



Associazione Ferrovia Mantova Peschiera

## VELOCIZZAZIONE DEL TRACCIATO DELLA NUOVA FERROVIA MANTOVA PESCHIERA

### Studio preliminare di fattibilità

#### Caratteristiche della linea desumibili dalle planimetriche originali

Le planimetrie originali della linea evidenziano un tracciato con caratteristiche piuttosto eterogenee tra la parte pianeggiante e quella collinare. La prima, compresa tra le stazioni di S. Antonio Mantovano e Pozzolo, è caratterizzata da un andamento nel complesso abbastanza favorevole per un'adeguata velocizzazione, mentre la seconda, compresa tra Pozzolo e Peschiera, si presenta alquanto tortuosa, suggerendo la necessità di intervenire con la correzione di un maggior numero di curve, senza per altro ottenere la stessa efficacia riscontrabile nel tratto pianeggiante. I raggi di curvatura, mai inferiori a 300 m anche nella seconda tratta, fatta eccezione per una curva in ingresso a Peschiera sul tracciato ormai devastato, consentirebbero in teoria velocità più che soddisfacenti per una linea di queste caratteristiche. Già su curve con raggio di 300 m, come si può riscontrare dall'apposita tabella (allegato 2), adottando la massima sopraelevazione consentita della rotaia esterna (16 cm), e ammettendo un'accelerazione centrifuga non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C), si potrebbe ottenere una velocità di 89 Km/h. Purtroppo però il tracciato originario venne progettato con caratteristiche geometriche idonee ad una velocità massima di 60 Km/h; dalla planimetria non risulta infatti la presenza di raccordi parabolici, e ciò è coerente con quanto si desume dalla tabella diramata dalle FS nell'agosto 1942 (Allegato1). Da tale tabella, i cui valori corrispondono a quelli attualmente previsti per il rango B, si constata infatti che soltanto su una curva di 300 m alla velocità di 60 Km/h è necessaria la sopraelevazione della rotaia esterna, però il valore della sopraelevazione richiesta è decisamente piccolo ( $h = 2 \text{ cm}$ ); ne consegue una limitata estensione (L) della rampa di raccordo verticale della rotaia esterna tra rettilineo e curva. Con la prevista pendenza del 2 per mille la lunghezza di tale rampa avrebbe dovuto essere:

$$L = h / 0,002 = 10 \text{ m}$$

E' presumibile che, considerata la limitata velocità della linea, i raccordi parabolici non siano stati realizzati, e che la rampa di raccordo verticale della rotaia esterna sia stata inserita per 5 metri in rettilineo e per altri 5 metri in curva. Dalla stessa tabella si constata che già su curve con raggio di 350 m a 60 km/h non è più necessaria la sopraelevazione, e di conseguenza non sono nemmeno necessari i raccordi parabolici (E' noto che di norma tali raccordi

vengono realizzati soltanto in presenza di rampe di raccordo verticale, adottando un'estensione identica a tali rampe).

