



Provincia di Cremona



Allegato 3: Caratteristiche, problemi e prospettive della rete ferroviaria cremonese

***Allegato 3:Caratteristiche, problemi e prospettive della rete
ferroviaria cremonese***

Approvato con Del.C.P. n. 21 del 18 febbraio 2004

Settore Territorio e Trasporti: Arch. Maurizio Rossi, Arch. Anna Gozzi

Redazione: Prof. Francesco Perticaroli

INDICE

1.	CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE	4
1.1	PREMESSA	4
1.2	LA POTENZIALITÀ	4
1.2.1	Il concetto di potenzialità	4
1.2.2	Utilizzazione della potenzialità teorica	6
1.3	IL SISTEMA DI BLOCCO	7
1.4	GLI INCROCI	8
1.4.1	Svolgimento degli incroci	8
1.4.2	Perditempi d'incrocio	9
1.5	LE VELOCITÀ	10
1.6	I PASSAGGI A LIVELLO	12
1.7	I SOTTOPASSAGGI	13
2.	LA RETE CREMONESE	14
2.1	LA LINEA BRESCIA - CREMONA – FIDENZA	14
2.2	LA LINEA CREMONA – PIACENZA	14
2.3	LA LINEA BRESCIA – PIADENA – PARMA	15
3.	I SERVIZI	16
3.1	LE FUNZIONI DELLA RETE	16
3.2	IL SERVIZIO SULLA LINEA CREMONA – TREVIGLIO	16
3.2.1	Composizione dei treni	16
3.2.2	Il servizio e l'affluenza	17
3.2.3	Incroci	18
3.2.4	Velocità e percorrenze	19
3.2.5	Conclusioni	20
3.3	IL SERVIZIO SULLA LINEA CREMONA – CODOGNO – MILANO	21
3.3.1	Composizione dei treni e velocità	21
3.3.2	Dati di affluenza	21

3.3.3	La punta mattinatale da Codogno a Milano	22
3.3.4	Gli incroci	23
3.4	IL SERVIZIO SULLE ALTRE LINEE	24
3.5	I TRASBORDI	25
3.5.1	Recapiti a Milano delle direttrici provenienti da Cremona	25
3.5.2	Facilitazione dei trasbordi	25
3.5.3	I servizi del Passante	26
4.	POSSIBILI INTERVENTI	28
4.1	INTERVENTI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL'OFFERTA	28
4.2	CIRCOLAZIONE FUTURA: PROGRAMMA MINIMO DI POTENZIAMENTO	28
4.3	I RADDOPPI SELETTIVI	29
4.4	GLI ITINERARI ALTERNATIVI	31
4.4.1	Generalità	31
4.4.2	La posizione di Cremona	32
4.5	CONCLUSIONI	33
5.	RIFERIMENTI	34
5.1	TABELLE	34
5.2	FIGURE	34
5.3	BIBLIOGRAFIA	34

1. CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE

1.1 PREMESSA

La presente relazione esamina le caratteristiche della rete ferroviaria che interessa la Provincia di Cremona, costituita dalle linee che si incrociano nel Capoluogo (Codogno – Cremona - Mantova e Treviglio/Brescia - Cremona - Fidenza/Piacenza), nonché dalla Brescia - Piadena - Parma (figura 1).

Scopo di tale esame è l'individuazione dei provvedimenti atti a migliorare, almeno in parte, la qualità dell'offerta.

Nel medesimo tempo si ritiene necessario valutare le prospettive di sviluppo della rete che, secondo i programmi noti, dovrebbe in futuro essere utilizzata per traffici merci di transito (i cosiddetti "*itinerari alternativi*").

Trattandosi di argomenti strettamente legati a quelli sviluppati nella *Relazione P047* del 31.01.2001, saranno conservati i riferimenti bibliografici e la numerazione delle tabelle e delle figure, salvo le necessarie aggiunte.

Riprendendo e completando argomenti già trattati in parte nella predetta relazione, vengono svolte alcune considerazioni tecniche generali sui parametri caratterizzanti la rete ferroviaria cremonese, per meglio comprenderne gli aspetti di criticità e delineare le possibili linee d'intervento.

