

La metrotramvia Bergamo-Albino

Dott. Ing. Stefano BERNARDI(*)

1. Breve riassunto di una lunga storia

Quarantuno anni dopo la chiusura della linea ferroviaria della Val Seriana un veicolo su rotaia è ricomparso, la notte del 1° marzo 2008, sul territorio del Comune di Ranica, nelle vicinanze di Bergamo. Poche settimane più tardi lo stesso veicolo, un tram Sirio prodotto da Ansaldo-Breda, muoveva i primi passi sconfinando nel vicino Comune di Torre Boldone.

Si tratta di un ritorno fortemente voluto dalle Istituzioni, quale primo passo di un ambizioso disegno di rilancio e potenziamento di un sistema di trasporto pubblico che in Provincia di Bergamo ha alle spalle una storia lunga e importante⁽¹⁾.

La storia inizia nel 1884, con l'inaugurazione della ferrovia Bergamo-Albino, primo tratto della linea Bergamo-Ponte Selva, completata l'anno successivo.

Si trattava di una "classica" linea ferroviaria secondaria di quei tempi: con binario unico e ovviamente trazione a vapore, il tracciato e le caratteristiche tecniche erano adeguate per la domanda di allora, che aveva come unica alternativa la trazione animale.

Con la diffusione dell'energia elettrica, e soprattutto delle tecnologie che ne resero possibile l'applicazione alla trazione ferrotramviaria, tra l'inizio del '900 e la prima guerra mondiale nella bergamasca si sviluppò anche una estesa rete di tramvie interurbane ed interprovinciali, che arrivò a collegare Bergamo con Lovere, Brescia, Lodi, Cremona e Monza. In questo contesto, nel 1912 venne inaugurata anche una linea tramviaria elettrica a scartamento ridotto tra Bergamo ed Albino: quest'ultima città si trovò quindi ad essere collegata con il capoluogo da ben due "strade ferrate".

Ma anche in Provincia di Bergamo come in tutta Italia, per il trasporto locale su ferro dopo la crescita fu il declino.

A partire dalla fine degli anni '50 il traffico viaggiatori

veniva gradualmente indirizzato verso le corse automobilistiche sostitutive mentre il traffico merci, complessivamente in calo, era naturalmente attratto dalla concorrenza di un trasporto su strada sempre più efficiente ed economico.

La tramvia elettrica Bergamo-Albino veniva smantellata per le difficoltà di transito nelle strette strade dei centri urbani attraversati, ormai percorse da un crescente traffico automobilistico, e nel 1967 cessava anche l'esercizio ferroviario sull'intera linea della Val Seriana.

All'inizio del millennio successivo, dopo anni di studi, dibattiti e proposte⁽²⁾, prendeva corpo il progetto di una metrotramvia da Bergamo ad Albino.

I lavori iniziavano nel 2002 a cura della TEB, società di scopo costituita dal Comune e dalla Provincia di Bergamo.

Il 24 aprile 2009 alle 11.08 è partita la corsa inaugurale da Albino verso Bergamo; dopo due giorni di servizio dimostrativo gratuito, durante i quali i sei tram messi in linea hanno trasportato oltre 33.000 persone, alle 5.53 del 27 aprile è iniziato il servizio viaggiatori regolare, dapprima limitato alla tratta Bergamo FS-Alzano Centro, quindi esteso fino ad Albino il successivo 10 giugno.

2. Il tracciato

Il progetto per la realizzazione di un sistema tramviario per il territorio bergamasco ha avuto alla base, fin dalle ipotesi iniziali, il riutilizzo del sedime delle "Ferrovie delle valli", che collegavano il capoluogo provinciale con la valle Seriana e la valle Brembana.

La Bergamo-Albino corre quindi interamente su un sedime ex-ferroviario, salvo un breve tratto in viadotto reso necessario per superare uno svincolo stradale di recente realizzazione.

La linea è lunga 12,550 km, interamente a doppio binario in sede propria.

(*) Direttore di Esercizio TEB SpA.

(1) Si veda: G. LEOPARDI, C. FERRUGGIA, L. MARTINELLI: *Treni & tramvie della bergamasca* - Ferrari Editrice, 1994.

(2) Il 22 aprile 2004 veniva approvato dal Consiglio Provinciale di Bergamo il "Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale", che riconduceva il progetto della metrotramvia della val Seriana, i cui lavori erano già in corso, in un ampio quadro di riferimento per lo sviluppo del sistema ferrotramviario bergamasco.

