

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J81D19000000009

U.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO

PROGETTO DEFINITIVO

NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO”

LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO

SCALA:

-

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

N M 2 7 0 1 D 1 6 R G E S 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Dicembre <i>A. Vitali</i>	Giugno 2020	A. Vitali <i>A. Vitali</i>	Giugno 2020	I. Legramandi	Giugno 2020	<i>P. Rivoli</i> Giugno 2020

File: NM27.01.D.16.RG.ES0001.001.A

n. Elab.:

1 SOMMARIO

2	PREMESSA.....	3
3	INQUADRAMENTO GENERALE.....	3
4	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
5	ACRONIMI.....	4
6	CONFIGURAZIONE INFRASTRUTTURALE E TECNOLOGICA ATTUALE.....	7
7	CONFIGURAZIONE INFRASTRUTTURALE E TECNOLOGICA DEL NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO PER L’AEROPORTO	10
8	MODELLO DI ESERCIZIO ATTUALE.....	11
9	MODELLO DI ESERCIZIO FUTURO	12
10	CALCOLO DEL DIAGRAMMA DI MARCIA E DELLE PRESTAZIONI	15
11	VERIFICA DI CAPACITÀ DEI PUNTI SINGOLARI.....	17
12	ANALISI DELLE POSSIBILI TRACCE ORARIE	18
13	VERIFICA DELLA STAZIONE DI ORIO AL SERIO CON LA TEORIA DELLE CODE.....	19
14	CONCLUSIONI	20

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A	FOGLIO 3 di 20

2 PREMESSA

L'aeroporto di Orio al Serio, attualmente, non è servito direttamente da un collegamento ferroviario.

Esso dispone di un collegamento autostradale (Autostrada A4), che si connota contestualmente come un elemento di forza e di criticità. Infatti se da un lato può sfruttare il buon posizionamento rispetto all'autostrada (non esiste un'uscita dedicata, ma utilizzando il sistema delle tangenziali di Bergamo lo scalo risulta comunque raggiungibile senza dover attraversare centri abitati), dall'altro, il fatto che tale tratto di autostrada sia uno dei più congestionati della rete italiana, anche per il collegamento con mezzi di trasporto collettivo (bus) rappresenta un'incognita nella pianificazione del trasferimento in aeroporto richiedendo la previsione di un margine di anticipo particolarmente ampio rispetto all'ora di partenza del volo.

Il servizio ferroviario attuale richiede un interscambio modale nella stazione di Bergamo con le linee di trasporto locale.

L'obiettivo dell'intervento è realizzare un collegamento ferroviario diretto con l'aeroporto con distacco dalla linea Bergamo - Rovato – Brescia al fine di soddisfare la sempre crescente domanda di trasporto verso l'aeroporto, stimata in 13 milioni di passeggeri nel 2030 (fonte: ENAC) rispetto agli attuali 8 milioni pass/anno, attraverso un servizio ferroviario su fero competitivo con il servizio pubblico su gomma.

In riferimento alla domanda di trasporto nell'area in oggetto va evidenziato, inoltre, un altro aspetto di notevole interesse, la presenza, attigua all'aeroporto, del Centro commerciale Orio Center, localizzato a sud dell'A4, che rappresenta un notevole "attrattore".

L'intervento a doppio binario con stazione ferroviaria in superficie ha uno sviluppo di estesa complessiva pari a circa 5,3 km. La stazione ferroviaria, che sarà servita da quattro binari di stazionamento, è prevista a raso sulla sede dell'attuale SP 116 che viene delocalizzata a nord della ferrovia e potrà contare su marciapiedi di stazione lunghi 250m, coperti da pensiline metalliche negli ultimi 70m. Al termine dei marciapiedi è posto un atrio coperto in cui sono presenti le scale mobili e fisse che conducono ad un piano interrato collegato a sua volta tramite un "finger" sotterraneo, realizzato da SACBO, al corpo principale dell'aerostazione.

Non sono presenti interferenze con il cono di volo, essendo il tracciato interrato in corrispondenza dell'intersezione con il prolungamento della pista di decollo e atterraggio.

3 INQUADRAMENTO GENERALE

Il presente documento è riferito alla progettazione definitiva del collegamento ferroviario dalla stazione di Bergamo all'aeroporto di Orio al Serio.

L'impianto di Bergamo è attualmente oggetto di quattro diversi progetti di studio:

1. Raddoppio della linea da Bergamo in direzione Ponte San Pietro, con chiusura doppio – semplice nella località di Curno;
2. Raddoppio della linea tra Bergamo e Montello;
3. Nuovo PRG dell'impianto di Bergamo e realizzazione dell'ACC;

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A	FOGLIO 4 di 20

4. Nuovo collegamento con l'aeroporto di Orio al Serio

Nello sviluppo del presente progetto è emerso che alcuni dei progetti sopra esposti sono correlati tra loro, nella fattispecie il progetto di collegamento per l'aeroporto di Orio al Serio risulta strettamente connesso al nuovo PRG di Bergamo. Al fine di rendere i due progetti temporalmente indipendenti tra loro, si è verificata la realizzabilità del nuovo collegamento per l'aeroporto sull'attuale impianto di Bergamo.

Al tempo stesso, per evitare false spese future per demolizioni su interventi appena realizzati, si è provveduto a rendere compatibile l'innesto del nuovo raccordo con il futuro raddoppio della linea tra Bergamo e Montello, lasciando libero il sedime in oggetto.

La soluzione proposta prevede dunque una chiusura dal doppio al semplice binario in prossimità della stazione di Bergamo, innestando il nuovo binario sull'attuale asta a servizio del raccordo Cisaf che verrà demolito. Affinché il tracciato del collegamento con l'aeroporto risulti nella posizione definitiva, è stato necessario scalettare un tratto della linea storica più a nord. In questo modo, i binari risultano essere nella loro posizione definitiva e compatibili sia con il nuovo PRG che con il raddoppio della tratta.

4 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione fornisce l'analisi, in termini di esercizio ferroviario, della realizzazione del nuovo collegamento ferroviario tra la stazione di Bergamo e la futura stazione dell'aeroporto di Orio al Serio.

Lo studio è stato sviluppato partendo dall'ipotesi di tracciato e dalle analisi effettuate in ambito del PFTE.