1.2 LA POTENZIALITÀ

1.2.1 Il concetto di potenzialità

L'analisi di una rete ferroviaria e dei servizi da essa svolti presuppone la conoscenza della *potenzialità teorica P* dei singoli lati della maglia, intesa come numero complessivo di treni che possono circolare nei due sensi di marcia, *in condizioni teoriche di perfetta regolarità*, cioè nell'ipotesi che tutti i treni rispettino scrupolosamente gli orari stabiliti.

Nota la potenzialità riferita ad un determinato arco temporale, in funzione del *numero N di treni* effettivamente circolanti è possibile determinare il *grado di utilizzazione*:

$$u = N/P,$$

che è un indicatore delle condizioni nelle quali si svolge il servizio.

La definizione di P è notoriamente molto ardua (si veda, per esempio, il riferimento [14]), poichè dipende da un gran numero di fattori, non tutti univocamente quantificabili. Un elenco esemplificativo, anche se non esaustivo, comprende:

- le caratteristiche infrastrutturali, tra le quali in primo luogo la presenza del semplice o doppio binario;
- le tipologie degli impianti di segnalamento e, in generale, di controllo della circolazione;
- le caratteristiche della circolazione, cioè le tipologie dei convogli viaggiatori e merci e, soprattutto, le loro velocità medie. L'*eterotachicità* gioca un ruolo fortemente negativo: essa, purtroppo, è inevitabile se nella linea considerata debbono circolare treni di diverso tipo viaggiatori e merci, marcianti a velocità tra loro molto diverse. Ideale è, evidentemente, una circolazione omogenea e omotachica, tipica delle metropolitane e delle ferrovie dedicate esclusivamente al traffico viaggiatori locale (Passante di Milano, ad esempio).

L'intervallo di riferimento da prendere in considerazione nella determinazione dei valori P ed N può essere limitato a 1 o 2 ore di punta (*potenzialità oraria o bioraria di punta* P_p), oppure all'intera giornata (P_d).

Quest'ultima misura il numero di treni viaggiatori e merci che si potrebbero teoricamente far circolare ogni giorno ripetitivamente¹ e tiene conto, ovviamente:

- della durata giornaliera del servizio, sempre inferiore alle 24 ore²;
- dei periodi di sospensione della circolazione per i quotidiani controlli e per la manutenzione.

Nelle linee a doppio binario la potenzialità di punta P_p può essere incrementata rispetto alla media corrispondente a P_d , rendendo quasi omotachica la circolazione: ciò significa sacrificare la marcia dei treni più veloci, adeguandola a quella dei treni più lenti.

Per delineare nel suo insieme la capacità di una linea di assorbire traffico, è comunque senza dubbio significativa la potenzialità giornaliera P_d .

¹ Per tenere conto dei periodi di maggior carico, ci si riferisce normalmente ai giorni feriali del periodo invernale.

² Spesso le linee complementari e secondarie sono "chiuse" di notte.

1.2.2 Utilizzazione della potenzialità teorica

Come sopra precisato, il concetto di potenzialità presuppone una circolazione perfettamente "in orario": per questo motivo si parla di "*potenzialità teorica*"

In pratica gli imprevisti dovuti a guasti occasionali del materiale e degli impianti e, in genere, i ritardi non possono essere esclusi.

Si tratta di eventi anormali ma non infrequenti; il pubblico, specialmente pendolare, è estremamente severo al riguardo e considera non affidabile il servizio anche se i ritardi gravi hanno luogo con frequenza abbastanza bassa. Lo stesso dicasi dei clienti del trasporto merci che, in fatto di puntualità, hanno esigenze ancora più pressanti e non esitano a preferire il trasporto stradale, considerato sotto questo aspetto più affidabile.

Per garantire condizioni di esercizio accettabili, occorre che gli intralci, purchè siano modesti, possano essere riassorbiti in tempi brevi: l'esperienza dimostra che se ci si avvicina a condizioni di piena utilizzazione della potenzialità P_d , i ritardi non solo non vengono riassorbiti, ma portano a turbative profonde dell'esercizio, per ore o addirittura per l'intera giornata.

La regolarità può diventare apprezzabile solo se nel definire i limiti ammissibili dell'intensità N della circolazione si assumono *opportuni margini rispetto alla potenzialità teorica P_d* ; in altre parole, non si può pensare di utilizzare la potenzialità teorica P_d al 100%, se si vuole evitare il decadimento della qualità del servizio.