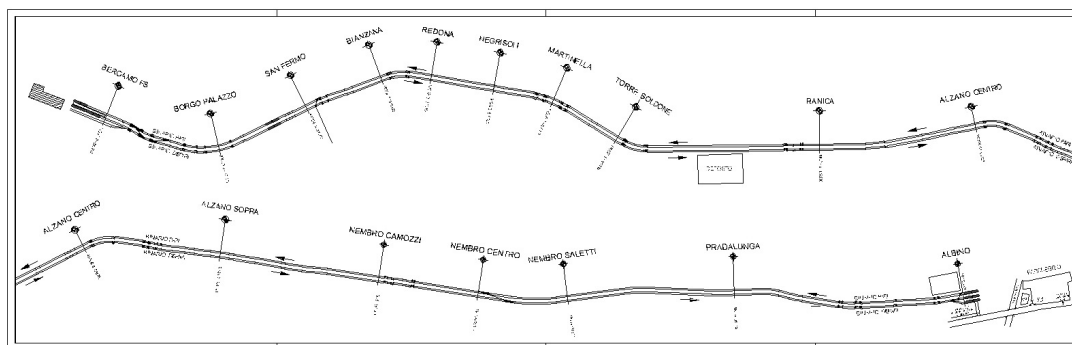


Foto 1 - Planimetria della linea Bergamo-Albino.

La stazione di partenza della linea si trova a poche decine di metri dalla stazione FS di Bergamo, nel piazzale che ospitava i treni FVS e FVB e che, con la cessazione del servizio ferroviario, venne convertito a capolinea degli autoservizi sostitutivi; esso è tutt'oggi utilizzato dagli autobus della S.A.B.⁽³⁾.

La stazione, denominata "Bergamo FS", ha un impianto a tre binari, di cui uno di servizio senza marciapiedi, ed è dotata di una doppia comunicazione pari/dispari/pari per consentire l'inversione di marcia dei tram.

Il Comune di Bergamo è servito da altre sei fermate (Borgo Palazzo, San Fermo, Bianzana, Redona, Negriscio e Martinella), tre delle quali consentono un facile interscambio con le linee di trasporto urbano, e tutte al servizio di zone variamente urbanizzate, interessate sia da traffico in origine per spostamenti verso le fermate più centrali, sia da traffico in destinazione proveniente dalla valle.

La linea tocca poi i Comuni di Torre Boldone e Ranica (una fermata ciascuno), Alzano Lombardo (due fermate), Nembro (quattro fermate) e Albino.

Il capolinea di Albino è a tre binari, serviti da due marciapiedi; qui è prevista la realizzazione di un interscambio con le autolinee SAB da/per l'alta valle, il cui programma di esercizio è stato oggetto di una radicale ristrutturazione per evitare una sovrapposizione di servizi rispetto alla tramvia.

L'interscambio sarà favorito da un regime di totale integrazione tariffaria.

Il riutilizzo dell'originario tracciato ferroviario ha comportato qualche inconveniente, ma anche qualche vantaggio.

Innanzitutto il tracciato ferroviario, essendo stato originariamente studiato per servire anche il traffico merci

generato dai numerosi opifici raccordati, in alcuni tratti corre ad una certa distanza rispetto ai centri storici: a ciò si è cercato di far fronte mediante la realizzazione di alcuni parcheggi di interscambio, mentre sulla tratta Nembro Centro-Alzano Centro è stato istituito un autoservizio di apporto alle fermate tramviarie.

Inoltre, fin dalla fase progettuale si è dovuto prevedere una notevole quantità di espropri di piccole e piccolissime dimensioni, dato che il tracciato originario, salvo che per un tratto di circa due chilometri partendo da Bergamo, comune alle due linee della val Brembana e della val Seriana, era dimensionato per una linea a binario unico larga poco meno di cinque metri, mentre l'attuale sede tramviaria ha una larghezza standard di 7,84 metri, oltre all'ingombro dei pali per la Trazione Elettrica.

Anche in fase esecutiva non sono mancate numerose contestazioni da parte dei proprietari dei terreni confinanti, sanate via via con un defatigante lavoro di concordamento.



Foto 2 - Il capolinea di Bergamo durante i lavori di costruzione.

⁽³⁾ La S.A.B., Società privata nata nel 1965, oggi parte del gruppo britannico Arriva, gestisce una quota rilevante delle autolinee suburbane e interurbane facenti capo a Bergamo.



Foto 3 - Prove di frenatura sul punto più acclive della linea, in prossimità della fermata "Ranica".