5 ACRONIMI

Nel seguito alcuni acronimi che potrebbero essere utilizzati all'interno dell'elaborato progettuale:

- ACEI Apparato Centrale Elettronico ad Itinerari
- ACC Apparato Centrale a Calcolatore
- ACCM Apparato Centrale a Calcolatore Multistazione
- AV/AC Alta Velocità/Alta Capacità
- BA Blocco Automatico
- BAcc Blocco Automatico a correnti codificate
- BAcf Blocco Automatico a correnti fisse
- BAB Blocco Automatico Banalizzato
- Bca Blocco conta assi
- BcaM Blocco conta assi Multistazione
- BM Banco di Manovra
- CCL Controllo Centralizzato Linee
- CdB Circuito di Binario
- CTC Controllo Traffico Centralizzato
- DC Dirigente Centrale

RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM27	01	D 16 RG	ES0001 001	A	5 di 20

- DCF Dispositivo Contatto Fungo
- DCO Dirigente Centrale Operativo
- DD Linea Direttissima
- DM Dirigente Movimento
- DMO Dirigente Movimento Operativo (di ACCM)
- DO Dirigente Centrale Operativo
- DOTE Dirigente Operativo Trazione Elettrica
- DTP Direzione Territoriale Produzione
- eRSC RSC con emulazione
- ERTMS European Railway Traffic Management System
- ECTS European Train Control System
- FL Fiancata di Linea
- FL/FCL Fascicolo di Linea/ Fascicolo Circolazione Linee
- FP Fiancata Principale
- FV Fabbricato Viaggiatori
- FO Fibre Ottiche
- FT Fabbricato Tecnologico
- GSM-R Global System of Mobile Communications - Railway
- IaP Informazioni al Pubblico
- INFILL Codice al binario per anticipare aspetto di via libera del segnale a valle
- IS Impianti Sicurezza e Segnalamento
- IPC Istruzioni per la Protezione dei Cantieri
- LFM Luce e Forza Motrice
- LS Linea Storica
- LL Linea Lenta
- MT Media Tensione
- MTBF Mean Time Between Failures
- OO.CC. Opere Civili
- PAI-PL Protezione Automatica Integrativa per Passaggi a Livello
- PBA Posto di Blocco Automatico
- PC Posto di Comunicazione
- PCM Posto Centrale ACCM
- PCS Posto Centrale Comando/Controllo
- PGOS Prefazione Generale all’Orario di Servizio
- P.L. Passaggio a Livello
- P.L.L Passaggio a Livello in Linea
- PL Programma Lavori
- PRG Piano Regolatore Generale
- PM Posto di Movimento
- PS Piano Schematico
- P/D Pari/Dispari
- PP Posto Periferico generico dell’ACCM – Può essere ulteriormente classificato in PPM, PP/ACC o PP/ACEI

RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM27	01	D 16 RG	ES0001 001	A	6 di 20

- PP/ACC ACCM - Posto periferico ACC costituito da un ACC interfacciato direttamente al PCM
- PP/ACEI ACCM - Posto periferico ACEI
- PP/SPP Posto Periferico Stazione Porta Permanente
- PPM ACCM - Posto periferico Multistazione
- PPT Posto Periferico Tecnologico – Garitta tecnologica deputata a contenere le apparecchiature elettroniche d’interfacciamento con gli enti di linea
- PRG Piano Regolatore Generale
- PS Piano Schematico
- RAM Reliability Availability Maintainability
- RCT Regolamento Circolazione Treni
- RFI Rete Ferroviaria Italiana
- RS Regolamento sui Segnali
- RSC Ripetizione Segnali Continua
- RTB Rilevamento Temperatura Boccole
- SCC Sistema Comando e Controllo
- SCC/M Sistema Comando e Controllo in presenza di ACC Multistazione
- SCMT Sistema di Controllo Marcia Treni
- SSC Sistema di Supporto alla Condotta
- TE Trazione Elettrica
- TLC Telecomunicazioni

Per quello che riguarda la tipologia di traffico ferroviario sono riportati alcuni acronimi di norma utilizzati:

- CP Corsetta Personale
- DIR Diretto
- EXP Espresso
- EC Eurocity
- EN Euronotte
- EUC Europ Unit Cargo
- ES* Eurostar Italia
- IC Intercity
- IR Interregionale
- INV Invio Materiale Viaggiatori
- LIS Locomotiva Isolata
- LP Lunga Percorrenza
- MI Merci Interzona
- MRI Merci Rapidi Internazionali
- MRV Merci Rapidi Vuoti
- MRS Merci Rapido Speciale
- MT Merci Terminali
- MET Metropolitano
- NCL Non Classificato
- REG Regionale
- STM Servizio Treni Militari

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO					
COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A	FOGLIO 7 di 20	

- TRA Tradotta
- TC Treni Combinati
- TCS Treni Combinati Speciali
- TEC Treni Europei Combinati
- TME Treni Merci Espressi

6 CONFIGURAZIONE INFRASTRUTTURALE E TECNOLOGICA ATTUALE

La nuova linea per l'aeroporto si innesta nella radice est della Stazione di Bergamo, dove è in esercizio la linea per Montello e rappresentata nella figura seguente.

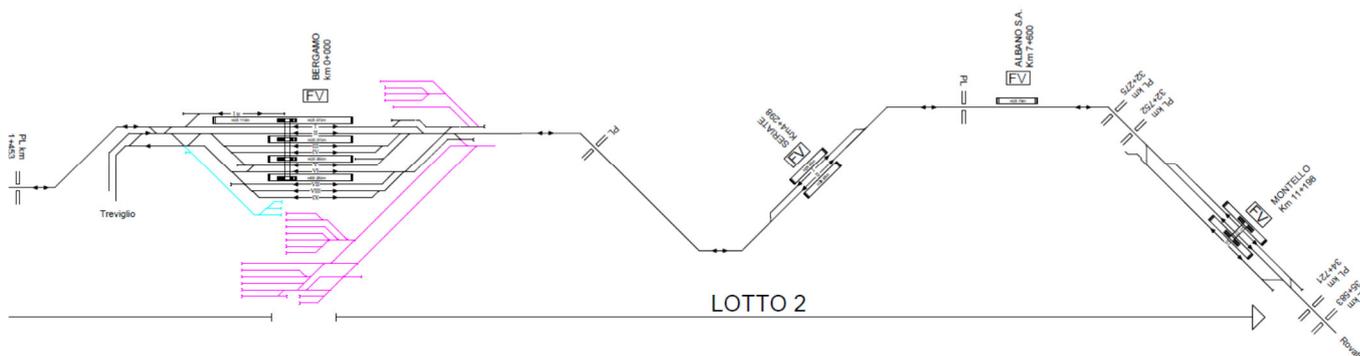


FIGURA 1: CONFIGURAZIONE ATTUALE LINEA BERGAMO – MONTELLO

Tale linea è a singolo binario elettrificata, percorsa unicamente da traffico passeggeri

Di seguito si riportano le principali caratteristiche funzionali:

- Semplice binario;
- Blocco Conta Assi tra Bergamo e Seriate, Blocco Elettrico Manuale tra Seriate e Montello;
- Stazione intermedia di Seriate e fermata di Albano S. Alessandro;
- Modulo linea di 490 m;
- Peso assiale C3L;
- Velocità in rango A pari a 100 km/h, velocità in rango B pari a 110 km/h; dalla stazione di Bergamo a C.C. km 23+639 velocità in rango A pari 70 km/h e velocità in rango B pari a 85 km/h.
- Codifica per trasporto combinato PC22;

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

- Elettrificazione 3kV.