Si tratta allora di stabilire il *coefficiente di utilizzazione u_d* che è prudente non superare. Questa impostazione, evidentemente, è molto limitativa e in un certo senso in contrasto con il concetto di "*capacità residua*":

$$P_{res} = P - N = (1 - u) \cdot P,$$

che viene a volte indicata come numero di treni che si potrebbero "aggiungere" agli N treni circolanti in una determinata tratta. Si osserva che utilizzare integralmente la P_{res} significherebbe portare la tratta stessa in saturazione ($u = 1$).

E' in ogni caso evidente che i valori del coefficiente di utilizzazione u_d costituiscono una valida indicazione del grado di criticità della circolazione e, in generale, della possibilità di incrementare il traffico senza compromettere la regolarità.

Si può ritenere che le condizioni di *piena normalità si abbiano per $u \leq 50\%$ e che la soglia di criticità sia dell'ordine del 70%*.

1.3 IL SISTEMA DI BLOCCO

Nella rete cremonese la circolazione dei treni è regolata con il sistema del *blocco elettrico conta assi (Bca)*.

Le *sezioni di blocco* sono delimitate dalle *stazioni* provviste di almeno un binario d'incrocio; esse costituiscono i *posti di blocco (PB)*, con segnalamento secondo lo schema di figura 6, dove:

- P sono i segnali di protezione;
- A i corrispondenti segnali d'avviso;
- B i segnali di partenza, cioè di blocco.

Il comando dei deviatori, dei segnali e dei passaggi a livello è effettuato a distanza, mediante un *Apparato centrale elettrico ad itinerari (ACEI)*.

Le fermate disimpegnano solo servizio viaggiatori e sono sprovviste di binario d'incrocio, ACEI e, in genere, di segnali.

Ai fini dello svolgimento del servizio, è importante la *lunghezza L delle sezioni di blocco*, comprese fra due stazioni, cioè fra due PB, dove possono essere effettuati gli incroci: la fluidità della circolazione è favorita da valori contenuti (4 - 5 km) della *lunghezza media L_m* e, soprattutto, dall'*uniformità* dei valori di L, che facilita la programmazione dell'orario di servizio, come si può rilevare dal diagramma semplificato di figura 7b.

Il controllo della circolazione dei treni nelle linee che fanno capo al nodo di Cremona è affidato a *Dirigenti Centrali Operativi (DCO)*, che hanno sede a Cremona ([12], Fascicoli 30 e 34). Il sistema consente il telecomando di un'intera linea, le cui stazioni possono essere impresenziate; fanno eccezione le stazioni di Cremona, Olmeneta, Crema, Piadena, che, come le stazioni esterne di confine, sono presenziate da *Dirigente di Movimento (DM)*.

Su alcune linee del bacino di Cremona è stato a suo tempo applicato in via sperimentale un nuovo sistema denominato "*Automatic Train Control*" (ATC), che però non ha avuto seguito.

La Brescia – Parma è anch'essa regolata con il Bca, ma con Dirigenza Locale ([12], Fascicolo 34): le stazioni sono cioè presenziate da DM.

1.4 GLI INCROCI

1.4.1 Svolgimento degli incroci

In una rete a semplice binario caratterizzata, come quella in esame, da lunghezze delle sezioni di blocco a volte eccessivamente lunghe e comunque non uniformi, il meccanismo di per sé rigido degli incroci provoca notevoli perditempi, specialmente nei periodi di più intensa circolazione.

La questione è importante, perchè da essa dipende principalmente il declassamento delle velocità commerciali e la tendenziale mancanza di puntualità.

Lo svolgimento degli incroci è legato ad una molteplicità di circostanze, tra le quali la disposizione dei binari e dei marciapiedi rispetto al *fabbricato di stazione (FV)* (Vd. figura 6), la presenza di *sottopassaggi* e di impianti che consentano *l'ingresso simultaneo dei treni incrociantisì*, la velocità ammessa in deviate dagli scambi d'ingresso e di uscita, il fatto che i treni debbano o non debbano effettuare fermata per servizio viaggiatori.