Infine, durante il periodo di abbandono sono stati realizzati, lungo e sotto il sedime, numerosi sottoservizi, anche di importanza sovracomunale (acquedotti, metanodotti, fognature, etc.), nonché diverse opere piccole e meno piccole (tratti di pista ciclabile, stradine di accesso a proprietà pubbliche e private, nuovi svincoli della viabilità circostante, box per auto, depositi di attrezzi, ripostigli per vini e salumi, giardinetti).

A queste difficoltà, alcune delle quali si sono rivelate solo dopo l'inizio dei lavori, si è dovuto far fronte con una intensa attività di adeguamento progettuale in corso d'opera.

D'altra parte, il tracciato gode di standard geometrici "ferroviari", molto favorevoli rispetto ai normali standard tramviari: le curve hanno un raggio elevato (mai inferiore a 250 m), sono sopraelevate e dotate di raccordi parabolici; le pendenze non penalizzano le prestazioni del tram, raggiungendo solo in un punto singolare il 51‰. Ciò consente di raggiungere in diversi tratti la velocità massima di



Foto 4 - Lavori in corso all'interno di uno stabilimento industriale.

70 km/ora, e sull'intero tracciato una velocità commerciale di 25 km/h, pur in presenza di ben 32 attraversamenti stradali a raso.

Un altro vantaggio derivante dall'utilizzo del tracciato ferroviario dismesso è che diverse aree industriali attraversate dalla linea hanno recentemente cambiato, o stanno per cambiare, destinazione d'uso. In alcune di esse potrebbero maturare le condizioni per lo sviluppo di interventi di valorizzazione e trasformazione (terziaria ma anche residenziale), innescando così un reciproco interesse: da una parte il tram migliorerà l'accessibilità a queste aree e potrà contribuire alla loro valorizzazione, dall'altra lo sviluppo insediativo di queste aree potrà generare traffico a beneficio del servizio tramviario.

3. Le fermate

Le fermate sono dotate di marciapiedi della lunghezza di 60 m, salvo Bergamo Redona, Nembro centro e Albino ove, per la ristrettezza degli spazi disponibili, si è dovuto realizzare marciapiedi di lunghezza ridotta, pari a 45 m. Questa riduzione non influisce sulla potenzialità della linea, dato che anche la lunghezza standard di 60 m non sarebbe comunque sufficiente ad ospitare due tram accoppiati.



Foto 5 - Una fermata-tipo: Torre Boldone.

L'altezza dei marciapiedi è di 35 cm sul piano del ferro, quindi a raso rispetto al pavimento del tram. Tutti i marciapiedi sono dotati di percorsi tattili per viaggiatori non vedenti, e sono collegati ai percorsi pedonali o ai marciapiedi della viabilità circostante mediante rampe.

Su ciascun marciapiede sono ubicate due pensiline in calcestruzzo e cristallo, una delle quali contiene gli armadi elettrici che alimentano l'illuminazione delle fermate stesse ed i semafori degli attraversamenti più vicini, mentre l'altra ospita una seduta per i viaggiatori in attesa e

una macchina emettitrice di biglietti.

Su ciascun marciapiede sono inoltre presenti un citofono per comunicazioni di emergenza con il Centro di Controllo, nonché due telecamere per la videosorveglianza del servizio.



Foto 6 - Una fermata-tipo: Ranica.

Tutte le fermate sono in rettilineo ed al piano di campagna, salvo la fermata di Bergamo Borgo Palazzo, che è invece ubicata in curva ed in trincea; ciascun marciapiede è servito da una coppia di scale mobili e da un ascensore che lo collegano alla soprastante via Borgo Palazzo, ove si trova la fermata di diverse linee urbane della ATB.

Delle quattordici fermate intermedie, cinque si trovano in corrispondenza di stazioni della ex FVS, delle quali però (con l'eccezione di Albino) non si sono potuti utilizzare i fabbricati viaggiatori, ormai distrutti o troppo fatiscenti per consentirne un effettivo recupero funzionale.

4. La sede e l'armamento

La sezione-tipo è costituita da un piano di regolamento compattato (tout-venant bitumato) su cui è steso uno strato di ballast con spessore minimo sotto traversa di 30 cm.

Particolare attenzione è stata data alla raccolta e smaltimento delle acque meteoriche: queste vengono trattenuate sotto il ballast e convogliate dalla pendenza naturale della linea (o, in alcune tratte, da una pendenza realizzata ad hoc) verso opportuni setti drenanti trasversali che a loro volta scaricano in pozzi perdenti di dimensione e profondità calcolata specificamente in ciascun punto, in relazione al carico idraulico previsto ed alla ricettività del terreno.

