo della WLAN sarà possibile trasmettere, per mezzo degli altoparlanti di bordo, musica di intrattenimento o messaggi pubblicitari, eventualmente coordinati con le trasmissioni video.

## 5.5 Impianti di comunicazione del deposito

### 5.5.1 Impianto TVcc

Si deve prevedere un impianto di videosorveglianza per monitorare e visualizzare dal DL del deposito zone particolari quali fascio binario di smistamento e le rampe di accesso al deposito, e dalla portineria il perimetro e le aree di accesso al deposito/officina.

### 5.5.2 Impianto di diffusione sonora

Si deve altresì prevedere un impianto di diffusione sonora per assicurare l'emissione di annunci e comunicazioni di servizio al personale operante all'interno del deposito da parte del DL e del personale di portineria.

### 5.5.3 Impianto ora esatta

Al pari dell'impianto ora esatta di linea e di stazione, quello di deposito avrà essenzialmente la doppia funzione di fornire al personale del deposito l'indicazione dell'ora, per mezzo di orologi distribuiti e quella di fornire, agli impianti e agli elaboratori dell'Interlocking che necessitano dell'ora esatta, il segnale di sincronismo orario.

### 5.5.4 Rete telefonica

La Rete Telefonica del deposito dovrà collegare tra loro tutte le varie utenze dislocate nei fabbricati, nelle Sale Operative, nelle centrali, ed inoltre dovrà essere interconnessa con la rete aziendale dell'Esercente e con la rete pubblica nazionale. Prevedere una rete completamente passiva a partire dal centro stella fino a valle (tutte le vie cavi per la interconnessione del centro stella con la rete metro e telecom).

### 5.5.5 Sistema Radio Terra-Treno

Il sistema Radio Terra-Treno di deposito dovrà essere realizzato adottando la stessa tecnologia digitale cellulare a standard ETSI denominata "TETRA" adottata per la linea e le stazioni.

Il sistema dovrà coprire le aree esterne del deposito e gli interni dei fabbricati e dovrà permettere comunicazioni di servizio bidirezionali fra:

- DL e manovratori dei treni in deposito;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- DL e manutentori, vigili del fuoco e agenti di pubblica sicurezza che dovessero intervenire nel deposito;
- manutentori, vigili del fuoco e agenti di pubblica sicurezza fra loro in qualsiasi punto del deposito.

Il sistema dovrà inoltre permettere la registrazione automatica di tutte le conversazioni.

Il sistema utilizzerà nel deposito, come supporto fisico, in analogia a quanto previsto per le tratte di linea in galleria e nelle stazioni, cavo radiante fessurato ed antenne.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 6. IMPIANTI NON DI SISTEMA

### 6.1 Controllo Automatico degli Impianti

Il controllo automatico è riferito al comando e controllo degli Impianti Tecnologici Civili. Dalle postazioni operatore inserite nel locale Posto di Controllo e Comando (PCC/OCC/PCO), dovrà essere realizzato il monitoraggio e la supervisione degli impianti, fornendo tutte le informazioni di stato relative agli enti monitorati e consentendo di impartire i comandi necessari alla conduzione degli impianti visualizzati con l'ausilio di interfacce videografiche. Al PCO saranno raccolte tutte le informazioni di campo, nelle postazioni operatore locali, le informazioni relative al sottosistema controllato.

Lo SCADA dovrà essere basato su un'architettura ridondata e fornire una elevata disponibilità per assicurare le operazioni giornaliere del sistema, pertanto lo SCADA dovrà assicurare:

- Istantanea visione di tutti gli eventi e allarmi all'interno del sistema, resi disponibili alla postazione di PCC abilitata a ricevere tali dati secondo le funzioni di responsabilità;
- visione in tempo reale della situazione globale del funzionamento dei diversi sistemi grazie a un quadro chiaro degli eventi correlati al sistema SCADA.
- Rapida esecuzione delle operazioni da parte dell'operatore.

Inoltre, il sistema dotato di ampie capacità di calcolo dovrà permettere di controllare tutte le operazioni sia in condizioni normali, degradate o situazioni di emergenza.

I criteri principali seguiti in fase definizione della configurazione, oltre all'uso di HW di tipo commerciale, sono:

- Elevata affidabilità, in linea con le esigenze applicative del processo;
- Risorse di calcolo dimensionate per includere con buona riserva i prevedibili;
- potenziamenti e aggiunta di nuove funzionalità;
- Ridotti tempi di realizzazione;
- Ridotti tempi di attivazione e possibilità di procedere per fasi;
- Architetture SW e HW ampiamente testate sugli impianti in esercizio, che, quindi, minimizzano i fattori di rischio, soprattutto nel primo esercizio e nelle attivazioni per fasi.

Il sistema di telecontrollo ha la seguente configurazione:

- Sistema centrale di comando e telecontrollo (SCADA) costituito da due o più Server in ridondanza e postazioni Client di interfaccia operatore costituita da video a colori con tastiera e mouse e stampanti, che potranno essere personalizzate per aree di impianto e competenze;
- Unità remote di Input/Output basate su PLC per l'acquisizione locale dei dati e per l'attuazione dei telecomandi, collegate al sistema centrale mediante rete in fibra ottica in configurazione ad anello.



## 6.2 Architettura di rete

Dovranno essere realizzate due reti ad anello distinte.

Le canaline per il passaggio delle fibre dovranno essere realizzate in modo da mantenere separati i due rami dell'anello, così da prevenire interruzioni totali in caso di danneggiamento fortuito di un ramo.

Passaggio cavi di rete in unica canalina o canaline ravvicinate.

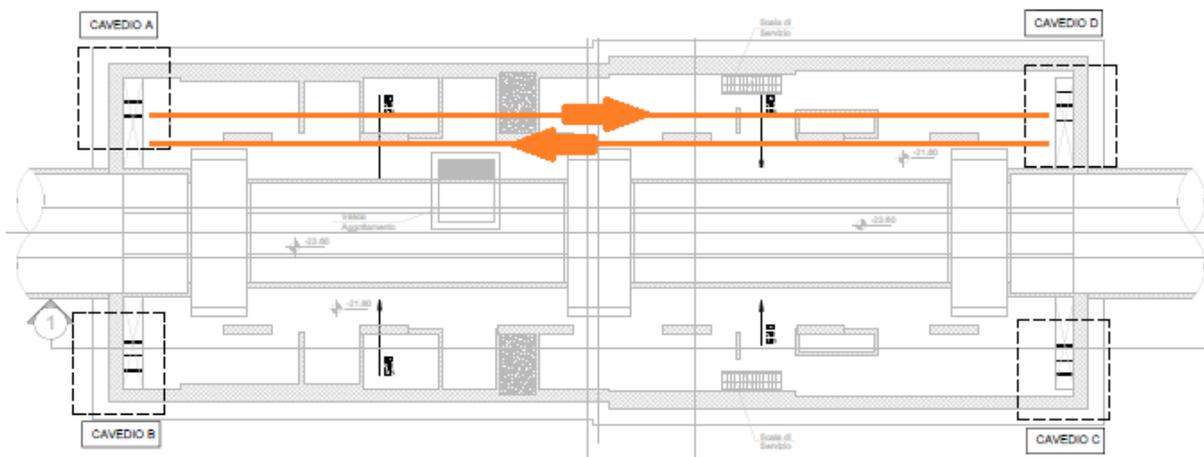


Figura 14. Passaggio cavi in unica canalina

Passaggio cavi di rete in canaline separate e posizionate sui lati opposti della stazione e/o tunnel