## **Sintesi dei risultati ottenuti dalle tabelle**

Da quanto riscontrato emerge dunque che per velocizzare la linea è necessario prevedere, in corrispondenza della maggior parte delle curve, oltre alla sopraelevazione della rotaia esterna, anche gli spostamenti del binario lato interno curva, come conseguenza diretta dell'inserimento dei raccordi parabolici. Allo scopo di poter procedere ad un'agevole valutazione dell'entità di tali spostamenti e della lunghezza dei raccordi parabolici per ciascun raggio di curvatura e per ciascun livello di velocità, non essendo stata divulgata una tabella analoga a quella del 1942 anche per il rango C, è stata predisposta una tabella di calcolo automatico più completa, basata su normali fogli di lavoro Excel. Il programma impostato ha così consentito di ottenere automaticamente per tutti i livelli di velocità ammessi su di una curva in rango C, la misura della sopraelevazione della rotaia esterna, la lunghezza del raccordo parabolico e l'ordinata del punto di tangenza del raccordo parabolico con la curva (in altre parole lo spostamento dell'estremità del raccordo parabolico rispetto alla precedente posizione del binario posto in rettilineo). Quest'ultimo valore permette di apprezzare con ottima approssimazione l'entità della traslazione dell'intera curva verso il suo centro, e di conseguenza la complessità dell'intervento necessario per ottenere quella velocità. Può inoltre essere verificata la fattibilità dell'intervento di velocizzazione della linea qualora curve e controcurve si succedano a breve distanza, rendendo problematico l'inserimento dei raccordi parabolici in relazione alla loro estensione (In questo caso occorre però conoscere con esattezza l'estensione dei rettilinei inseriti tra due curve successive, cosa pressoché impossibile con la scala delle planimetrie originali). Per una valutazione complessiva delle soluzioni a disposizione, è dunque comodo inserire nelle tabelle in successione tutti valori di velocità compresi tra quello minimo e quello massimo ammesso con sopraelevazione massima della rotaia esterna ( $h = 16 \text{ cm}$ ). Per valore minimo stabiliamo convenzionalmente di intendere quello corrispondente alla velocità che non richiede sopraelevazione e quindi nemmeno raccordo parabolico, essendo l'accelerazione centrifuga inferiore al valore di  $1 \text{ m/sec}^2$  ammesso dal rango C. Inoltre per comodità inseriamo i valori di velocità con scalini di  $5 \text{ Km/h}$ , in conformità a quanto previsto dalla normativa del segnalamento FS. Per ridurre la lunghezza dei raccordi parabolici e limitare quindi gli spostamenti del binario lato interno curva, sono stati adottati sistematicamente come sulla Merano Malles i valori di pendenza della rampa di raccordo verticale ammessi da FS soltanto in via eccezionale, in caso di mancanza di spazio sufficiente sui rettilinei attigui o all'interno delle curve. Le tabelle elaborate evidenziano un risultato di carattere generale molto significativo per le scelte da adottare: all'aumentare del livello di velocizzazione, il conseguente spostamento del binario all'interno della curva cresce in misura sempre maggiore, o con maggior chiarezza, all'aumentare dello spostamento del binario, la velocità che si può ottenere cresce in misura sempre minore, rendendo oltre un certo limite di dubbia convenienza economica modifiche di tracciato piuttosto impegnative (vedi figura 1). Poiché la linea presenta il maggior numero di curve con raggi di 500 e di 300 metri, è utile esaminare nel dettaglio i risultati desumibili dalle rispettive tabelle allegate. Nel caso di curve con raggio di 500 m la velocità limite raggiungibile è di  $115 \text{ Km/h}$ , ma in questo caso occorrerebbe inserire raccordi parabolici della lunghezza di 106 metri e la curva dovrebbe essere traslata verso il centro di 3,75 metri. Con la velocità di  $80 \text{ Km/h}$ , non essendo necessaria la sopraelevazione della rotaia esterna, non occorre realizzare i raccordi parabolici e quindi la curva può essere mantenuta nella posizione originaria. Portando la velocità a  $90 \text{ Km/h}$  devono essere inseriti raccordi parabolici della lunghezza di 19 m, e la curva subisce una traslazione verso il centro di circa 12 cm. Con un ulteriore innalzamento della velocità a  $100 \text{ Km/h}$  i raccordi parabolici devono essere di 41 m e la curva viene traslata di circa 57 cm. Si è pertanto ritenuto che la velocità di  $90 \text{ km/h}$  possa costituire un compromesso ragionevole per una velocizzazione della linea con interventi minimi. Su curve con raggio di 300 m alla velocità di  $60 \text{ Km/h}$  non occorrono né raccordi parabolici né traslazioni di curve (si tenga presente che con il nuovo tracciato