Nelle figure seguenti si riportano le Fiancate di Linea in vigore alla data di stesura del presente documento.

Segue linea **LECCO-BRESCIA**

Grado di frenatura	Velocità max Km/h DIRETTA			Grado di frenatura	Velocità max Km/h DIRAMATA		Prog. Chilom.	LOCALITA' DI SERVIZIO	Velocità max Km/h DESTRA DIRETTA			Grado di frenatura
	A	B	C		A	B			A	B	C	
I	70	85					0,00	BERGAMO				
	100	110					21,88	C.C. Km 23,639				
							26,04	Seriate				
							29,51	Albano				
							33,10	Montello				
I _a							36,87	<i>Chiuduno</i>				
								P.L.A. Km 36,887				
							39,11	Grumello				
							43,47	PALAZZOLO				
							47,77	<i>Cologne</i>				
	75	90					51,50	Coccaglio				
	140	150	160				53,59	ROVATO	75	90		I _a
							65,82	<i>Dev. U.</i>	140	150	160	
							71,65	Ospitaletto T.				160
	125	135	145					Cippo Km 78,000				145
						78,50	BRESCIA EST					
						13,01						
						82,84	BRESCIA					

FIGURA 2: FCL LINEA LECCO – BRESCIA, PORZIONE DI INTERESSE TRA BERGAMO E MONTELLO, SENSO DISPARI

Grado di frenatura	Velocità max Km/h DIRETTA			Grado di frenatura	Velocità max Km/h DIRAMATA		Prog. Chilom.	LOCALITA' DI SERVIZIO	Velocità max Km/h DESTRA DIRETTA			Grado di frenatura
	A	B	C		A	B			A	B	C	
I	125	135	145				82,84	BRESCIA	125	135	145	I
							13,01	BRESCIA EST				
I _a							78,50	Cippo Km 78,000	140	150	160	I _a
							71,65	Ospitaletto T.			150	
	75	90					65,82	ROVATO	75	90		
III							53,59	<i>ROVATO</i>				
	100	110					51,50	Coccaglio				
							47,77	<i>Cologne</i>				
								P.L.A. Km 45,196				
								P.L.A. Km 44,588				
							43,47	PALAZZOLO				
							39,11	Grumello				
							36,87	<i>Chiuduno</i>				
								P.L.A. Km 36,583				
								P.L.A. Km 34,721				
III							33,10	Montello				
	70	85					29,51	Albano				
	100	105					26,04	Seriate				
							C.C. Km 23,639					
						21,88	BERGAMO					
						0,00						

FIGURA 3: FCL LINEA LECCO – BRESCIA, PORZIONE DI INTERESSE TRA BERGAMO E MONTELLO, SENSO PARI

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

La stazione attuale di Bergamo comprende:

- 7 binari passanti serviti da marciapiedi;
- 1 binario tronco lato Ponte San Pietro (Lecco – Monza/Milano);
- Binari di raccordo tronchi lato Brescia;
- Fascio di 3 binari ad uso manutenzione GI;
- Apparato Centrale Elettrico a Itinerari (ACEI).

Alla data di attivazione della linea per Orio si assume che sia stato già operato o sia in corso l’upgrade impiantistico ad ACC, ad opera di altro appalto.

Nella figura seguente viene riportata una schematizzazione dell’attuale configurazione di Bergamo (in rosa i binari dismessi o secondari).

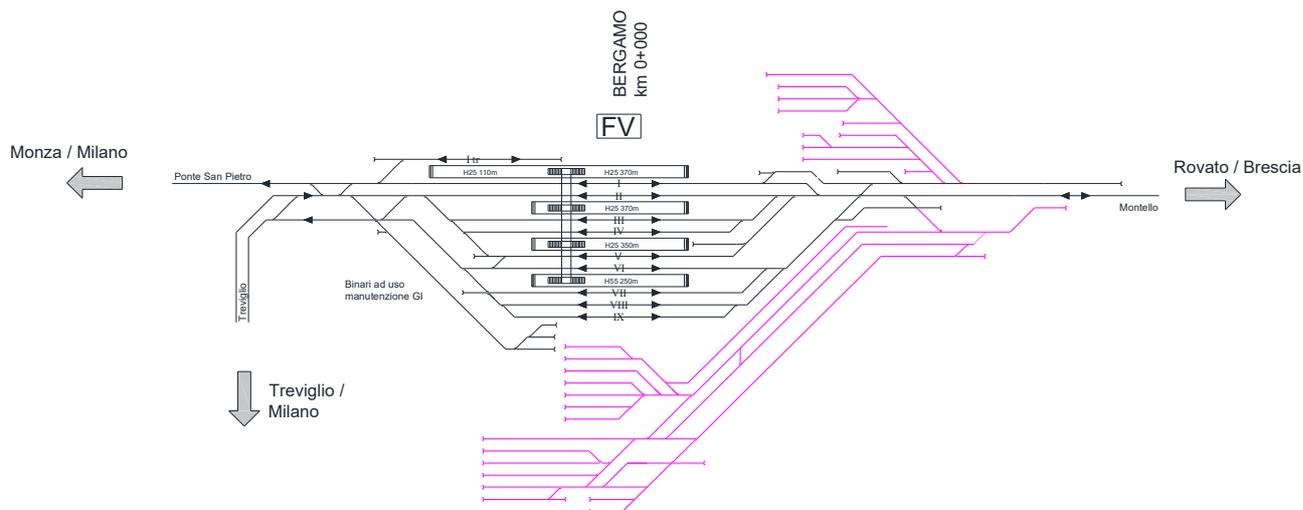


FIGURA 4: CONFIGURAZIONE ATTUALE IMPIANTO DI BERGAMO

La figura di seguito è estratta dal Book Impianto Viaggiatori disponibile sul PIR (Prospetto Informativo della Rete) aggiornato ad ottobre 2018, e riporta i servizi industriali dell’impianto di Bergamo.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

SPAZI A DIRITTO DI ACCESSO GARANTITO	
	BINARI
Sosta breve (30 min)	1, 1 Tr. Ovest, 3, 4, 5, 6 e 7.
Sosta lunga* (< 8 h)	Asta 1° linea.