La linea è fiancheggiata per l'intero percorso da due polifore in c.a. contenenti ciascuna sei alloggiamenti per i cavi e le fibre ottiche necessarie per il funzionamento dei vari sistemi di comando e controllo.

Lungo la linea sono state utilizzate sia rotaie 50 UNI



Foto 7 - La fermata di Bergamo Borgo Palazzo in costruzione.

(“Vignole”), sia rotaie Ri59N (a gola), normalmente su traverse in c.a.p. su ballast, con scartamento ferroviario di 1435 mm.

In diversi tratti, in corrispondenza di opere d'arte o in vicinanza di alcuni impianti industriali con esigenze antibrazionali particolari, si è dovuto fare uso di armamenti speciali, costituiti o da traverse annegate in calcestruzzo con materassino elastomerico isolante posto sia inferiormente sia lateralmente, o da organi di attacco diretto di varia struttura (tipo “Milano modificato” e tipo “W-tram”).

Per alcuni attraversamenti stradali, per i quali era necessario ridurre al massimo i tempi di interruzione del traffico stradale per l'esecuzione dei lavori, è stato adottato un sistema di tipo massivo, costituito da platee prefabbricate in calcestruzzo armato complete dei dispositivi per il fissaggio dell'organo di attacco utilizzato anche sulle traverse. La pavimentazione carrabile è costituita da cappellette prefabbricate con finitura in pietra naturale, facilmente rimovibili per consentire la manutenzione ordinaria dell'armamento.

Le platee sono state posizionate in opera, con tempi di



Foto 8 - La posa di un attraversamento su platee prefabbricate: Bergamo, via Bianzana.

intervento particolarmente ridotti (normalmente meno di 48 ore).

In corrispondenza di tutte le fermate e in tutte le tratte ubicate in un contesto urbano, la sede è inerbita, per un totale di circa tre ettari di prato.

Lungo la linea sono collocati diversi scambi, sia per l'inversione di marcia ai capolinea, sia per l'attestamento di corse barrate presso alcune fermate intermedie, sia infine per l'ingresso al deposito.

Gli scambi di linea hanno normalmente un raggio di 50 m con tangente 0,16. Fanno eccezione la comunicazione doppia a ridosso della fermata di Bergamo San Fermo che comprende quattro scambi con raggio di 100 m e tangente 0,14, e lo scambio per l'accesso al terzo binario della stazione di Albino, ove la ristrettezza degli spazi ha imposto l'uso di un raggio 25 m e tangente 0,28.

In deposito, dove tutti gli spostamenti dovranno essere effettuati con riduzione di velocità a passo d'uomo, gli scambi hanno raggio pari a 25 m; è inoltre presente un apparecchio a pettine con 14 vie ad ago singolo per l'accesso ai binari di ricovero e di manutenzione.

Gli scambi normalmente utilizzati per l'esercizio sono motorizzati, salvo alcuni che – dovendo essere percorsi

sempre nella medesima direzione quando presi di punta – sono bloccati con ritorno elastico. Quelli usati solo in condizioni eccezionali (corse barrate per impedimenti lungo la linea, corse di prova, etc.) sono invece a comando manuale.

Gli scambi motorizzati sono dotati di fermascambio elettromeccanico in sicurezza, il quale a sua volta comanda un segnale che riporta al conducente, anch'esso in sicurezza, la posizione degli aghi.

Questa caratteristica, unita al fatto che nel passaggio sul cuore la ruota non poggia sul bordino ma sulla fascia di rotolamento, fa sì che potrebbero verificarsi le condizioni per consentire il transito sul ramo diritto degli scambi alla velocità di linea, o comunque con un rallentamento meno penalizzante di quanto per prassi viene imposto sulle linee tramviarie italiane.

L'argomento, ricco di implicazioni tecniche e normative, sarà oggetto di specifico approfondimento multidisciplinare in collaborazione con i competenti uffici ministeriali e con i fornitori del sistema di comando e dell'armamento.

5. La regolazione degli attraversamenti stradali

Lungo la linea tramviaria insistono ben 32 attraversamenti stradali, con caratteristiche molto diverse quanto a tipologia della strada interessata, stato dei luoghi, angolo di incidenza, traffico veicolare medio.