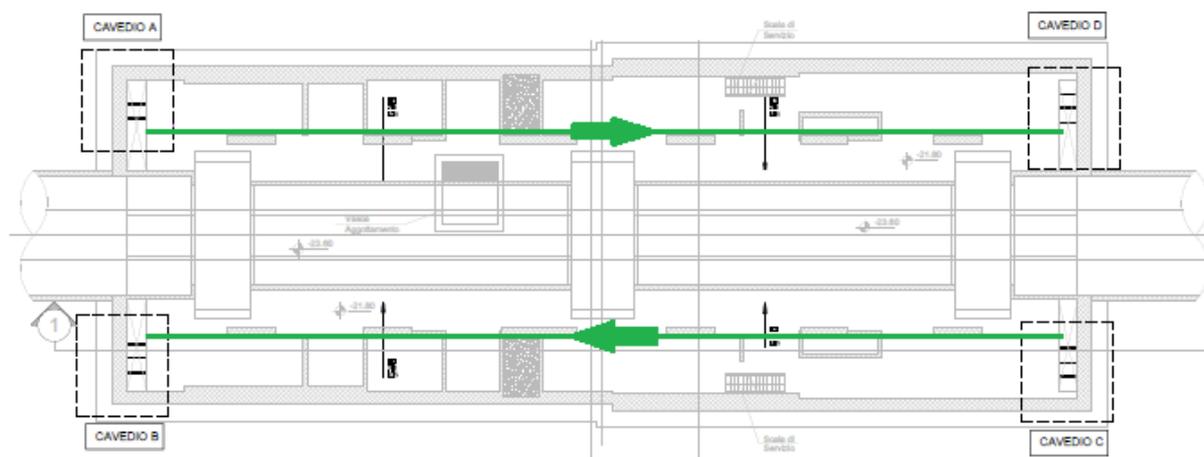


Figura 15. Passaggio cavi in canaline separate



### 6.3 Schema di principio generale delle reti

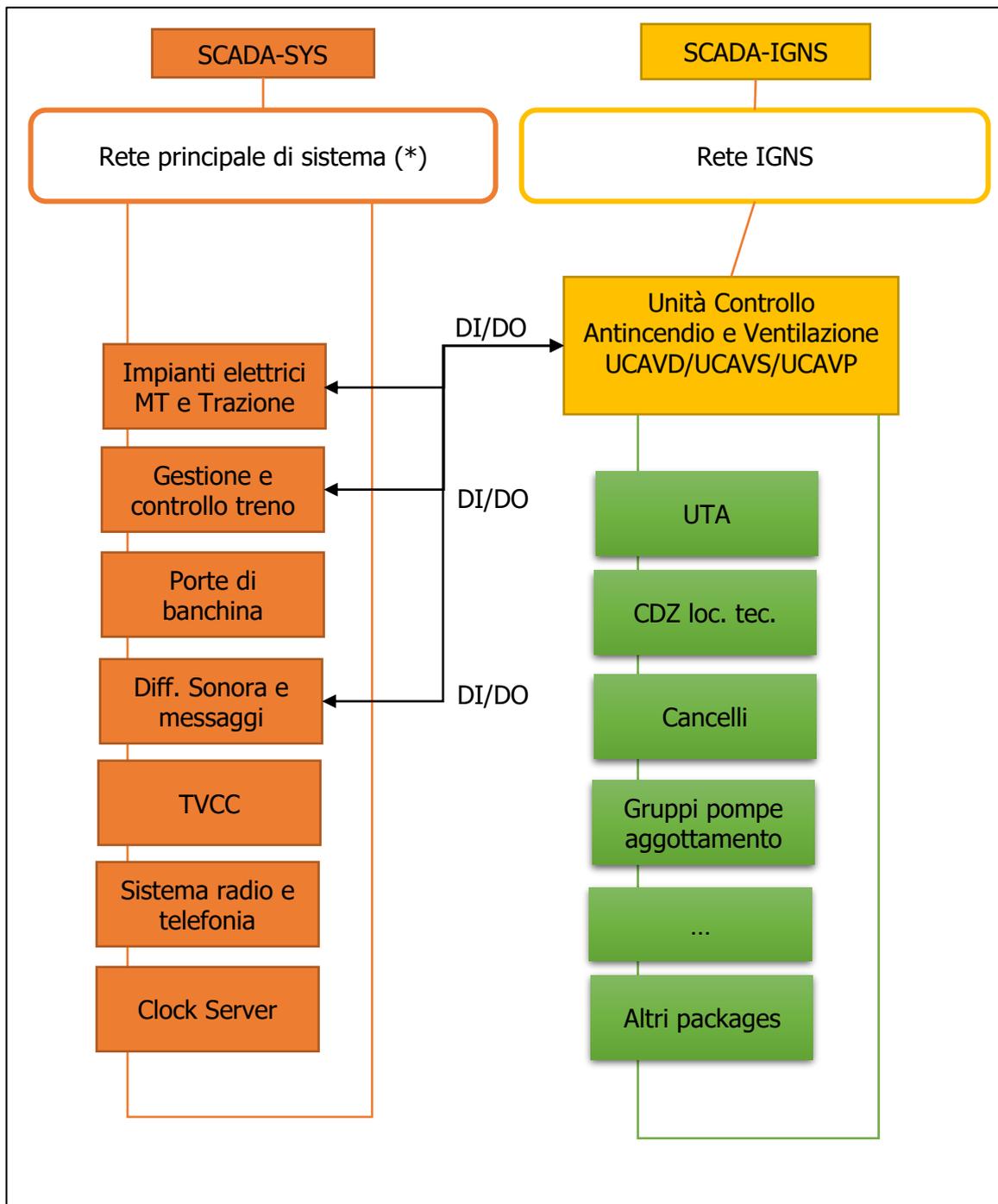


Figura 16. Schema generale delle reti

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

(\*) "rete "Multiservizio": Schema di esempio trattato nei capitoli precedenti inserito al solo scopo di indicare i collegamenti cablati tra i due sistemi.