(*) Previa autorizzazione in deroga del GI, possibile sosta lunga anche sui binari di circolazione.

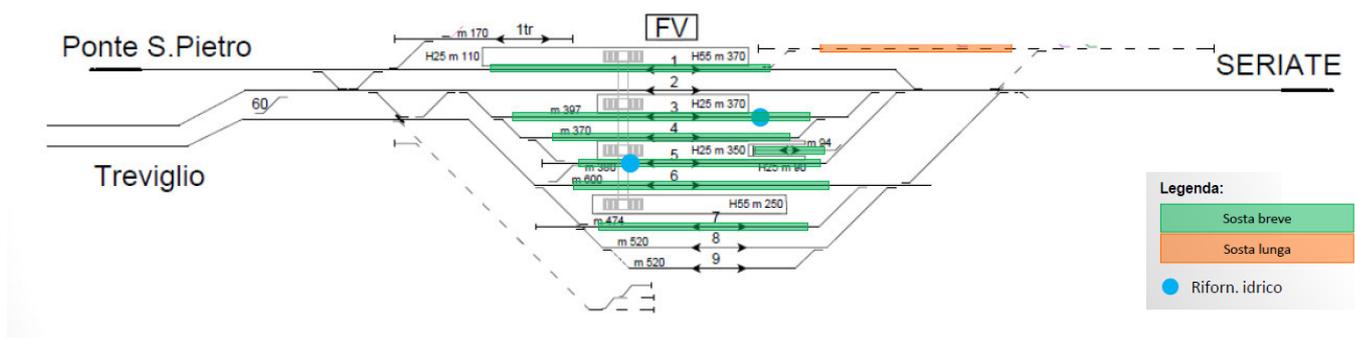


FIGURA 5: SERVIZI INDUSTRIALI IMPIANTO BERGAMO

7 CONFIGURAZIONE INFRASTRUTTURALE E TECNOLOGICA DEL NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO PER L’AEROPORTO

Le caratteristiche tecnologiche del nuovo collegamento ferroviario con l’aeroporto sono riportate di seguito:

- Linea a doppio binario
- Lunghezza: 5,3 km nuovo doppio binario (6,1 km da FV di Bergamo)
- Velocità di tracciato: 60 km/h
- Pendenza massima: 23,5 ‰
- Classificazione di massa assiale: D4
- Sagoma PC80/410

Tra i parametri progettuali del tracciato di nuova progettazione è presente una pendenza massima di 23,5 ‰, questo valore è stato discusso assieme al Referente ed è stata concessa una deroga alla pendenza massima ammissibile poiché non sono previsti treni merci, altrimenti non compatibili con pendenze così elevate.

La stazione di Orio al Serio, impianto terminale della linea, sarà così costituito:

- 4 binari di attestamento tronchi;

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

- Modulo utile di 250 m;
- Itinerari deviati a 60 km/h;
- Contemporaneità di arrivi/partenze;
- Apparato Centrale Computerizzato (ACC);
- Predisposizione segnalamento ERTMS L2.

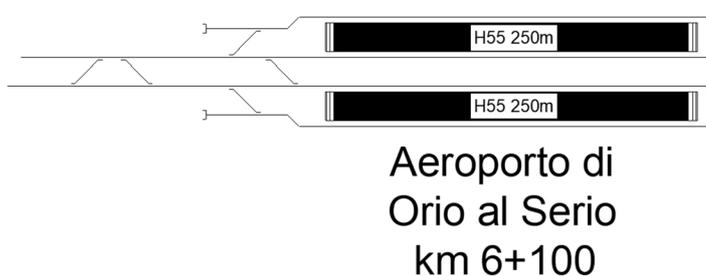


FIGURA 6: CONFIGURAZIONE FUTURA IMPIANTO DI ORIO AL SERIO

8 MODELLO DI ESERCIZIO ATTUALE

Nella stazione di Bergamo attualmente si attestano cinque linee di servizio commerciale:

- Da sud ovest:
 - da Milano Centrale/Porta Garibaldi via Treviglio, 1 treno ogni 60' in morbida e 1 treno ogni 30' in punta;
 - da Treviglio, 1 treno ogni 30';
- Da ovest:
 - da/per Milano Porta Garibaldi via Monza-Carnate, 1 treno ogni 30';
- Da nord:
 - da Lecco, 1 treno ogni 60';
- Da est:
 - da Brescia, 1 treno ogni 60' in morbida e 1 treno ogni 30' in punta.

Nella figura seguente una immagine con indicazione delle linee afferenti nella stazione di Bergamo.



FIGURA 7: LINEE AFFERENTI ALLA STAZIONE DI BERGAMO

Viene riportata nel seguito una estrazione da PIR-RFI su una giornata feriale media del mese di febbraio 2020; le circolazioni presenti sono essenzialmente di tipo Regionale con 3 coppie/giorno di treni ES* da/per Roma Termini.

Provenienza	Destinazione	Cat.	Binario								Tot.
			I	II	III	ITR	IV	V	VI	VII	
BERGAMO	BRESCIA	REG		2	3		2	8	3		18
	Calusco	REG	17	1		2					20
	LECCO	REG	2			14					16
	MI.GRECO P.I	REG							1		1
	MI.P.GARIB.	REG		2			1		1	2	6
	MI C.LE	REG		5	1		5	3	5	1	20
	PISA	REG					1				1
	RM TERMINI	ES*			2				1		3
	TREVIGLIO	REG		2				1	3	20	26
BRESCIA	BERGAMO	REG		3	2		1	9	2	1	18
Calusco	BERGAMO	REG	13	2		2		2			19
LECCO	BERGAMO	REG	1	1		12	1			1	16
MI.P.GARIB.	BERGAMO	REG		2	3				2		7
MI C.LE	BERGAMO	REG		5			5	3	5	1	19
PISA	BERGAMO	REG					1				1
RM TERMINI	BERGAMO	ES*			2				1		3
TREVIGLIO	BERGAMO	REG	1	2	1		1	1	3	17	26
Totale complessivo			34	27	14	30	18	29	25	43	220