abbiamo adottato il rango C). Alla velocità di 70 Km/h si rendono invece necessari raccordi parabolici di 20 m e traslazioni delle curve di circa 21 cm. Alla velocità di 80 Km/h i raccordi parabolici assumono il valore di 49 m e occorrono traslazioni di ben 135 cm. In base al criterio adottato si è pertanto ritenuta accettabile la velocità di 70 Km/h. La situazione ottimale si presenta soltanto sulle curve con raggio di 1000 m, ove con una traslazione di soli 23 cm possono essere raggiunti i 130 Km/h; purtroppo però curve con questo raggio sono presenti soltanto in brevi tratte sulla parte bassa della linea.



Figura 1 -Rappresentazione grafica della velocità che si vuole ottenere in funzione dello spostamento Y del binario, all'estremità del raccordo parabolico (Si tenga sempre presente che gli aumenti di velocità non sono direttamente determinati dagli spostamenti del binario, bensì dalla connessa sopraelevazione della rotaia esterna).

## Ipotesi d'intervento

In base a quanto esposto in precedenza, è chiaro che l'aumento di velocità della linea non può essere scelto a piacimento, ma deve derivare da una prudente analisi dei costi e dei benefici in termini di tempi di percorrenza. La seconda valutazione risulta abbastanza agevole una volta note le caratteristiche dei mezzi di trazione e del tipo di servizio che si vuole effettuare sulla linea; la determinazione dei costi derivanti dalla correzione delle curve risulta invece più laboriosa, perché implica un'adeguata conoscenza delle condizioni dei rilevati da un punto di vista geotecnico, dell'eventuale presenza e stato di conservazione di ponticelli, tombini e sifoni da ricostruire

o adeguare, nonché dell'eventuale necessità di espropri e di demolizione di fabbricati privati. L'obiettivo di un consistente aumento di velocità potrebbe comportare dunque costi eccessivi e compromettere gli sforzi per un ripristino della linea; del resto gli spostamenti più contenuti del binario sono quelli che realizzano gli incrementi di velocità più consistenti, come viene ben evidenziato dall'andamento del grafico di figura 1. Nella proposta che segue, si è ritenuto quindi di fare riferimento a correzioni di curve che richiedono spostamenti del binario abbastanza contenuti (dell'ordine dei 20 cm), in modo tale che i connessi interventi d'adeguamento dei rilevati risultino minimi, e comunque irrilevanti in rapporto alla necessaria bonifica dei medesimi, ormai invasi da una folta vegetazione. Al fine di utilizzare al massimo le prestazioni di accelerazione e frenatura dei moderni mezzi di trazione, sfruttando per quanto possibile le potenzialità di un tracciato alquanto tortuoso, si è ritenuto di derogare nei limiti del buon senso e delle prestazioni dell'impianto di segnalamento, dalla norma FS che impone un'estensione minima di 2 Km tra due successivi punti di variazione di velocità. In coerenza a tale logica è stata sviluppata l'ipotesi di velocizzazione esposta di seguito, basata sulla correzione di tutte le curve che condizionano la velocità della tratta su cui sono inserite. Queste considerazioni dovrebbero aver esplicitato adeguatamente il criterio da adottare, pertanto nella descrizione seguente non verrà riportato il tipo di intervento in previsione su ogni curva, ma sarà semplicemente evidenziata la velocità di ogni singola tratta con caratteristiche planimetriche sufficientemente omogenee. La presenza di curve immediatamente attigue alla punta dei vecchi deviatoi estremi di stazione, citata come criticità, di per sé non costituisce un ostacolo insormontabile per l'inserimento dei raccordi parabolici, tuttavia richiederà al momento opportuno una verifica sul posto, al fine di valutare la possibilità di traslazione di entrambe i deviatoi estremi, senza compromettere la lunghezza del binario d'incrocio. Ecco dunque un'esposizione sintetica della velocizzazione che si ipotizza sulla linea:

#### Tratta S. Antonio Mantovano (e) – Marmirolo (i)

- **75 Km/h** sulla curva in uscita da S. Antonio (Criticità: il deviatoio estremo della stazione limita l'estensione del raccordo parabolico impedendo di ottenere una velocità più elevata)
- **130 Km/h** fino alla curva di raggio 500 m ubicata in precedenza a Marmirolo; adottando invece una velocità di 115 Km/ non occorrerebbe nessuna correzione di tracciato.
- **90 Km/h** fino al deviatoio estremo di Marmirolo lato Peschiera.