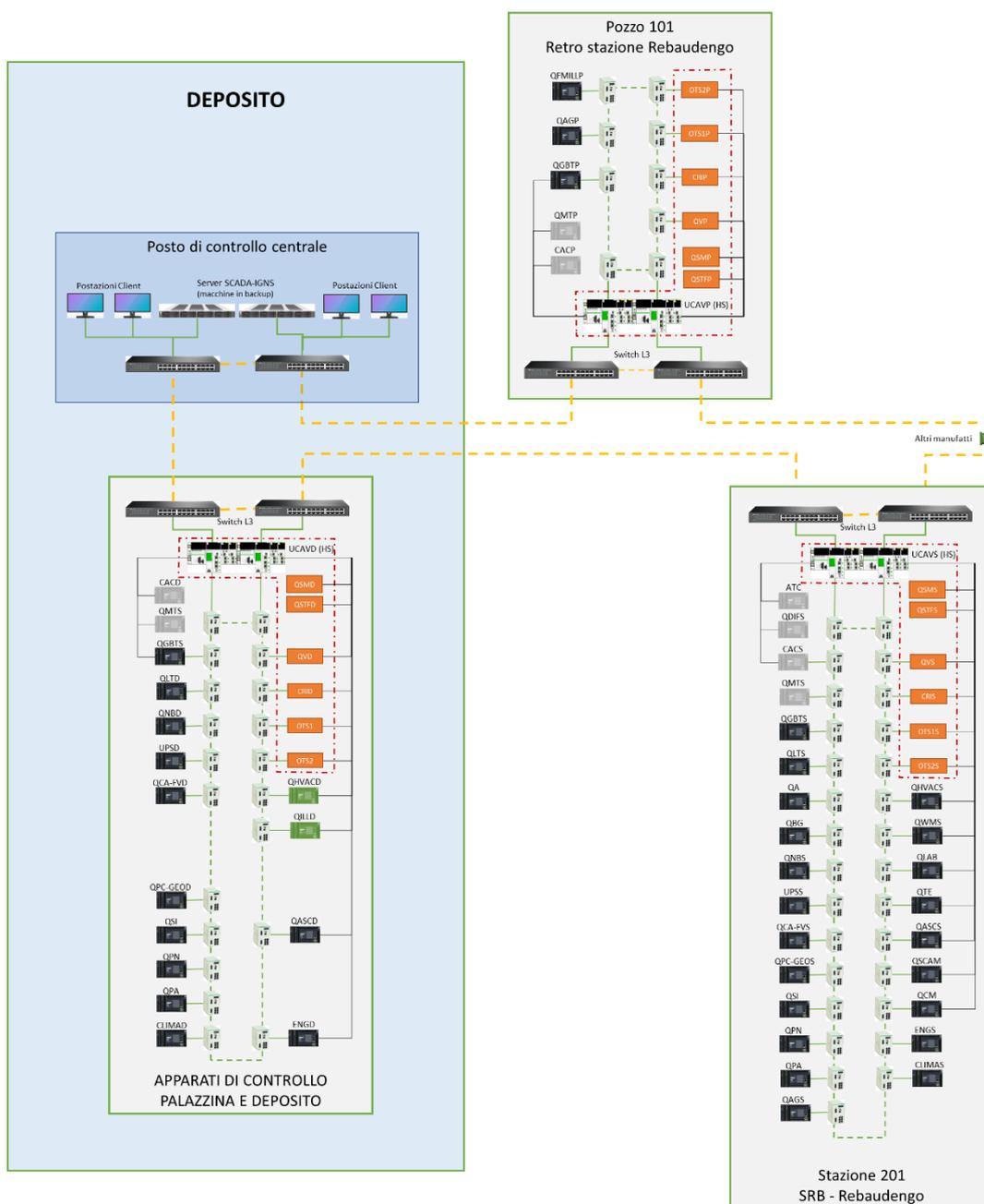
I punti di contatto tra i due sistemi riguardano esclusivamente la gestione delle emergenze incendio, che vengono risolti tramite segnali cablati tra i due sistemi.

La scelta dei contatti cablati è dovuta principalmente a due fattori:

1. **Affidabilità:** un contatto cablati è esente da disturbi che possono interrompere la comunicazione o alterare l'interpretazione del messaggio. Nel caso il contatto si dovesse interrompere, il sistema che ne rileva l'apertura si pone in condizioni di sicurezza.
2. **Compatibilità:** con i contatti cablati ci si svincola da qualsiasi tipo di protocollo di trasmissione dati.

## 6.4 Schema della rete IGNS

L'immagine che segue riporta uno stralcio dello schema di rete IGNS rappresentato più dettagliatamente nel documento di progetto con codice MTL2T1A0DISCS00K001.



**Figura 17. Schema rete IGNS**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

### Legenda:

#### Conessioni:

-  Anello di rete esterna in F.O.
-  Anelli di rete interna in F.O.
-  Connessioni alla rete interna in rame.
-  Segnali digitali cablati.

#### Simboli:

-  Quadri sotto il controllo diretto dell'UCAVx
-  Packages con controllori autonomi di tipo Industrial (PLC) facenti parte delle opere civili.
-  Packages con controllori autonomi di tipo Building.
-  Packages con controllori autonomi facenti parte degli apparati di sistema.
-  Switch Layer3 per la connessione e gestione dell'anello di rete esterno.
-  Switch Layer 2 per la connessione e gestione degli anelli interni.

#### Legenda sigle apparati non di sistema:

- UCAVD:** Unità controllo Antincendio e Ventilazione di Deposito
- UCAVS:** Unità controllo Antincendio e Ventilazione di Stazione
- UCAVP:** Unità controllo Antincendio e Ventilazione di Pozzo
- CRI:** CRI - Centralina rilevamento incendio
- OTS:** Apparato fibrolaser
- CAC:** Centralina controllo accessi
- QV:** Quadro ventilatori controllo fumi
- QLA:** Quadro lame d'aria
- QSR:** Quadro serrande di regolazione
- QST:** Quadro serrande tagliafuoco

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

<b>QA:</b>	Quadro Atrio (solo stazioni)
<b>QBG:</b>	Quadro banchina e galleria (solo stazioni)
<b>QNB:</b>	Quadro No-break
<b>QCOM:</b>	Quadro commutazione CPS
<b>CPS:</b>	Gruppi di continuità di sicurezza
<b>QLS:</b>	Quadro luci di sicurezza
<b>QIP:</b>	Quadro insegne pubblicitarie
<b>QLTE:</b>	Quadro locali tecnici non di sistema
<b>QLTS:</b>	Quadro locali tecnici di sistema
<b>QCM:</b>	Quadro cancelli motorizzati
<b>QAS-T1:</b>	Quadro ascensori tipo 1 – singola alimentazione
<b>QAS-T2:</b>	Quadro ascensori tipo 2 – di emergenza a doppia alimentazione
<b>QAM:</b>	Quadro scale mobili
<b>QTE:</b>	Quadro Tornelli ed emettitrici
<b>QSSI:</b>	Quadro sistema spegnimento incendi
<b>QSCAI:</b>	Quadro sottocentrale antincendio
<b>QWM:</b>	Quadro sistema Water Mist
<b>QAG:</b>	Quadro pompe aggettamento
<b>QPN:</b>	Quadro pompe rilancio acque nere
<b>QPDC:</b>	Quadro pompe di calore e geotermico
<b>QHVAC:</b>	Quadro UTA
<b>QRIO-nn-xxx-NB:</b>	Quadro rack I/O remoti "RIO" (in questo caso sarà seguito dal numero del rack, dal nome del PLC di riferimento e dalla sigla NB, indicante che prende alimentazione dal quadro No-Break)