FIGURA 8: SERVIZI ATTUALI NELLA STAZIONE DI BERGAMO (TRENI/GIORNO)

9 MODELLO DI ESERCIZIO FUTURO

Nella stazione di Aeroporto – Orio al Serio sono previste le seguenti linee di servizio commerciale:

- Da sud ovest:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM27</td> <td>01</td> <td>D 16 RG</td> <td>ES0001 001</td> <td>A</td> <td>13 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM27	01	D 16 RG	ES0001 001	A	13 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM27	01	D 16 RG	ES0001 001	A	13 di 20								

- da Milano Centrale/Porta Garibaldi via Treviglio, 1 treno ogni 30’;
- Da nord:
 - da Lecco, 1 treno ogni 60’
 - da Ponte S. Pietro, 1 treno ogni 60’.

A completamento, i collegamenti a servizio della stazione di Bergamo/Montello (in aggiunta a quelli sopracitati per l’aeroporto) sono:

- Da sud ovest:
 - da Treviglio attestato a Bergamo, 1 treno ogni 60’;
 - da Treviglio attestato a Montello, 1 treno ogni 60’;
- Da ovest:
 - da/per Milano Porta Garibaldi via Monza-Carnate per Montello, 1 treno ogni 30’;
- da Bergamo
 - verso Montello/Brescia. 1 treno ogni 30’;
- da Montello
 - verso Brescia, 1 treno ogni 30’.

Secondo queste ipotesi, si ottengono 4 coppie orarie per l’aeroporto e 5 coppie orarie per Montello, come da indicazioni della committenza (nella fascia diurna 6-22). Si riporta la sintesi del modello di esercizio di progetto nella seguente figura (le circolazioni ES* sono considerate rimanere invariate rispetto alle attuali).

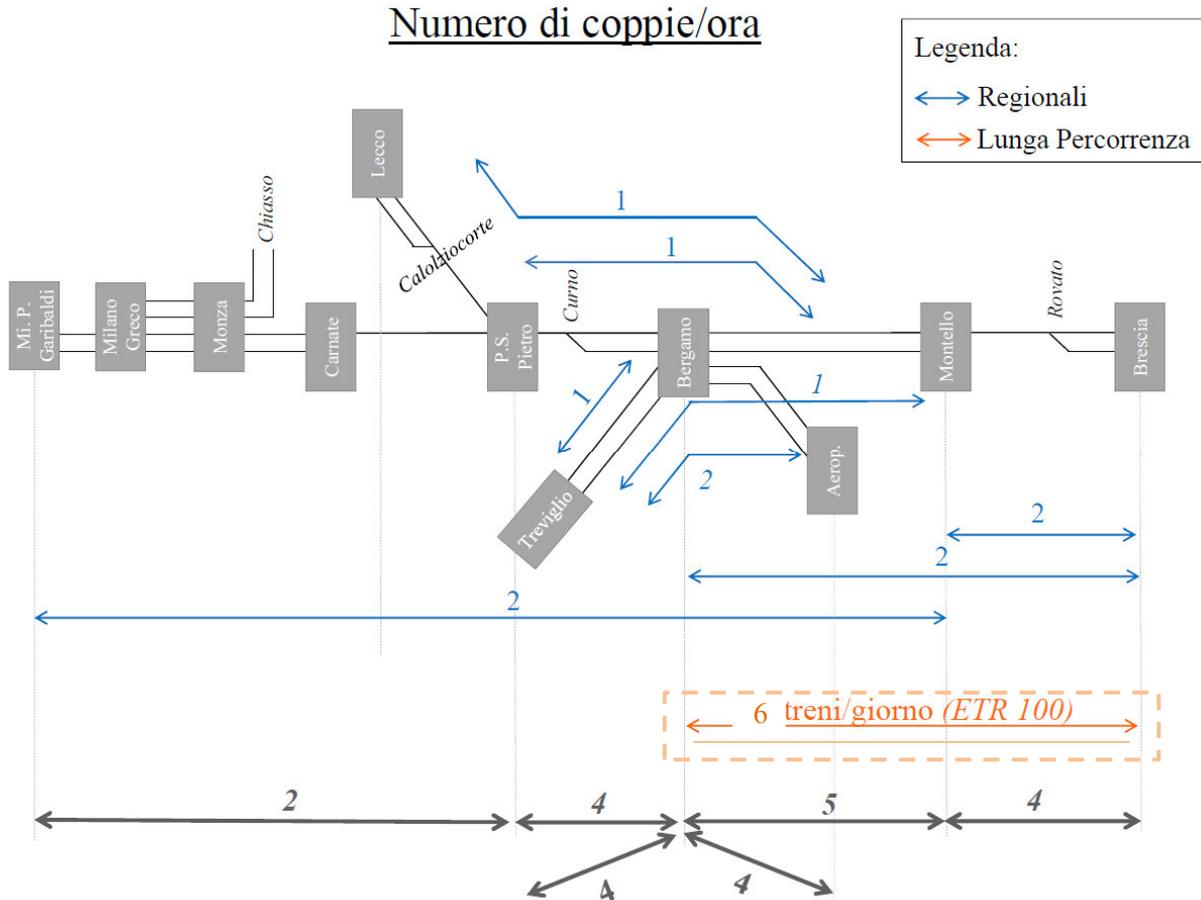


FIGURA 9: MODELLO DI ESERCIZIO DI PROGETTO (COPPIE/ORA DIURNE TRA LE 6 E LE 22)

Nella figura seguente si riporta un'ipotesi di suddivisione dei treni per l'aeroporto:

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

Relazione	Materiale rotabile	Totale servizi		
		Diurni (06-22)	Notturni (22-06)	Tot
Lecco – Bergamo (Aeroporto)	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	0	32
P.S.Pietro – Bergamo (Aeroporto)	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	8	40
Milano C.le – Verdello – Bergamo – Aeroporto	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	6	38
Milano Porta Garibaldi – Verdello – Bergamo – Aeroporto	Tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	4	36
		128	18	146

FIGURA 10: SERVIZI DI PROGETTO PER L’AEROPORTO (TRENI/GIORNO)

10 CALCOLO DEL DIAGRAMMA DI MARCIA E DELLE PRESTAZIONI

È stato effettuato il calcolo dei tempi di percorrenza attraverso il software specialistico IF-SIM (software proprietario Italferr). Si simula la marcia del treno rispetto alla configurazione del tracciato (livellette, curve planimetriche, stazioni, PM, sistema di distanziamento, segnalamento.), alle prestazioni del materiale rotabile e alle caratteristiche commerciali del servizio (tempi di fermata, allungamenti) ottenendo quali output i tempi di percorrenza, la velocità e i consumi energetici.