#### Tratta Marmirolo (e) – Roverbella (i)

- **75 Km/h** sulla curva di 350 m in uscita da Marmirolo (Criticità: il deviatoio estremo della stazione limita l'estensione del raccordo parabolico)
- **90 Km/h** fino alla stazione di Roverbella compresa. Si presenta soltanto un abbattimento di velocità a **70 km/h** su una curva di breve estensione in precedenza a San Brizio

#### Tratta Roverbella (e) – Pozzolo (i)

- **130 Km/h** fino alla stazione di Pozzolo compresa.

### Tratta Pozzolo (e) – Valeggio (i)

- **90 km/h** in uscita da Pozzolo fino alla progressiva 18 + 475 circa
- **70 Km/h** per un breve tratto caratterizzato dalla presenza di curva e controcurva con raggi rispettivamente di 300 e 500 m, separate da brevissimo rettilineo (Criticità: occorrerà verificare la possibilità d'inserimento del raccordo parabolico relativo alla curva di 300 m, in caso contrario la velocità dovrà essere mantenuta a 60 Km/h).
- **110 Km/h** per circa 1 Km.
- **80 Km/h** sulle due curve che precedono Valeggio, fino alla stazione di Valeggio compresa.

### Tratta Valeggio (e) – Monzambano (i)

- **60 Km/h** sulla curva di 300 m di raggio in uscita da Valeggio (Criticità: l'innesto diretto della curva sul deviatoio estremo di Valeggio lato Peschiera, e la presenza del fornace del ponte scaligero impediscono presumibilmente ogni correzione di tracciato).
- **80 Km/h** fino alla curva di 300 m che precede la stazione di Monzambano
- **70 Km/h** nella stazione di Monzambano per la presenza di una curva con raggio di 300 m in ingresso.

### Tratta Monzambano (e) – Peschiera (i)

- **60 Km/h** sulla curva con raggio di 300 m in uscita dalla stazione di Monzambano (Criticità: problematico l'inserimento del raccordo parabolico a causa della mancanza di spazio tra curva e deviatoio estremo della stazione).
- **115 Km/h** fino al rettilineo antistante la curva che precede l'ex raccordo torrente Valle (Non sono richieste correzioni di tracciato).
- **80 Km/h** dalla curva con raggio di 400 m precedente l'ex raccordo Valle fino al limite sud dell'area del depuratore di Peschiera. Abbattimento della velocità a **60 Km/h** sulla serie di tre curve e controcurve ubicate in breve successione in precedenza alla fermata di Salionze, realizzate probabilmente per aggirare ostacoli naturali; all'epoca di redazione della planimetria il Mincio non appariva ancora incanalato, e scorreva tortuoso a ridosso della sede ferroviaria (Criticità: per elevare a 70 Km/h la velocità su queste curve occorre verificare la possibilità di inserimento di un raccordo di 14 m tra la curva con raggio 500 m e quella con raggio 300; la soluzione ottimale sarebbe però una breve modifica di tracciato tale da consentire la sostituzione di queste 3 curve con un'unica curva di raggio adeguato per il mantenimento della velocità di 80 Km/h su tutta la tratta).
- **Velocità da definire** nell'ambito della futura riprogettazione del tracciato, dal limite sud dell'area del depuratore fino alla stazione di Peschiera FS; il vecchio tracciato

risulta per buona parte compromesso dalla presenza di nuovi insediamenti (i più significativi sono il depuratore, lo svincolo autostradale, la terza corsia, e la tangenziale). Su questo tratto dovrebbe essere inserita la prevista diramazione per Gardaland (le diramazioni potrebbero anche essere due per consentire l'accesso diretto dei treni, senza necessità di retrocessione, sia per le provenienze da Mantova che da Peschiera FS).