Il nome dei quadri può essere seguito da un suffisso indicante, a seconda del caso:

- Il numero progressivo
- La zona (es. A=Atrio, B1=Banchina via 1, B2=Banchina via 2)

Oppure, nel caso di cancelli, ascensori e scale mobili, indicare l'utenza specifica

QCM-AO = Quadro cancello motorizzato Accesso Ovest

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

QAS-AB-1-S = Quadro ascensore Atrio-Banchina via 1 sinistra

QAS-EB-1-D = Quadro ascensore di emergenza Atrio-Banchina via 1 destra

### 6.4.1 Descrizione della rete IGNS

Un anello in F.O. dovrà unire il posto di controllo centrale con tutte le UCAVx della tratta, stazioni, pozzi e futuri altri depositi.

L'anello dovrà essere realizzato utilizzando switch Layer 3 che consentano il routing e supportino il protocollo RSTP atti a gestire l'interruzione dell'anello.

In ogni sito, l'unico controllore che avrà accesso alla rete esterna sarà l'UCAVx.

All'interno di ogni manufatto verrà realizzato un secondo anello di rete, che non avrà accesso all'esterno, anch'esso realizzato con switch che supportino il protocollo RSTP, in questo caso saranno sufficienti switch Layer 2.

A questo anello di rete interno saranno connessi tutti i controllori che gestiscono i vari packages e che dovranno scambiare dati con la supervisione.

#### 6.4.1.1 Opzione 1: anello esterno e anello interno

Questa opzione prevede:

- Anello esterno:
  - Un singolo anello di rete principale per la connessione di tutti i siti
  - Due router L3 in ogni sito con almeno 2 porte Gigabit in FO e protocolli atti alla gestione dell'anello
- Anello interno:
  - Due switch L2 nel quadro UCAVx per partenza/arrivo anello interno con porte in FO e protocolli atti alla gestione dell'anello
  - Uno switch L2 per raccogliere i PLC o isole I/O dei singoli packages.

#### 6.4.1.2 Opzione 2: doppio anello esterno e anello interno

Questa opzione prevede:

- Anello esterno:
  - Due anelli di rete, uno principale ed uno di backup per la connessione di tutti i siti
  - Due router L3 in ogni sito con almeno 4 porte Gigabit in FO e protocolli atti alla gestione dei due anelli
- Anello interno:
  - Due switch L2 nel quadro UCAVx per partenza/arrivo anello interno con porte in FO e protocolli atti alla gestione dell'anello
  - Uno switch L2 per raccogliere i PLC o isole I/O dei singoli packages.



### 6.4.2 Fibra Multimodale e Monomodale

Il cavo multimodale prevede nuclei di due dimensioni e cinque varianti: OM1 62,5 micron, OM2 50 micron, OM3 50 micron, OM4 50 micron e OM5 50 micron (OM "optical mode"). Hanno tutti un rivestimento con lo stesso diametro di 125 micron, sebbene il cavo in fibra da 50 micron abbia un nucleo più piccolo.

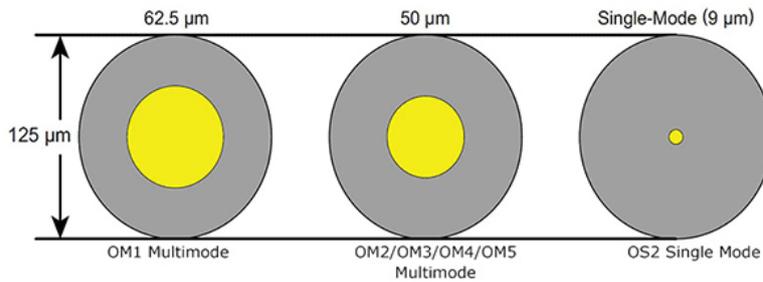


Figura 18. Fibra Ottica monomodale/multimodale dimensioni

Il cavo monomodale ha un nucleo di vetro molto più piccolo del multimodale, un solo percorso luminoso o modalità di propagazione. Con una sola lunghezza d'onda di luce passante nel nucleo, la fibra monomodale riallinea la luce verso il centro del nucleo, invece di farla semplicemente rimbalzare dal bordo del nucleo come nella multimodale.

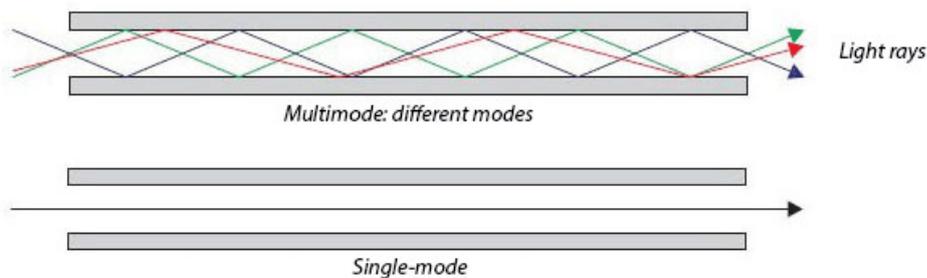


Figura 19. Fibra Ottica monomodale/multimodale modalità

La fibra multimodale ha una distanza massima molto più corta rispetto alla fibra monomodale, che la rende una valida opzione per applicazioni in locali chiusi.

La fibra monomodale può raggiungere o superare i 40 km, senza compromettere il segnale, quindi ideale per applicazioni a lungo raggio; inoltre la fibra monomodale ha una larghezza di banda nettamente maggiore della fibra multimodale, il che consente fino al doppio del volume di trasmissione del cavo in fibra multimodale.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Lunghezze e velocità dei cavi monomodali sono raggiungibili in quanto la trasmissione luminosa monomodale annulla il ritardo di modo differenziale (DMD) cioè il principale fattore di limitazione della larghezza di banda della multimodale.

## 6.5 Caratteristiche degli Switch

Si richiede di adottare due tipologie di Switch, la prima per la realizzazione dell'anello di rete esterno che connette lo SCADA-IGNS a tutti i manufatti, Depositi, Stazione e Pozzi, la seconda per la realizzazione dell'anello di rete interno ad ogni singolo manufatto che connette i PLC principali UCAVD, UCAVS e UCAVP ai vari sottosistemi controllati.

### 6.5.1 Switch Layer 3

Uno switch Layer 3 è in grado di instradare pacchetti tra reti di classi differenti (routing).

Sono stati concepiti per migliorare le prestazioni di routing di rete su reti locali (LAN) di grandi dimensioni come le intranet aziendali.