Particolare attenzione è stata quindi dedicata innanzitutto alla sicurezza, ed in secondo luogo anche alla regolarità dei flussi interessati, sia stradali che tramviari.

Nonostante una certa pressione di parte dell'opinione pubblica a favore della protezione degli attraversamenti con barriere di tipo ferroviario, una attenta valutazione comparata dei rischi e dei benefici derivanti da diverse soluzioni ha portato alla decisione, approvata dai competenti uffici del Ministero dei Trasporti, di regolare il traffico alle intersezioni con normali semafori stradali, soluzione peraltro compatibile con la vigente normativa.

Salvo alcuni attraversamenti pedonali in condizioni di ampia visibilità o a ridosso di una fermata, gli attraversamenti sono quindi regolati da semafori asserviti al passaggio del tram.

Tutte le lanterne sono a LED, con il rosso di diametro maggiorato, e sono ripetute sul lato sinistro, sia sulla strada che sulla linea tramviaria.

Inoltre, non essendo possibile in nessun punto della linea la circolazione promiscua di tram e veicoli stradali, si è potuto fare ricorso anche per le lanterne lato tram agli aspetti standard rosso – giallo – verde, a tutto vantaggio della visibilità notturna o con avverse condizioni meteorologiche.

Il semaforo è normalmente disposto al verde per il traffico stradale, e viene viceversa disposto al verde per il



Foto 9 - Il "pettine" per l'ingresso al deposito durante la posa della linea aerea.

tram solo quando una vettura tramviaria in avvicinamento prenota la propria fase tramite una spira induttiva posta ad adeguata distanza prima dell'attraversamento stesso; il verde stradale viene poi ripristinato non appena la vettura tramviaria, tramite un'altra spira induttiva, conferma di aver liberato l'attraversamento.

Il sistema prevede adeguati accorgimenti per fronteggiare in sicurezza anche situazioni anomale di circolazione, quali ad esempio l'imprevisto rallentamento o arresto di un tram fra la spira di prenotazione ed il corrispondente attraversamento.

Tutti gli attraversamenti sono stati progettati con il medesimo concetto e con la medesima componentistica, ma la regolazione di dettaglio è stata adattata a ciascun caso specifico, in base alla velocità di approccio del tram, alla presenza subito prima o subito dopo l'attraversamento di scambi o di fermate, ed alle condizioni di visibilità reciproche fra i conducenti del tram e gli automobilisti.

Con una adeguata regolazione dei cicli semaforici, il tram transita sull'attraversamento ad una velocità compresa fra i 5 ed i 30 km/h, in relazione alle condizioni locali, ed è costretto a fermarsi solo nei (rari) casi di accodamento o di incrocio con un altro tram.

Il passaggio del tram provoca una interruzione del transito stradale di circa 20 secondi, per 16 volte ogni ora, perfettamente compatibile, anche nelle ore di punta, con il traffico delle strade interessate.

6. Gli impianti di trazione elettrica

La linea è alimentata da 10 Sotto Stazioni Elettriche (SSE) alimentate dalla rete in media tensione attraverso collegamenti provenienti da cabine primarie differenti.

Ciascuna SSE è attrezzata con un gruppo di trasformazione/raddrizzamento della potenza nominale di 2000 kW alla tensione di 750 V in corrente continua.

La linea è sezionata elettricamente in varie tratte per mezzo di sezionamenti a spazio d'aria. L'alimentazione della linea di trazione è di tipo "bilaterale"; ogni tronco compreso tra due sezionamenti è, infatti, alimentato da entrambe le SSE disposte alle sue estremità. Il fuori servizio di una SSE viene quindi compensato dal sovraccarico delle adiacenti.

Le linee di contatto dei due binari di corsa sono tra loro separate elettricamente. Nelle comunicazioni pari/dispari, la separazione elettrica tra i due binari è realizzata con isolatori di sezione.

La linea aerea di contatto è costituita da due fili regolati con tiro di 1.500 kg e con sezione di 150 mm² ciascuno dal capolinea di Bergamo FS sino a Bergamo San Fermo (ove è prevista la diramazione per la Linea T2, della val Brembana) e di 107 mm² ciascuno sul resto della linea.

La campata in rettilineo ha una lunghezza massima di

40 m; la poligonazione è fissata, di norma, in ± 20 cm rispetto all'asse di percorrenza del pantografo.

Il piano di contatto viene tenuto normalmente a 5,20 m dal piano del ferro; in corrispondenza degli attraversamenti stradali l'altezza minima è di 5,00 m, salvo tre punti singolari, opportunamente segnalati.