## **Conclusione**

Dall'ipotesi formulata si riscontra che alcune delle brevi tratte di linea, contraddistinte da un sensibile abbattimento della velocità, sono immediatamente attigue alle stazioni, di conseguenza incidono in maniera trascurabile sulla velocità media di treni aventi fermata. Nonostante ciò, la tortuosità complessiva del tracciato impone di poter sfruttare al massimo le doti di accelerazione e frenatura dei mezzi di trazione, al fine di minimizzare i tempi di percorrenza, rendendo il servizio ferroviario veramente competitivo rispetto ai mezzi su gomma. Perché ciò sia possibile, occorrerà prevedere fin dall'inizio un impianto di segnalamento caratterizzato da adeguate prestazioni per quanto riguarda il Sistema di Controllo Marcia Treno (SCMT). Quello adottato sulla Merano – Malles non si presenta particolarmente idoneo da questo punto di vista, perché il controllo di velocità è impostato utilizzando i circuiti di binario delle stazioni e delle sezioni di blocco, la cui lunghezza non può essere scelta a piacimento in relazione all'ubicazione dei punti di variazione della velocità e dei connessi punti di inizio della frenatura da parte dei macchinisti. Risulta invece decisamente più idoneo a garantire le velocità ipotizzate dal presente studio, un Sistema di Controllo Marcia Treno di tipo discontinuo, molto più flessibile allo scopo, essendo basato sull'impiego di boe, installabili secondo le esigenze nei punti della linea ove deve essere segnalata al macchinista e al sistema di bordo una variazione di velocità.

San Genesio ed Uniti, 15/09/06

Italo Cremasco

## Indice degli allegati

Allegato 1 – Tabella delle sopraelevazioni calcolate per una accelerazione non compensata di  $80 \text{ cm/sec}^2$  (diramata da FS con circolare del 1 Agosto 1942) Allegato 2 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 300 m, (proprietà Associazione FMP). Allegato 3 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 350 m, (proprietà Associazione FMP). Allegato 4 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 400 m, (proprietà Associazione FMP). Allegato 5 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 500 m, (proprietà Associazione FMP). Allegato 6 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 600 m, (proprietà Associazione FMP). Allegato 7 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 700 m, (proprietà Associazione FMP). Allegato 8 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 800 m, (proprietà Associazione FMP). Allegato 9 – Tabella dei parametri geometrici del binario con accelerazione non compensata di  $1 \text{ m/sec}^2$  (Rango C) - curve di 1000 m, (proprietà Associazione FMP).



# ATTENZIONE

L'ASSOCIAZIONE HA DISPONIBILE:

- TUTTE LE RECENTI VARIANTI DI TRACCIATO, SCATURITE DALLE RISULTANZE DI SOPRALLUOGHI AI SITI DELLA VECCHIA LINEA,
- LA COMPLETA RAPPRESENTAZIONE TABELLARE DEI PARAMETRI GEOMETRICI DEL BINARIO SU CURVE A PARTIRE DA  $R = 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800$  E  $1000$ .

ABBIAMO PRESO IN ESAME E VALUTATO OGNI POSSIBILITA' DI REALIZZAZIONE PRATICA DELLA LINEA, CON LE RELATIVE VELOCITA' SULLE VARIE TRATTE, A SECONDA DEI RISULTATI CHE SI VORRANNO OTTENERE.

TALI DATI SONO RISERVATI E PER UNA LORO EVENTUALE VISIONE E DISCUSSIONE, E' NECESSARIO CONTATTARE LA PRESIDENZA F.M.P.