Questi switch sono comunemente usati per supportare il routing tra LAN virtuali (VLAN). I vantaggi degli switch Layer 3 per le VLAN comprendono:

- Riduzione della quantità di traffico di trasmissione
- Gestione della sicurezza semplificata
- Migliore isolamento dei guasti

Gli switch Layer 3 dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Doppio alimentatore ridondato in hot-swap
- Quattro porte Gigabit in FO monomodale per la gestione del doppio anello
- Gestione del protocollo RSTP

### 6.5.2 Switch Layer 2

Gli switch di Layer 2 non consentono il routing, ovvero l'instradamento dei dati attraverso reti di classi differenti.

Verranno utilizzati per realizzare gli anelli di rete interni ad ogni manufatto.

Gli switch Layer 2 dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Doppia alimentazione
- Due porte in FO multimodale
- Minimo 8 porte RJ45 per la connessione degli apparati locali
- Gestione protocollo RSTP

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

### 6.5.3 Switch Unmanaged

Gli Switch Unmanaged non consentono la gestione degli anelli di rete; pertanto, saranno utilizzati esclusivamente come estensioni degli switch L2 per aumentare la disponibilità delle porte TX, laddove la quantità dei nodi di rete da connettere fosse maggiore delle 8 porte messe a disposizione degli Switch L2 (max. 7 nodi, considerando sempre una porta a disposizione per la connessione locale di un PC di manutenzione).

### 6.6 Scambio dati tra controllori

Lo scambio dati tra i vari sistemi di controllo degli impianti avverrà preferibilmente via rete Ethernet con protocolli standard; tuttavia i segnali che rivestono particolare importanza ai fini della gestione delle procedure di emergenza dovranno essere scambiati tramite segnali digitali cablati.

### 6.7 Sistema di controllo e gestione degli apparati non di sistema

Il sistema di controllo e supervisione degli impianti delle singole stazioni e pozzi di intertratta, dovrà essere costituito da tre livelli gerarchici distinti.

1. **SCADA-IGNS: SCADA Impianti Generali Non di Sistema.**  
Acquisirà dati e gestirà tutti gli impianti non di sistema presenti nei vari siti, Depositi, Stazioni e Pozzi.
2. **UCAVx: Unità Controllo Antincendio e Ventilazione.**  
Sarà costituito da un PLC in Hot-Standby che assumerà i nomi di:
  - UCAVD – Unità Controllo Antincendio e Ventilazione di Deposito
  - UCAVS – Unità Controllo Antincendio e Ventilazione di Stazione
  - UCAVP – Unità Controllo Antincendio e Ventilazione di Pozzo

Fungeranno da concentratore dati verso lo SCADA raccogliendo le informazioni da tutti gli impianti presenti nel sito interessato, mettendoli a disposizione dello SCADA-IGNS; inoltre riceveranno i telecomandi da SCADA-IGNS e li reindirizzeranno ai singoli impianti (packages);

Gestiranno le logiche di gestione antincendio e ventilazione del sito.

3. **Unità di controllo dei singoli packages.**  
Gestiranno le logiche di controllo dei singoli impianti;  
Metteranno a disposizione i dati per gli UCAVx di competenza, che a sua volta li invieranno a SCADA.  
Riceveranno i comandi da SCADA, attraverso l'UCAVx.  
Interagiranno con altri packages, ove necessario, scambiandosi i dati via rete tramite il UCAVx, o direttamente tramite I/O digitali in caso di comandi di emergenza.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 7. SISTEMA SCADA-IGNS

### 7.1 Tipologia di software e caratteristiche del fornitore

La piattaforma di sviluppo della soluzione di telecontrollo dovrà essere un prodotto software di mercato (non una soluzione custom), edita da un fornitore di software che soddisfi i seguenti requisiti:

- ampia diffusione a livello mondiale
- rete di System Integrator presente anche in Italia
- R&D (roadmap di prodotto per i prossimi due anni)
- garanzia di aggiornamento delle versioni
- diversi livelli di assistenza e supporto tecnico, anche in lingua italiana

### 7.2 Scalabilità del sistema

Il software deve presentare caratteristiche proprie di scalabilità, così che sia possibile iniziare con un sistema minimo e poi espandere il sistema semplicemente aggiornando la licenza.

Una stazione Client deve poter essere aggiunta al sistema semplicemente installando le licenze richieste e configurando la stazione; nessun intervento bloccante dovrà essere apportato al sistema già funzionante o alla configurazione del progetto per supportare gli aggiornamenti.

Il sistema dovrà essere in grado di garantire l'estensione della tratta con l'aggiunta di nuovi siti, integrando nuove variabili, pagine grafiche, storici, trend e report, senza per questo dover intervenire sulle parti già in esercizio.

### 7.3 Logica Client-Server nativa

Il sistema di Telecontrollo deve supportare una architettura e una logica operativa Client-Server, che permetta di distribuire su più server l'intera applicazione.

I Client dovranno vedere un'unica struttura di variabili, a prescindere dalla distribuzione dell'applicazione su qualsivoglia numero di Server. Deve essere possibile il trasferimento mirato di parti dell'applicazione da un server ad un altro (es. a scopo manutentivo o di load balance) senza dover riconfigurare nulla lato-Client.

Il meccanismo con cui i Server si allineano deve essere nativo del prodotto e non richiedere sviluppo applicativo dedicato.

Al fine di mantenere l'integrità del progetto e ridurre al minimo i rischi di errore dovuti a operazioni manuali, la distribuzione dell'applicazione dal repository unico di progetto verso i server e client

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

deve essere nativo di prodotto e non deve richiedere allineamenti manuali (es. copie di file o cartelle).

Il sistema comprenderà una serie di macchine Server ridondate (fisiche o virtuali), sulle quale verrà installato un software SCADA con varie funzionalità: driver di comunicazione, server di storicizzazione allarmi e dati, server report, e postazioni Client che costituiranno l'interfaccia grafica con la quale il personale addetto interagirà con il sistema.

In caso di ambienti virtualizzati, è richiesto l'utilizzo di un'infrastruttura hardware (server, storage, networking etc.) dedicata al sistema SCADA e non condivisa con altri sistemi.

Oltre alle postazioni Client fisse in sala controllo o negli uffici preposti, dovranno essere disponibili postazioni mobili, PC portatili e/o tablet, per gli operatori itineranti. Nei vari siti della tratta dovranno essere messi a disposizione punti di accesso alla rete SCADA fisici (prese di rete) o WiFi protetta.

Viene considerato un valore aggiunto la possibilità di avere app mobili che visualizzino dati in modalità contestuale alla posizione e al profilo dell'operatore.

Il software SCADA avrà il compito di acquisire i dati dai PLC di campo, comandare le utenze, scrivere i valori di processo, archiviare e visualizzare lo storico dei dati e fornire i report in modo che operatori, supervisori e personale di manutenzione possa agire velocemente e facilmente sul sistema.

Il sistema operativo installato sulle macchine server e client dovrà essere aggiornato alle ultime versioni commercializzate al momento dell'installazione, così come l'hardware utilizzato dovrà essere adeguato a supportare il software installato garantendo le massime performance.