Nella rete cremonese l'ingresso simultaneo non è di regola consentito, per cui in una stazione B sprovvista di sottopassaggio e conforme allo schema di figura 6a lo svolgimento di un incrocio si può così sintetizzare (figura 7a):

- a) il primo treno proveniente da A, che supponiamo "pari" e classifichiamo con il n° 2, viene ricevuto all'ora X sul 2° binario deviato. Esso subisce un perditempo, rispetto ad una normale fermata sul binario 1 di corretto tracciato, dovuto al limite di 30 o 60 km/h dello scambio d'ingresso: è evidente l'importanza di disporre di deviatori idonei per 60 km/h;
- b) deve essere dato il tempo ai viaggiatori di completare i movimenti di attraversamento del binario 1 perchè, secondo i regolamenti, non può altrimenti essere aperto il segnale di protezione P1 per l'ingresso del treno dispari n° 1 (Vd. successivo paragrafo 1.7). Di norma l'intervallo arrivo/arrivo risulta³:

$$t_1 = 3 \text{ min};$$

³ Il valore qui considerato è adottato nell'Orario di Servizio della Cremona – Treviglio ed è in accordo con lo *Studio FS* [7], che dà un tempo di incrocio arrivo/arrivo di 4 min, riducibile a 3 min.

- c) il treno n° 1 proveniente da C arriva pertanto sul binario 1 in corretto tracciato all'ora $X + t_1$. Teoricamente non subisce perditempi, a meno che il treno n° 2 non sia in ritardo e lo costringa ad arrestarsi al segnale di protezione P1⁴;
- d) il treno n° 1 dopo una sosta normale⁵: $t_2 = 1$ min riparte, in quanto la sezione a valle B - A è libera (segnale B1 verde);
- e) dopo un intervallo t_3 il treno n° 2 ha via libera (segnale di partenza B4 verde) e può ripartire verso C, superando il deviatore d'uscita a 30 o 60 km/h. Normalmente si ha⁶:

$$t_3 = 1 \text{ min.}$$

1.4.2 Perditempi d'incrocio

Per quanto ora esposto, in una stazione rispondente allo schema 6a:

- il treno n° 2 *primo arrivato* effettua una sosta:

$$t_i = t_1 + t_2 + t_3 = 5 \text{ min,}$$

subendo un *perditempo*, rispetto ad una sosta normale di durata t_2 :

$$\Delta i = t_i - t_2 = t_1 + t_3 = 4 \text{ min,}$$

cui andrebbero sommati i perditempi supplementari dovuti all'ingresso e all'uscita in deviata;

- il treno n°1 *secondo arrivato* che debba effettuare fermata per servizio viaggiatori in B, non dovrebbe subire perditempi ($\Delta i = 0$), a meno che non sia rallentato all'arrivo a causa di un ritardo del treno n° 2.

Se il binario di corretto tracciato è il 1° (figura 6a), come finora supposto, appare problematico che in assenza di sottopassaggio al treno n° 1 senza fermata in B possa essere concesso il "*libero transito*" alla velocità di linea, in presenza di un treno viaggiatori fermo sul 2° binario. Esso subisce in pratica un perditempo equivalente alla fermata.

⁴ Da tenere presente che, se P1 è rosso, il segnale d'avviso A1 è giallo e impone la frenatura a partire da 1,5 - 2 km prima del punto di normale arresto. La frenatura viene evidentemente interrotta se il macchinista vede nel frattempo passare dal rosso al giallo il segnale P1, il che gli consente di proseguire la marcia fino all'arresto nella stazione B.

⁵ In qualche caso la sosta è limitata a 0,5 min.

⁶ Anche il già citato *Studio FS* [7] indica un intervallo partenza/partenza di 1 min.

Se, invece, la stazione corrisponde allo schema 6b, il libero transito in 2° binario è possibile, con treno fermo per servizio viaggiatori in 1° binario. In questo caso, essendo $t_2 = 0$, per il treno n°2 si avrebbe:

$$\Delta i = t_1 + t_3 = 4 \text{ min.}$$

In presenza del *sottopassaggio* il libero transito del treno senza fermata sarebbe consentito con entrambi gli schemi 6a e 6b.

Vale la pena di evidenziare quanto il sottopassaggio a Cremona, dove evidentemente tutti i treni fermano, faciliti comunque gli incroci: particolarmente sollecito quello fra il D 33349 Milano - Mantova (arrivo 7.34, sosta 2 min) e il D 33348 Mantova - Milano (arrivo 7.33, sosta 3 min).