Il treno regionale considerato per le simulazioni è:

- ETR 245:
 - lunghezza totale: 82 m;
 - Massa treno: 153 t;
 - velocità massima raggiungibile: 160 km/h.

La velocità degli itinerari in ingresso/uscita dall’impianto della stazione di Bergamo risulta vincolata dai deviatoli attualmente presenti di 30 km/h, quelli in ingresso/uscita dall’aeroporto hanno invece una velocità di 60 km/h. La velocità di tracciato è di 60 km/h.

I risultati ottenuti dalla simulazione, per entrambi i sensi di marcia, sono riportati nelle seguenti figura; la simulazione è di tipo cinematico senza analisi di altri eventuali vincoli (ad esempio dovuti al segnalamento, al profilo statico delle velocità per FCL, ecc.).

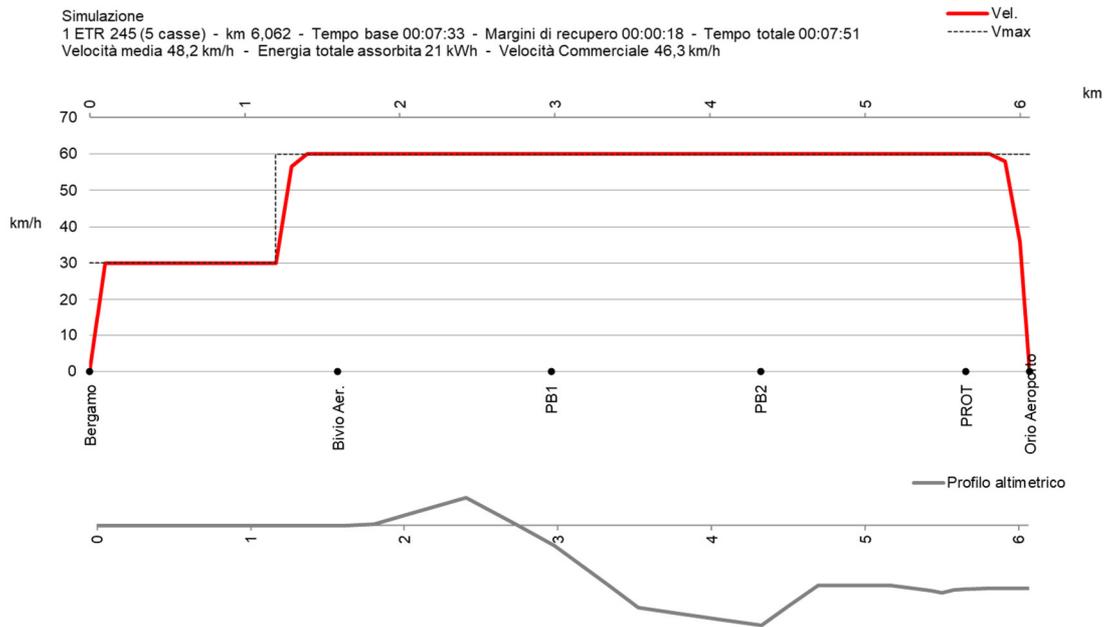


FIGURA 11: SIMULAZIONE DI MARCIA CON SOFTWARE IF-SIM – DA BERGAMO ALL’AEROPORTO

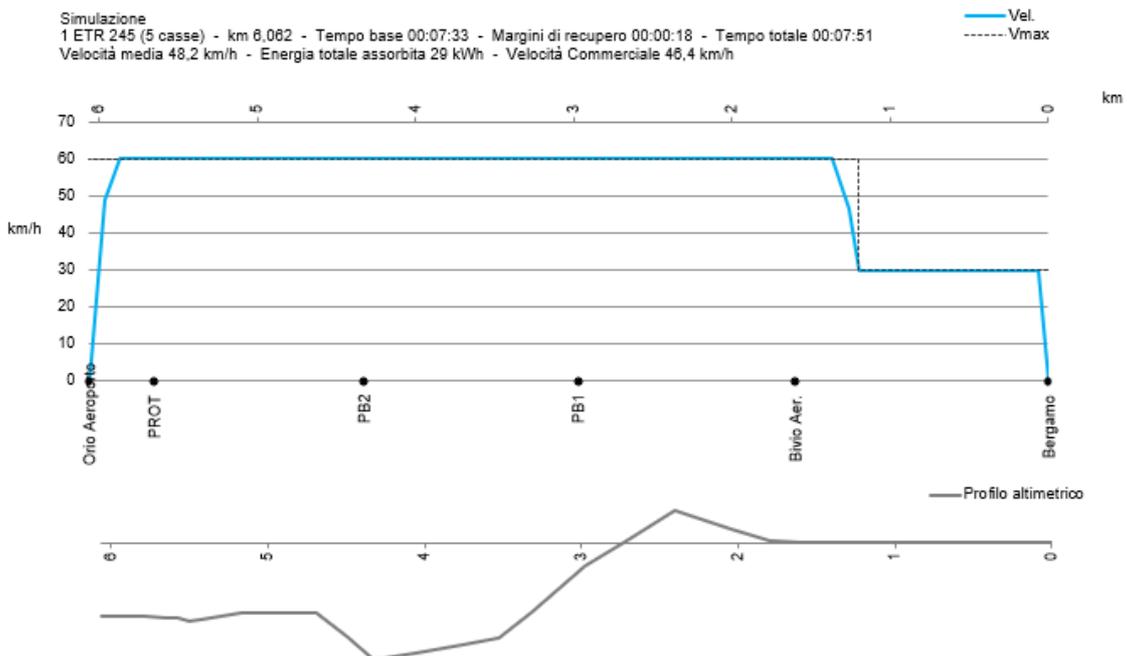


FIGURA 12: SIMULAZIONE DI MARCIA CON SOFTWARE IF-SIM – DALL’AEROPORTO A BERGAMO

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

11 VERIFICA DI CAPACITÀ DEI PUNTI SINGOLARI

È stata studiata la capacità della radice est della stazione di Bergamo con l’innesto del nuovo collegamento per l’aeroporto. Si è ipotizzato che i binari dedicati al servizio aeroportuale siano il VI e VII, binari serviti dal marciapiede. Secondo la configurazione ipotizzata questi servizi risulterebbero interferenti con eventuali merci provenienti da Montello/Brescia, che verrebbero destinati agli unici binari sprovvisti di marciapiede, VIII e IX. L’assunzione fatta considera che durante l’ora di punta non circolino treni merci e quindi non ci siano interferenze per il servizio aeroportuale.