## 7.4 Architettura software

La piattaforma SCADA potrà essere strutturata su almeno due livelli, Client e Server.

I server gestiranno le seguenti funzionalità:

- ❖ Driver di comunicazione I/O
- ❖ Monitoraggio, allerta, distribuzione, storicizzazione e riconoscimento degli allarmi
- ❖ Archivio, memorizzazione e distribuzione di dati storici sia in formato tabellare che grafico (trend)
- ❖ Processamento, memorizzazione e distribuzione dei report
- ❖ Client di interfaccia grafica

Lo SCADA avrà inoltre la capacità di dialogare ed interfacciarsi con SCADA di livello superiore di terze parti, mediante:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Driver di comunicazione "server" (tipo OPC Server, SNMP...)

Database relazionale (a solo titolo di esempio Microsoft SQL Server, oppure Oracle... etc.).

I Server SCADA potranno essere installati su due o più macchine server, in configurazione ridondata o distribuita (load balancing).

Tutto ciò garantirà alta affidabilità al sistema oltre che maggiori performance. Infine, assicurerà che tutti i dati storici siano immagazzinati in un archivio centralizzato per agevolare la manutenzione software e i backup del progetto e dei dati storici.

Dovrà essere supportato un meccanismo automatico per l'aggiornamento dei progetti presenti sulle stazioni client tenendo traccia della versione del progetto SCADA attualmente in esecuzione su ciascuna stazione.

Le stazioni client SCADA contatteranno i vari server per acquisire o inviare comandi. I client SCADA agiranno come servizi secondari per questi compiti piuttosto che processare gli item indipendentemente. I computer che controllano i vari sottosistemi server devono anche essere in grado di agire come client SCADA.

## 7.5 Modellazione orientata agli oggetti (Templates) e "Modello d'Impianto"

La piattaforma di sviluppo dovrà esprimere un concetto di modellazione degli Asset e della loro supervisione totalmente Orientato agli Oggetti (approccio Object Oriented).

Gli Asset da monitorare dovranno essere modellati da oggetti software con la funzione di Templates (Modelli), che incapsuleranno tutte le caratteristiche salienti quali:

- anagrafica degli attributi di I/O (comandi, stati, misure, set-points ecc.)
- logica (codice, nel linguaggio di scripting della Piattaforma) per implementare funzioni da eseguirsi lato-Server quando in Esercizio
- grafica (uno o più simboli grafici per molteplici rappresentazioni dello stesso Asset in contesti diversi)
- configurazione della storicizzazione (quali attributi di I/O sono storicizzati e con che policy)
- configurazione della security (quali profili-operatore possono accedere quali attributi, ed in che modo)
- configurazione della comunicazione (indipendente dal protocollo di comunicazione di Campo che sarà effettivamente usato in Esercizio)

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

### 7.5.1 Creazione di Templates

A partire da librerie di Templates-base fornite dal produttore del software, si potranno definire nuovi Templates-utente secondo le modalità tipiche dello sviluppo Object-Oriented, ovvero per Derivazione padre-figlio (definire Templates "figli" più specifici – con più attributi e caratteristiche -a partire da Templates "padri" più generici. I "figli" ereditano tutte le caratteristiche dei "padri" aggiungendo maggiori dettagli in più al loro livello), ma anche per Inclusione (si generano nuovi Templates includendo dentro a un Template "contenitore" uno o più altri Templates "contenuti", che non hanno nessuna parentela padre-figlio con il Container).

### 7.5.2 Creazione di Istanze, ovvero Oggetti applicativi

In seguito, a partire da un Template di asset, la piattaforma darà la possibilità di generare Istanze del Template (altrimenti dette Oggetti applicativi) in numero corrispondente agli equipment in campo che sono tecnicamente descritti/rappresentati da quel Template (per esempio, dato un Template "Pompa", se un impianto di aggettamento possiede tre equipment di quella classe/tipo, si procederà a derivare da "Pompa" altri equipment "Pompa\_01", "Pompa\_02", "Pompa\_03" che corrisponderanno a processi da mettere in esercizio sulla parte Server del sistema di Telecontrollo).

### 7.5.3 Istanze e "Modello d'Impianto"

Le Istanze create dai Templates, dovranno poter essere organizzate in una struttura gerarchica del tipo:

- ❖ Sito di Esercizio
  - Impianto
    - Equipment complessi ...
      - ◆ Equipment elementari (parti costituenti)
        - Singoli segnali (I/O)

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 8. REQUISITI SOFTWARE PER L'AMBIENTE DI SVILUPPO

### 8.1 Sistemi operativi supportati

La Piattaforma di telecontrollo dovrà supportare la tecnologia Microsoft per ciò che riguarda l'utilizzo di Sistemi Operativi di Classe "Server" e "Client", come anche le piattaforme DBMS Microsoft "SQL Server", alle loro ultime versioni disponibili.

Devono potere essere supportati ambienti hardware con processori multicore (o ambienti multi-processor in generale), e supporti di archiviazione di massa di dati basati su tecnologie a Stato Solido (SSD).

### 8.2 Ridondanza e virtualizzazione

La parte Back End della Piattaforma di Telecontrollo (lato-Server) deve potere garantire la ridondanza come strumento nativo per rendere sia la comunicazione con le periferiche, sia l'esecuzione di logica lato-Server robuste e tolleranti ai guasti (a meno di tempi tecnici di failover tra elementi ridondati dell'architettura definitiva dell'applicazione).

La Piattaforma di Telecontrollo deve essere altresì compatibile con ambienti di virtualizzazione come Microsoft "Hyper-V" e "VMWARE VSphere", alle loro versioni più recenti.

### 8.3 Ambiente di Sviluppo e sicurezza

L'Ambiente di Sviluppo è costituito da un'unica applicazione integrata in grado di gestire tutti gli aspetti di sviluppo e test dell'applicazione di Telecontrollo.

L'ambiente di sviluppo dovrà supportare il versioning e permettere un agevole rollback e tracciatura delle versioni dei progetti.

Sarà possibile eseguire sviluppi sullo SCADA dalle postazioni che saranno definite "di ingegneria".

### 8.4 Security (integrazione con Microsoft "Active directory")

L'ambiente di sviluppo deve potere permettere di configurare Ruoli e Utenti associati ai Ruoli sia in modo nativo (indipendente) sia integrato con i Servizi di Microsoft "Active Directory" (ovvero importare nella *security* dell'applicazione i Gruppi e gli utenti Windows membri di tali Gruppi, da dei nodi con qualifica di "Domain Controller", reperibili in rete).

Deve essere possibile definire una serie di privilegi tipici della Piattaforma di Telecontrollo, privilegi sia operativi (di *runtime*) sia di sviluppo e di configurazione da associare ai Ruoli precedentemente definiti.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

L'utente membro di un Ruolo deve ereditare tutti i privilegi del Ruolo.