7. Gli impianti elettrotramviari

Il Centro di Controllo Operativo (C.C.O.)

La regolarità del servizio e la corretta funzionalità degli impianti vengono monitorati in tempo reale da un centro di controllo presenziato da mezz'ora prima dell'uscita dal deposito del primo tram ad un quarto d'ora dopo il rientro dell'ultimo tram.

Il CCO è ubicato in una palazzina adiacente il deposito, nella quale trovano posto anche gli uffici della direzione d'esercizio, una sala per la formazione del personale di guida, il locale per il ritiro e la consegna dei documenti di vettura e dei turni.

Le postazioni di lavoro degli operatori sono dimensionate in modo da poter controllare anche l'esercizio di una futura seconda linea.

Dalle postazioni dedicate al movimento gli operatori controllano l'afflusso dei passeggeri alle fermate, verificano il rispetto dell'orario programmato, comandano gli instradamenti da/per i diversi binari del deposito e dell'officina, impartiscono disposizioni ai conducenti in caso di anomalie della circolazione (sospensione dell'esercizio, limitazione o soppressione di singole corse).

Dalle postazioni dedicate agli impianti gli operatori verificano lo stato delle SSE e dei sezionamenti in linea e possono intervenire sul riarmo degli interruttori di sotto-stazione; verificano inoltre il corretto funzionamento dei semafori alle intersezioni stradali, nonché delle scale mobili e degli ascensori installati alla fermata di Bergamo Borgo Palazzo.

Tutte le informazioni vengono convogliate su una rete dati proprietaria in fibra ottica ubicata nelle polifore adiacenti il binario, all'interno della sede tramviaria.

Sistema di comando scambi

Ogni tratta comprendente uno o più scambi viene supervisionata da un Posto Periferico di Controllo che recepisce una richiesta di instradamento formulata in remoto dal Centro di Controllo Operativo o in locale dal conducente mediante apposito dispositivo in cabina; il sistema quindi verifica l'assenza di instradamenti conflittuali, verifica tramite circuiti di binario l'assenza di altri tram nell'area supervisionata, blocca fino alla liberazione dell'area eventuali successive richieste di instradamenti in conflitto, aziona in sicurezza i deviatori e – tramite un apposito segnale – indica in sicurezza al Conducente se può occupare l'area e quale instradamento è stato predisposto.

Gli aspetti del segnale sono:

X fissa: il sistema è a riposo, oppure vi è uno scambio in discordanza;

X lampeggiante: la richiesta è stata memorizzata, ma al momento non è eseguibile;

<, oppure ^, oppure >: l'instradamento richiesto è libero e può essere percorso, rispettivamente in deviata a sinistra, in corretto tracciato o in deviata a destra.

Lo stato dei deviatoid è sempre controllato in locale; in caso di anomalia, questa viene segnalata al CCO.

Per gli instradamenti interni al deposito o di entrata/uscita dal deposito da/verso la linea, la richiesta può essere formulata solo dal CCO.

Dopo la liberazione dell'area il sistema attua in sequenza gli instradamenti richiesti dai veicoli successivi.

Grazie alle caratteristiche sopra esposte, e grazie al fatto che sugli scambi di questa linea – contrariamente a quanto avviene su altre tramvie in Italia – in corrispondenza del cuore la ruota poggia sulla fascia di rotolamento e non sul bordino, si pongono le condizioni per consentire il transito in sicurezza, senza restrizioni di velocità, sul ramo diritto degli scambi di linea.

Sistema di localizzazione dei veicoli

Il sistema fornisce agli operatori del Centro Operativo di Controllo (CCO) la posizione di ciascun tram, e – per le corse contenute nel programma di esercizio – l'anticipo/ritardo rispetto all'orario previsto.

Il sistema si basa sulla trasmissione al CCO, da parte di ciascun tram, della propria matricola e del proprio turno tramite spire induttive poste tra i binari a intervalli regolari; inoltre, il tram trasmette anche via radio (tramite un canale GPRS) la propria posizione calcolata sulla base di un segnale odometrico riferito a specifici punti noti.

Il sistema fornisce inoltre ai viaggiatori in attesa, tramite pannelli a messaggio variabile posti su ciascun marciapiede di fermata, la previsione di arrivo del prossimo tram.

Sistema audio e video di fermata

Ogni marciapiede di fermata è dotato di due telecamere: una inquadra l'area antistante l'interfono con cui i viaggiatori possono mettersi in contatto con il CCO, e si attiva automaticamente quando viene azionato il pulsante di chiamata; l'altra inquadra permanentemente il marciapiede, ed è orientata in modo da visualizzare la fiancata del tram durante la fase di incarozzamento.