Il sottopassaggio e l'adeguamento dell'impianto ACEI e del piano binari (tronchino) consentono inoltre *l'ingresso contemporaneo in stazione dei due treni incrociantsi*⁷, che rende più elastica la successione degli arrivi e annulla o almeno riduce il tempo t_1 (figura 7a). Questa procedura non può, purtroppo, essere adottata nella rete cremonese.

I perditempi dovuti agli incroci dipendono infine in misura significativa dalla *disuniformità* della lunghezza delle sezioni di blocco. Ciò appare evidente dalla figura 7b, che rappresenta qualitativamente un orario grafico di una linea a semplice binario con sezioni aventi lunghezze L disomogenee⁸. Si nota, in particolare, quale "sacrificio" venga imposto ai treni 1 e 3 dalla marcia dei treni pari 2 e 4 che si susseguono, nell'esempio, con il minimo intervallo teorico $\Delta t_3/2$ consentito dalla sezione più lunga L_3 .

1.5 LE VELOCITÀ

Per ciascun treno tutti gli elementi caratterizzanti la marcia, necessari al macchinista per regolare la condotta, in particolare l'orario di servizio, sono raccolti in una "*Scheda treno*".

Essa indica per ciascuna tratta la *velocità limite*, che è la minore fra:

⁷ Più precisamente, la disposizione contemporanea a via libera di entrambi i segnali di protezione della stazione.

⁸ Il grafico è estremamente semplificato, in quanto le "tracce" sono impostate considerando la velocità commerciale v_c , anziché quella media, e trascurando i tempi morti.

- la velocità massima di linea ammessa per il rango di velocità assegnato al treno (“velocità di fiancata”);
- la velocità massima ammessa per il materiale rotabile in composizione.

Nella rete cremonese sono previsti 2 ranghi di velocità: A per i treni merci; B per i treni viaggiatori⁹. Le velocità di fiancata raggiungono i seguenti valori massimi (ranghi A/B):

- 125/135 km/h sulla Codogno - Mantova (tabella 2);
- 125/130 km/h sulla Castelvetro - Piacenza (tabella 4);
- 110/120 km/h sulle linee Cremona - Treviglio (tabella 1), Cremona - Brescia (tabella 3), Cremona - Fidenza (tabella 4).

I mezzi di trazione normalmente impiegati hanno velocità massime di 120 km/h (E424), 130 km/h (E633), 140 km/h (E646 ed Ale 582), 160 km/h (E632).

Le carrozze hanno velocità massima ≥ 140 km/h (160 km/h quelle denominate “*per medie distanze*”).

La *Scheda treno* prescrive inoltre la *velocità di marcia*, che in una linea pianeggiante, dove non esistono problemi di trazione in salita, può essere minore della velocità limite esclusivamente per esigenze di circolazione: si hanno abbattimenti anche notevoli nelle linee e nei periodi più congestionati, onde conseguire margini sufficienti ai fini della regolarità.

Il limite di 120 km/h è ridotto, ad esempio, a 75 - 85 km/h per alcuni treni nella tratta Olmeneta - Cremona. Così pure fra Treviglio e Pioltello, a fronte della velocità di fiancata in rango B di 140 - 150 km/h, i treni da e per Cremona, che a seconda del tipo di locomotiva avrebbero velocità limite di 120 - 140 km/h, nelle ore di punta vengono impostati con velocità di marcia in alcune tratte di soli 65 - 70 km/h¹⁰.

L'orario di servizio può prevedere per ciascun treno e per ciascuna tratta *allungamenti di percorrenza* Δr , che servono per assorbire gli eventuali ritardi. Esso recita:

⁹ La velocità massima assoluta consentita per il rango B è di 160 km/h. Velocità superiori, fino a 250 km/h, sono ammesse solo in determinate linee e per treni con elevate caratteristiche dinamiche di marcia (rango C) e per gli elettrotreni ad assetto variabile (“Pendolini” – rango P).

¹⁰ Riduzioni analoghe sono previste naturalmente, nei medesimi periodi, anche per i treni delle altre linee confluenti a Treviglio.

“in caso di ritardo, già maturato, il recupero degli allungamenti di percorrenza è obbligatorio: in questo caso il guidatore deve rispettare la velocità limite anziché la velocità di marcia”.

Nelle linee cremonesi l'elevata probabilità che si verifichino ritardi dovuti agli incroci costringe a inserire in orario allungamenti che possono corrispondere al 5 - 7% del tempo di percorrenza T, ma che in condizioni particolari arrivano al 10-15% di T.