Per privilegi operativi si devono intendere ad esempio:

- possibilità di tacitare allarmi
- possibilità di cambiare setpoints e in che modo (liberamente, con firma/autenticazione singola, o in doppia autenticazione)
- possibilità di inviare comandi critici (liberamente, con firma/autenticazione singola, o in doppia autenticazione)
- possibilità di interagire con Oggetti applicative in certe Aree ma non con Oggetti in altre aree differenti
- Possibilità di silenziare allarmi, o di mettere alcuni attributi allarmati in “shelving” (silenziamento limitato nel tempo)

Per privilegi di configurazione/sviluppo si deve intendere generalmente la possibilità di usare l'ambiente di sviluppo o strumenti affini a piena capacità oppure no, profilando gli Utenti a seconda del Ruolo, e inibendo per esempio per alcuni Ruoli la possibilità di fare operazioni critiche sul progetto, quali:

- aggiungere nuovi oggetti applicativi
- modificare oggetti applicativi esistenti
- eliminare oggetti applicativi esistenti
- ripristinare backup di progetti sovrascrivendo il progetto attualmente in esercizio.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 9. PORTE DI BANCHINA

È necessaria l'adozione di porte scorrevoli, "di banchina", che dovranno rispondere alla norma europea EN 17168 per quanto riguarda le funzionalità e la costruzione. Il treno si arresta, in posizione prestabilita, in modo che le porte del convoglio siano posizionate di fronte a quelle fisse di banchina e si aprano in corrispondenza di esse.

Le porte di banchina sono inserite in una struttura vetrata che "avvolge" il treno in stazione, costituendo una separazione tra il volume strettamente necessario per il transito del treno in stazione e quello delle banchine. Questo comporta una migliore gestione della ventilazione di normale esercizio e, in maggior misura, della ventilazione in emergenza incendio.

Alle estremità della banchina di stazione dovranno essere poste porte di accesso alla linea. Tutte le porte, sia automatiche che di emergenza, dovranno essere monitorate in continua dal PCC.

La tipologia, la struttura, la dimensione, la sequenza e il numero delle porte dovranno essere in diretta dipendenza dalla selezione del materiale rotabile effettuata da parte del Sistemista. Tutte le tematiche progettuali correlate che ne deriveranno per la parte Opere Civili e Sistema dovranno essere aggiornate e implementate sulla base della proposta tecnica.

### 9.1 Descrizione

In linea generale il sistema di porte automatiche di banchina è costituito da:

- facciata posizionata sul ciglio della banchina costituita da porte scorrevoli automatiche in corrispondenza delle porte del veicolo e da porte di emergenza a battente in tutte le rimanenti posizioni (eccetto l'ultimo modulo per ogni lato banchina che è sostituito da un pannello fisso);
- pannello di controllo locale in banchina (1 per banchina);
- armadio di controllo (1 per stazione).

La manutenzione ordinaria e straordinaria del sistema, compresa la rimozione e l'installazione delle ante delle porte scorrevoli e delle porte a battente, può essere effettuata direttamente dal lato banchina.

L'insieme delle porte e dei meccanismi di comando è sorretto dalla struttura portante costituita da montanti e traverse. Ogni anta è formata da un'ossatura in alluminio anodizzato ed è equipaggiata con un vetro antisfondamento di opportuno spessore. Tutte le parti metalliche sono messe a terra.

Le porte di banchina dovranno tassativamente essere dotate di sistema di diagnostica e dovranno garantire la loro integrità strutturale per un tempo definito in caso di sviluppo di incendio e di esposizione ad una temperatura massima raggiunta dai fumi.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

## 9.2 Requisiti principali

I principali obiettivi che si raggiungono con l'utilizzazione delle porte di banchina sono:

- evitare che persone o oggetti cadano sui binari;
- evitare l'accesso in linea da parte di persone non autorizzate;
- permettere il movimento dei passeggeri in entrata ed uscita soltanto quando il treno si arresta nella corretta posizione;
- evitare che i passeggeri vengano trascinati dai treni in movimento;
- limitare le correnti d'aria create dai treni che entrano in stazione.

Le porte dovranno essere isolate elettricamente dalla struttura in calcestruzzo della banchina e realizzate in modo da facilitare la loro manutenzione.

## 9.3 Meccanismo di traslazione delle porte scorrevoli

Il meccanismo di movimentazione è posizionato nella parte superiore della porta. L'apparecchiatura è protetta da appositi carter ed è totalmente accessibile dal lato banchina. Tutte le operazioni di manutenzione, compresa la rimozione e reinstallazione delle ante, vengono effettuate dal lato banchina.

Il meccanismo è costituito da una trave guida in estruso di alluminio sulla quale scorrono i carrelli di trascinamento e sono installati i seguenti gruppi principali:

- centralina elettronica a microprocessore programmabile per il controllo e la gestione della porta;
- motoriduttore per il controllo della velocità e delle forze di movimentazione della porta;
- sistema elettromeccanico di blocco della porta in posizione chiusa, che assicura il blocco della porta in qualsiasi condizioni di funzionamento (anche in assenza di alimentazione elettrica) e ne impedisce l'apertura non autorizzata;
- sistema di finecorsa per la rilevazione dello stato delle ante.

Il motoriduttore utilizzato è di tipo reversibile, in modo da permettere la movimentazione manuale in qualsiasi condizione di funzionamento.

## 9.4 Centralina di comando

La centralina di comando delle porte è costituita da una scheda elettronica a microprocessore con connettori di interfaccia verso il sistema elettromeccanico del comando porte.

## 9.5 Tempi di manovra delle porte scorrevoli

I tempi di manovra delle porte scorrevoli sono i seguenti:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

- apertura  $3s \pm 0,5s$  dall'inizio della movimentazione della porta fino alla condizione di porta completamente aperta;
- chiusura  $3,5s \pm 0,5s$  dall'inizio della movimentazione della porta fino alla condizione di porta chiusa e bloccata.

## 9.6 Rilevamento di ostacoli

Durante la fase di chiusura delle porte scorrevoli è attivo un sistema in grado di rilevare un ostacolo alla chiusura di caratteristiche dimensionali superiori ad un limite prefissato.

## 9.7 Segnalazioni visive e acustiche

Ogni varco delle porte scorrevoli è dotato di segnalazioni ottico acustiche che segnalano la porta in movimento di apertura o di chiusura o la porta isolata o chiusa e bloccata.

## 9.8 Caratteristiche di resistenza e antincendio delle Porte di banchina

Le porte di banchina devono avere come funzione di proteggere ~~protezione~~ la stazione nel contesto di una emergenza incendio, con particolare riferimento al caso di incendio di treno fermo in banchina. Sebbene siano presenti i sistemi di ventilazione fumi (Stazione e Galleria) e sistemi idrici antincendio a diluvio (all'interno della via di corsa del treno), è necessario che la struttura delle porte abbia delle caratteristiche di Resistenza al Fuoco (intesa come combinazione di capacità portante e compartimentazione) idonee per evitare la propagazione dell'incendio sulla banchina stessa (es. collasso della struttura o rottura dei vetri).