Le immagini riprese dalle quattro telecamere sono registrate.

Il sistema riporta ai monitor installati presso il CCO, su ciascuno dei quali è possibile selezionare quattro immagini di banchina.

Gli operatori del CCO possono anche disattivare in ogni momento uno o più interfonici, nel qual caso il server emetterà, all'atto della chiamata, un opportuno messaggio informativo.

Mediante la funzione di diffusione sonora gli operatori del CCO possono selezionare una, più, o tutte le fermate e inviare un messaggio vocale diretto o preregistrato.

8. Il materiale rotabile e il deposito

La flotta è costituita da 14 tram "Sirio Bergamo", prodotti da AnsaldoBreda.



Foto 10 - Il Sirio Bergamo n. 5 alla stazione capolinea di Albino, in occasione della prima corsa di prova sull'ultima tratta.

Il Sirio Bergamo differisce dai più numerosi e più noti Sirio Milano principalmente per la bidirezionalità, le cui conseguenze più evidenti sono naturalmente la presenza di due cabine di guida e di porte per il servizio viaggiatori su entrambi i lati.

Il Sirio Bergamo è lungo 32,06 m, ha cinque casse su tre carrelli e offre 62 posti a sedere e 177 in piedi con lo standard di 6 pax/mq.

Ciascuno dei due carrelli di estremità è dotato di due motori da 106 kW, alimentati da inverter, ciascuno dei quali aziona due ruote tramite un sofisticato sistema riduttore/differenziale autosbloccante/albero di trasmissione. Il carrello intermedio non è motorizzato.

L'accoppiamento di due tram è previsto solo per il recupero di un tram guasto; l'accoppiamento per servizi in doppia composizione non è attualmente previsto.

La velocità massima è di 70 km/h.

Il profilo delle ruote è caratterizzato da un bordino di tipo ferroviario, originariamente deciso in vista di un eventuale futuro sviluppo di una soluzione tipo "tram-treno". Ciò ha comportato una riduzione in larghezza della

fascia di rotolamento, stante la limitazione imposta dalla configurazione del carrello alla larghezza complessiva del cerchione. Inoltre, in corrispondenza degli scambi di linea l'appoggio è sostenuto dalla fascia di rotolamento sulla punta del cuore, anziché dal bordino sul fondo della gola.

L'usura degli elementi critici sarà oggetto di accurato monitoraggio.

Il design del veicolo è stato curato da Pininfarina, mentre il colore e l'arredamento interno sono stati curati da Krizia.

Ciascun tram è dotato dei consueti sistemi di ausilio per i viaggiatori diversamente abili (due postazioni per sedie su ruote, messaggi sonori di avviso della prossima fermata e per l'individuazione delle porte).

Il parco rotabili comprende inoltre un autocarro strada-rotai attrezzato e dimensionato per trainare un tram guasto e completamente inattivo, anche nelle peggiori condizioni altimetriche della linea; l'autocarro è inoltre dotato di pedana sollevabile per la manutenzione della linea di trazione elettrica, e di piastra anteriore per l'installazione di un vomere spazzaneve o – in alternativa – di una barra falciante per il taglio dell'erba sui tratti di linea inerbiti.



Foto 11 - Il Sirio Bergamo n. 1 entra per la prima volta nel deposito TEB di Ranica, al traino del veicolo di manutenzione e soccorso.

All'autocarro può essere agganciato un rimorchio tramviario dotato di sistema aspirante per rimuovere dalla linea l'erba appena falciata e rifiuti di qualunque genere, nonché di un sistema di innaffiamento dei tratti inerbiti della capacità di 6.000 litri.

Il deposito-officina, ubicato circa a metà della linea, occupa un'area di circa 33.000 m², di cui circa 6.500 coperti.

L'edificio principale ospita 12 binari di ricovero per una capacità totale di 24 tram, un binario per il lavaggio ed il rifornimento sabbia, due binari su pilastri dotati anche di passerelle sopraelevate per le manutenzioni da effettuare nel sottocassa e sull'imperiale, un binario con fossa per il sollevamento e lo scarrellamento del tram, ed un binario con un tornio in fossa.



Foto 12 - L'interno del deposito.

Lo stesso edificio contiene anche gli uffici, i magazzini e gli spogliatoi necessari per le attività di manutenzione e pulizia dei tram, e due Sotto Stazioni Elettriche, una delle quali alimenta il tratto di linea adiacente e l'altra alimenta l'intero deposito.