Le diverse cause di dilatazione dei tempi T, aldisopra dei minimi che sarebbero consentiti dal tracciato e dalle prestazioni dei mezzi, portano ad una significativa riduzione delle velocità commerciali. Per valutarne l'entità, possiamo calcolare il *tempo di percorrenza virtuale*:

$$T^* = T - \Delta r - \Delta i,$$

detraendo da T i perditempi per gli incroci e gli allungamenti, ma trascurando per semplicità gli eventuali abbattimenti delle velocità di marcia. A titolo d'esempio i valori di T* sono riportati per la linea Cremona – Treviglio nelle tabelle 16 e 17, insieme alle corrispondenti *velocità commerciali virtuali* v_c^* .

1.6 I PASSAGGI A LIVELLO

I *passaggi a livello (PL)* hanno molteplici effetti negativi: sulla *sicurezza* in primo luogo; sulla *regolarità* della circolazione; sulla *potenzialità*; sulla *circolazione stradale* interferita.

Alle attività produttive che si servono della strada i PL infliggono non trascurabili costi impropri, dovuti ai perditempi di attesa. Tali inconvenienti sono destinati ad accrescersi sensibilmente, nel caso in cui si prevedano incrementi del traffico ferroviario e/o stradale.

I PL possono essere a comando *“manuale”*, effettuato mediante l'apparato ACEI della stazione più vicina, oppure *“automatici” (PLA)*, quando la chiusura e l'apertura delle barriere vengono comandate direttamente dai treni.

I PLA consentono risparmio di personale e, soprattutto, riducono i tempi di chiusura ma, trattandosi di apparati abbastanza delicati installati in piena campagna, sono soggetti a non infrequenti malfunzionamenti, che hanno ripercussioni pesanti sulla marcia dei treni. La normativa riguardante il segnalamento e la condotta in presenza di un PL guasto, verosimilmente con barriere aperte, è forzatamente complessa e presenta aspetti delicati.

Nella rete cremonese i PL sono molto numerosi: la tabella 20 sintetizza la situazione generale.

1.7 I SOTTOPASSAGGI

La mancanza di sottopassaggi viaggiatori nelle stazioni è molto penalizzante per l'esercizio ed è causa, purtroppo, di incidenti a volte mortali.

Il Regolamento sui Segnali delle FS [16] all'Art. 5.6 "*Manovra dei segnali fissi*", comma 6, dispone tra l'altro quanto segue:

"Nelle stazioni, quando i viaggiatori di un treno debbano attraversare binari destinati al ricevimento di un altro treno, il segnale di protezione per la provenienza di quest'ultimo deve di regola essere tenuto a via impedita e, allorchè detto segnale venga posto a via libera, deve essere esercitata la sorveglianza del caso".

Come è evidente, tali disposizioni si preoccupano di salvaguardare l'indispensabile sicurezza del pubblico, ma comportano inevitabilmente un rallentamento della circolazione in caso di incrocio e, quindi, una limitazione della velocità commerciale e della potenzialità.

Nel paragrafo 1.4.2 ci siamo diffusi sui vincoli che l'assenza dei sottopassaggi impone nella gestione degli incroci. E' da aggiungere che la loro presenza facilita l'accessibilità da entrambi i lati della stazione e, in generale, l'attraversamento pedonale della sede ferroviaria, superando la barriera che questa inevitabilmente costituisce per i centri abitati.

Purtroppo nella rete cremonese, escluse naturalmente le stazioni di "confine" (Codogno, Treviglio, Brescia, ecc.), solo Cremona e Olmeneta, per ora, sono provviste di sottopassaggi

2. LA RETE CREMONESE

Rinviamo alla *Relazione P047* del 31.01.2001 per la Codogno - Mantova (tabella 2) e la Cremona - Treviglio (tabella 1); le caratteristiche principali delle altre linee verranno qui richiamate.

Il quadro generale è riportato, in sintesi nelle tabelle 20 e 21.

2.1 LA LINEA BRESCIA - CREMONA – FIDENZA

Le linee Brescia - Cremona e Cremona – Fidenza formano un instradamento percorso da una coppia di Eurostar Bergamo - Roma e da una di Interregionali Bergamo – Pisa; le loro caratteristiche sono simili a quelle della Cremona - Treviglio, come risulta dalle tabelle 3 e 4.