Dai risultati delle simulazioni emerge che il flusso radiativo netto percepito da un utente in banchina risulta essere nullo, ovvero che le porte di banchina svolgono la funzione di schermo. Un ulteriore effetto positivo è rappresentato dalle gocce dell'impianto a diluvio che determinano anche la protezione delle porte di banchina mantenendone l'integrità strutturale per il tempo necessario all'esodo.

E' comunque, in ogni caso, necessario effettuare delle considerazioni e modellazioni aggiuntive per effetto della necessità di valutare cautelativamente scenari più gravosi rispetto a quelli conformi alla prescrizione della norma. Inoltre, si richiede di valutare gli stessi scenari rispetto alle caratteristiche delle porte di banchina proposte per l'installazione da parte del Sistemista per determinarne la conformità all'uso specifico.

Ne deriva che gli studi relativi alla modellazione CFD effettuati (ai sensi del D.M. 21/10/2015) per tutte le tipologie di stazione e per i casi di galleria, ivi inclusa la modellazione monodimensionale, all'interno del progetto definitivo dovranno essere aggiornati nella successiva fase di progetto con la dimensione e caratteristica reale delle porte di banchine e con il carico di incendio reale del materiale rotabile selezionato, conseguentemente dovranno essere valutati i risultati inerenti le posizioni delle bocchette, le portate, la dimensione delle canalizzazioni, la taglia dei ventilatori di emergenza e tutti gli impianti non di sistema e di sistema correlati, infine le strategie di

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

ventilazione per tutti gli scenari previsti all'interno del progetto per le stazioni, le gallerie (inclusi i casi relativi ai retro-stazione), e i pozzi di ventilazione.

Analogamente, per il solo contesto relativo al materiale rotabile, andrà verificata ed eventualmente aggiornata la modellazione CFD relativa al Deposito Rebaudengo predisponendo le necessarie modifiche progettuali che ne potranno derivare sia per il sistema di ventilazione (e gli impianti correlati) che per le opere civili corrispondenti.

#### NOTA IMPORTANTE

Le eventuali modifiche proposte in sede di progettazione esecutiva dovranno essere valutate anche sotto il profilo della prevenzione incendi. In particolare, il professionista antincendio incaricato dall'Appaltatore, in presenza di un aggravio di rischio introdotto dalle suddette modifiche rispetto alle condizioni originarie previste nel progetto definitivo approvato dal Comando Provinciale VVF, sia per la Linea che per il Deposito, dovrà effettuare tutte le verifiche progettuali, predisporre la relativa documentazione tecnica e fornire il supporto amministrativo necessario per consentire al Committente di presentare una nuova istanza di valutazione del progetto (in variante), ex art. 3 del D.P.R. 151/2011. Nel caso in cui ciò non si rendesse necessario, il suddetto professionista antincendio dovrà comunque specificare tutte le modifiche apportate rispetto al progetto definitivo approvato dal Comando Provinciale VVF, nella propria asseverazione in sede di SCIA ex art. 4 D.P.R. 151/2011 - art. 4 D.M. 7/8/2012.

## **9.9 Caratteristiche di pressione delle porte di banchina**

Le analisi effettuate hanno evidenziato come la pressione massima si verifichi in corrispondenza della stazione Cimarosa Tabacchi in quanto caratterizzata dalla presenza di un solo binario e quindi con una sezione trasversale inferiore.

Il valore massimo di pressione rilevato per la stazione Cimarosa Tabacchi è dell'ordine di 1100 Pa, mentre il valore minimo è dell'ordine di -600 Pa. Il picco di pressione di 1100 Pa si verifica per un solo passaggio del treno nella fase di transitoria di attivazione della Linea mentre i restanti casi si attestano sempre al di sotto dei 700 Pa.

Per quanto attiene le stazioni a doppio binario, in questo caso rappresentata dalla stazione Verona il valore massimo è dell'ordine di 510 Pa ed il valore minimo è dell'ordine di -530 Pa.

Considerate le incertezze associate ai modelli ed eventuali passaggi a velocità elevate si suggerisce di verificare le porte per un picco di pressione a 1100 Pa ed a fatica per un ciclo di pressione +700 Pa -700 Pa applicando idonei coefficienti di sicurezza.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo</b>
Segnalamento, Automazione, Telecomando, Porte di Banchina, Telecomunicazioni Relazione tecnica	01_MTL2T1A0DSISGENR003-0-1

Per quanto attiene le stazioni a doppio binario i valori di pressione sono sempre ampiamente al di sotto dell'intervallo di valori tra -700 Pa e + 700 Pa per cui non sarebbe necessaria la verifica rispetto ai valori di picco.

Si evidenzia che il calcolo è stato effettuato considerando il lotto funzionale Rebaudengo Politecnico di estensione pari a 9000 m circa, l'incremento della lunghezza della linea porta ad un maggiore numero di treni presenti contemporaneamente da cui può derivare il raggiungimento di pressioni differenti in particolare nella fase di transitorio di avviamento della linea.

Si fa inoltre presente che i picchi di pressione sono dipendenti anche dalle caratteristiche aerodinamiche del treno, nonché dalle caratteristiche di tenuta delle facciate di banchina in stazione. Nelle simulazioni sono stati utilizzati valori cautelativi sia per quanto attiene le caratteristiche aerodinamiche del treno, sia ipotizzando facciate di banchina chiuse con coefficienti di perdita di pressione molto elevati (ridotto passaggio di aria). Nella successiva fase di progettazione tali valori dovranno essere ottimizzati e armonizzati con il sistema selezionato.

## 9.10 Caratteristiche termiche delle Porte di banchina

Gli studi effettuati sulle condizioni termiche hanno fatto emergere che nella stagione estiva non vengono mai superati i 40°C lungo tutta la linea, che rappresentano la condizione limite di progetto, considerando di utilizzare tutti i ventilatori presenti in modalità push-pull. Se i ventilatori venissero utilizzati solo per una parte dell'esercizio sarebbe comunque possibile effettuare il ricambio d'aria e si ridurrebbe la temperatura media dell'aria nei pozzi e in banchina.

Per quanto riguarda la stagione invernale si evidenzia la possibilità che le temperature scendano sotto gli 0°C (in prossimità dei pozzi di ventilazione) se dovessero presentarsi le medesime condizioni atmosferiche considerate nelle due simulazioni e se i pozzi dovessero essere attivi ininterrottamente per tutta la giornata. Tuttavia, in tal caso si potrebbe valutare di ridurre l'utilizzo dei pozzi di ventilazione in maniera tale da immettere una minore quantità di aria fredda dall'esterno; questo garantirebbe una temperatura più alta in prossimità dei pozzi e delle banchine.

Su queste basi si richiede la effettuazione di considerazioni in merito alle caratteristiche termiche delle porte di banchina, costituendo esse l'elemento di separazione tra il tunnel non condizionato e le stazioni condizionate.