9. L'esercizio

L'esercizio è stato provvisoriamente affidato alla TEB fino al collaudo definitivo della linea, dei veicoli e degli impianti.

Tutti i principali dimensionamenti (numero di veicoli, capacità del deposito e dell'officina, potenza installata nelle SSE) sono coerenti con le massime previsioni di traffico elaborate a suo tempo nell'ambito degli studi preliminari del sistema di trasporto su ferro della Provincia e del Comune di Bergamo⁽⁴⁾.

Anche il programma di esercizio di riferimento è quindi coerente con una domanda di traffico di lungo periodo, stimata nell'ipotesi che si realizzino condizioni particolarmente favorevoli all'utilizzo del mezzo pubblico in generale, e della tramvia in particolare.

Nella realtà, l'offerta di servizio tramviario si va evolvendo gradualmente, in sintonia con le condizioni al contorno che si possono via via verificare.

Si stanno quindi attuando tre diverse fasi di esercizio:

Prima fase

Dal 27 aprile al 9 giugno 2009 si è svolto un servizio ridotto sulla tratta parziale da Bergamo FS a Alzano Centro, basato su un cadenzamento di una corsa ogni mezz'ora

⁽⁴⁾ Centro Studi Traffico: Tramvia delle Valli Bergamasche, tratta Bergamo-Albino: definizione della domanda potenziale, luglio 2001.

(un'ora nei festivi) con rinforzi nei periodi di punta fino ad una corsa ogni 15' in ciascuna direzione.

In questo periodo non ci sono state modifiche al servizio automobilistico della zona, né sulle linee urbane né su quelle interurbane.

Alcune funzionalità degli impianti, non attinenti alla sicurezza, non sono state attivate (segnalazione del tempo di attesa sui display di fermata, annunci sonori a bordo, e altre minori). Non sono ancora attivi i parcheggi di interscambio.

Seconda fase

Dal 10 giugno al 13 settembre 2009 si svolge servizio sull'intera linea fino ad Albino, basato su un cadenzamento fisso di 15' per tutta la giornata (30' nei festivi e nelle due settimane centrali di agosto), ritenuto sufficiente in considerazione dell'assenza di domanda scolastica.

Viene attuata la ristrutturazione del servizio automobilistico.

Vengono attivate gradualmente e sperimentate a fondo tutte le funzionalità dei veicoli e degli impianti.

Fase finale

Dal 14 settembre 2009 viene attuato il programma di esercizio definitivo, identico a quello della fase precedente ma con rinforzi nelle ore di punta fino a 8 corse/ora per direzione, senza escludere la possibilità, se la domanda sarà particolarmente intensa in specifiche fasce orarie, di arrivare ad una frequenza di picco di una corsa ogni 5', pari ad un'offerta di oltre 1400 posti in mezz'ora.

Il tempo di percorrenza sull'intera linea di 12,5 km è di 30', risultato sicuramente inusuale nel panorama tramviario europeo; ancora più interessante è la prestazione del sistema sulla tratta più propriamente urbana, ove la velocità commerciale è più bassa ma comunque superiore ai 19 km/h, con elevatissima regolarità anche nelle ore di punta.

Tutte le fasi di progressiva messa in servizio sono state precedute e accompagnate da attività di promozione e comunicazione particolarmente attente, allo scopo di atti-



Foto 13 - Il primo ingresso di un Sirio Bergamo alla stazione capolinea di Bergamo FS.

rare verso la tramvia un consenso convinto e basato su fatti reali.

10. Gli sviluppi futuri

La dimensione relativamente contenuta del costo finale dell'opera, decisamente inferiore alla media europea grazie soprattutto all'utilizzo di sedimi ferroviari dismessi, ed i tempi di realizzazione pure abbastanza contenuti (circa quattro anni effettivi) porterebbero a guardare con una certa fiducia nella possibilità di proseguire nella realizzazione di quanto previsto dalla pianificazione provinciale e comunale di Bergamo.

In questo senso, si è già provveduto a completare e ad approfondire la progettazione preliminare di una seconda linea da Bergamo verso Villa d'Almè, lungo il tracciato della ex Ferrovia della Val Brembana, e di una terza linea con connotazioni specificamente urbane lungo l'asse principale della città di Bergamo in direzione est-ovest, connessa in più punti con le due linee precedenti e con le stazioni delle Ferrovie dello Stato.