L’analisi di capacità è effettuata con l’ausilio del software IF-Cap (software proprietario di Italferr), attraverso uno studio probabilistico della capacità di un nodo. Si valutano il numero medio di circolazioni possibili, il tempo medio di occupazione e fornisce un coefficiente di utilizzazione considerando il ritardo generato dal processo di circolazione.

Quest’analisi probabilistica risulta verificata se rispetta i seguenti valori soglia:

- Coefficiente di utilizzazione regolare (calcolato sull’intera giornata) $\leq 0,42$
- Coefficiente di utilizzazione regolare (calcolato sull’ora di punta) $\leq 0,65$

Il software riporta anche il coefficiente di utilizzazione totale che considera, oltre a quello regolare, anche possibili ritardi.

Per l’intero arco della giornata il valore di riferimento del coefficiente regolare è intorno a 40÷55% in funzione della tipologia di impianto. In fase di progettazione un valore di riferimento tipicamente dimensionante è il 42%.

Considerando 18 ore di esercizio e 144 treni/giorno (4 coppie/ora) quale servizio obiettivo dell’aeroporto, si ottiene un risultato di coefficiente regolare superiore al limite di riferimento per l’intera giornata, comporterebbero un difficile riassorbimento di eventuali ritardi con conseguenti problemi alla circolazione. Tale valore può essere considerato accettabile solo per limitati periodi di tempo, ossia per le ore di punta.

In una prima fase progettuale, in cui si realizza il collegamento aeroportuale, mantenendo l’impianto di Bergamo attuale, si potrà garantire un modello di offerta giornaliero ridotto rispetto all’obiettivo finale. Si vuole quindi determinare il numero massimo di servizi aeroportuali che possono essere erogati al momento dell’attivazione del raccordo, ipotizzando che tutte le altre condizioni restino invariate rispetto alla situazione attuale. Il coefficiente è verificato al limite (circa 55%) per 108 treni/giorni (3 coppie/ora) per l’intera giornata. Di seguito una figura riepilogativa dei coefficienti ottenuti:

	Treni/giorno per aeroporto	Coefficiente utilizzazione regolare	Coefficiente utilizzazione totale	Verificato
Radice est Bergamo	144	0,67	0,8	Per l’ora di punta
	108	0,55	0,6	Per l’intera giornata

FIGURA 13: COEFFICIENTI DI UTILIZZAZIONE DELLA RADICE EST DI BERGAMO OTTENUTI CON IL SOFTWARE IF-CAP

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

12 ANALISI DELLE POSSIBILI TRACCE ORARIE

È stata effettuata un’analisi preliminare delle possibili tracce che possono essere ipotizzate tra la stazione di Bergamo e l’aeroporto di Orio. È stata fatta un’ipotesi sul posizionamento dei segnali. Il vincolo principale è l’ingresso in singolo binario nella radice este di Bergamo, dove la linea per Orio si connette da doppio a singolo binario. Dall’analisi del diagramma spazio/tempo risultano mediamente possibili treni ogni 15 minuti per direzione.

Tali considerazioni andranno verificate con l’effettiva capacità del sistema di segnalamento, con l’effettiva possibilità di inserimento nell’orario esistente (in particolare nelle attuali tracce da/per Montello) e con la capacità degli impianti (nel paragrafo seguente viene verificata, tramite teoria delle code, la stazione dell’aeroporto di Orio), come evidenziato nel paragrafo precedente per cui a 4 coppie/treni ogni ora (che corrisponde ad un treno ogni 15 minuti per senso di marcia) corrisponde un coefficiente di utilizzazione regolare molto elevato della radice est di Bergamo.

Nella figura seguente viene riportato un diagramma spazio/tempo teorico con le ipotetiche tracce orarie disponibili nella tratta Bergamo – Aeroporto di Orio.

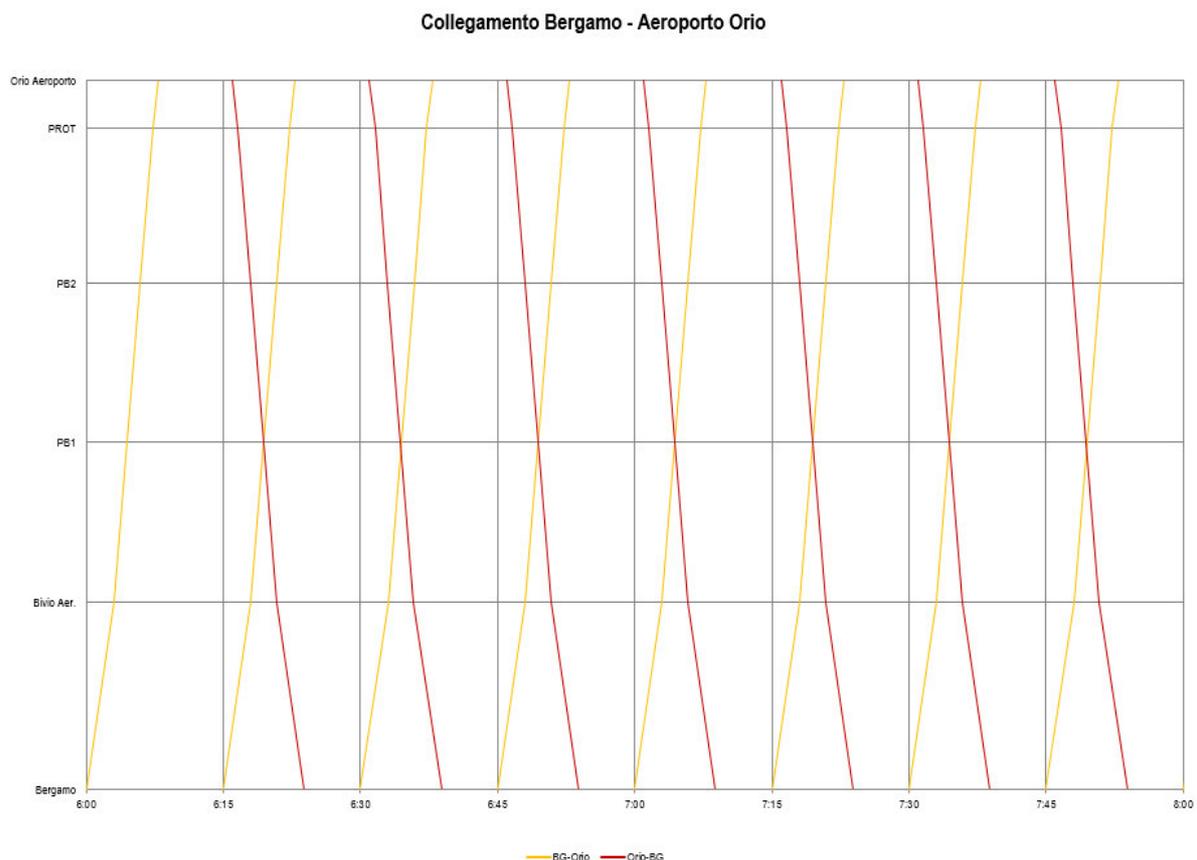


FIGURA 14 - DIAGRAMMA SPAZIO/TEMPO CON LE TEORICHE TRACCE ORARIE DISPONIBILI NELLA TRATTA BERGAMO – AEROPORTO DI ORIO

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A

13 VERIFICA DELLA STAZIONE DI ORIO AL SERIO CON LA TEORIA DELLE CODE

Viene verificata la stazione di Orio al Serio è stata progettata sulla base della frequenza di un treno ogni 15 minuti per direzione (4 coppie/ora).

Si valuta se i 4 binari previsti per la stazione di testa dell’aeroporto risultano sufficienti per attestare 144 treni/giorno (4 coppie/ora).

È stata quindi fatta un’analisi con la teoria delle code con il software IF-Queue (software proprietario Italferr). Fornendo il numero di canali serventi, l’intertempo tra gli arrivi ed il tempo medio di servizio si calcola la probabilità che si formi una coda.

Le ipotesi fatte sono le seguenti:

- 4 binari di attestamento (“canali serventi”);
- frequenza di un treno ogni 15 minuti (“intertempo arrivi”);
- tempo di attestamento per arrivo/inversione di 10 minuti (“Tempo medio servizio”).

Il valore soglia di probabilità di coda accettabile in fase di progettazione e presente in letteratura è il 5%

Nel caso in esame si ottiene una probabilità di coda pari allo 0,5% circa, che indica un sovradimensionamento dell’impianto. Ciò darebbe la possibilità di aumentare, ipoteticamente, il numero di treni in servizio alla stazione ma tale ipotesi è vincolata dall’esercizio lungo la linea Bergamo – aeroporto e dalla capacità della radice est di Bergamo (coefficiente di utilizzazione della radice e diagramma spazio/tempo presentato nei paragrafi precedenti). Per soddisfare l’esercizio con 4 coppie/ore (cioè un treno ogni 15 minuti per direzione) sarebbero sufficienti 3 binari di stazionamento, a cui corrisponderebbe una probabilità media di coda del 3,5% circa.

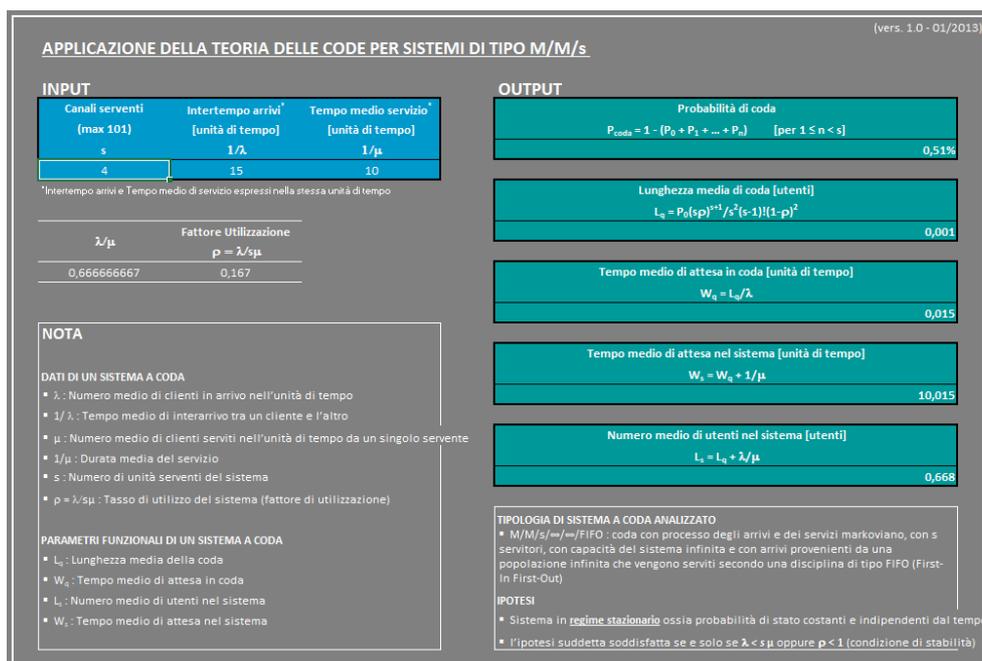


FIGURA 15 – APPLICAZIONE DEL TOOL IF-QUEUE ALLA STAZIONE DI ORIO AL SERIO

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – AEROPORTO “ORIO AL SERIO”					
RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. A	FOGLIO 20 di 20

14 CONCLUSIONI

La presente relazione fornisce l'analisi, in termini di esercizio ferroviario, della realizzazione del collegamento ferroviario per l'aeroporto Orio al Serio di Bergamo.

È stato effettuato uno studio sul tempo di percorrenza dei servizi aeroportuali per valutare la frequenza massima in relazione a coefficienti di regolarità accettabili.

Il problema emerso riguarda la capacità dei punti singolari nell'attuale stazione di Bergamo, che vincola il numero massimo di treni. Nessuna considerazione è stata fatta in merito alla futura stazione di Bergamo, il cui PRG risulta tutt'ora in fase di definizione.

L'impianto di Orio al Serio risulta sovradimensionato, in quanto sarebbero sufficienti 3 binari di attestamento per garantire la frequenza obiettivo di 15 min.

Le considerazioni sull'esercizio andranno comunque approfondite al fine di verificare l'effettivo inserimento delle tracce orarie per l'aeroporto con le altre circolazioni presenti da orario e insistenti nella stazione di Bergamo.