Caratteristica positiva delle due linee è la lunghezza media L_m abbastanza contenuta delle sezioni di blocco:

$L_m = 6,27$ km nella Brescia - Cremona, con un massimo di 8,94 km fra Bagnolo Mella e Manerbio;

$L_m = 6,78$ km nella Cremona - Fidenza, con un massimo di 8,05 km fra Castelvetro e Villanova d'Arda.

Mentre nella Brescia - Cremona si ha un PL ogni 2,09 km, nella Cremona - Fidenza la densità raddoppia: un PL ogni 1,09 km.

La lunghezza dei binari d'incrocio è in genere non minore di 500 m (tabelle 3, 4, 21).

La Brescia - Cremona rientra nella categoria di carico C3 (20 t/asse), con limitazione della velocità a 55 km/h per i carri con carico > 18 t/asse.

La Cremona - Fidenza è di categoria D4 (22,5 t/asse), senza limitazioni.

2.2 LA LINEA CREMONA – PIACENZA

Questa linea è in corso di potenziamento, ma presenta già oggi alcune caratteristiche favorevoli (tabella 4).

La trazione è diesel fra Castelvetro e Piacenza, ma i lavori di elettrificazione sono avanzati e saranno conclusi fra breve. La categoria di carico è D4, il modulo dei binari d'incrocio non inferiore a 600 m.

La linea ammette la velocità di 125/130 km/h (ranghi A/B) nella tratta Castelvetro – Piacenza.

Elementi di criticità sono attualmente:

- la presenza di un solo posto di blocco intermedio a Caorso sulla tratta attualmente a trazione diesel, che è quindi suddivisa in due sezioni eccezionalmente lunghe (11,4 e 13,5 km): situazione accettabile solo in presenza dell'attuale scarsissimo traffico, pari a 21 treni/giorno (vd. tabella 10).
- carico attuale di 62 treni/giorno ($u_d = 72,9\%$) sul tratto Castelvetro - Cremona, comune alla linea di Fidenza.

2.3 LA LINEA BRESCIA – PIADENA – PARMA

Le caratteristiche sono riportate nella tabella 19; la linea è a trazione diesel¹¹ ed attrezzata come le altre con Blocco elettrico conta assi, ma esercita con Dirigenza locale.

La lunghezza delle singole sezioni di blocco è contenuta entro 7 km tra Brescia e Piadena, mentre nella tratta successiva è fortemente disomogenea: raggiunge *10,125 km* tra Torrile S. Polo e Parma e *16,133 km* tra Piadena (PB9) e Calsamaggiore (PB11). Valore quest'ultimo eccessivo (il tempo di percorrenza è dell'ordine di un quarto d'ora), che limita la potenzialità della linea e, soprattutto, introduce un elemento di notevole rigidità nella gestione degli incroci. Si osserva che in questa sezione esiste la fermata impresenziata di *S. Giovanni in Croce*; la stessa numerazione dei posti di blocco (Vd. tabella 19) fa intendere che tale fermata dovrebbe essere trasformata in stazione d'incrocio e Posto di blocco n°10, in modo da ottenere due sezioni lunghe rispettivamente circa 6 e 10 km: si ha notizia che il provvedimento sia già stato deciso.

La lunghezza dei binari d'incrocio raggiunge o supera i 500 m in 8 stazioni intermedie¹²; è nettamente inferiore a Montirone, Viadana, Canneto sull'Oglio, Piadena (320 m).

La linea rientra nella categoria di carico C3 (20 t/asse; 7,2 t/m), con limitazione di velocità a 55 km/h per i carri aventi carico > 18 t/asse.

¹¹ Escluso il tratto iniziale Brescia - S. Zeno Folzano, comune alla Brescia - Cremona.

¹² La lunghezza massima è di 650 m a Torrile S. Polo.

3. I SERVIZI

3.1 LE FUNZIONI DELLA RETE

Le funzioni della *rete ferroviaria cremonese* si possono così classificare:

- a) trasporto viaggiatori locale. E' la funzione di gran lunga prevalente, come testimonia il fatto che per la maggior parte i treni siano classificati Regionali;
- b) collegamenti con Milano sulle linee Mantova - Cremona - Codogno e Cremona - Treviglio, con affluenza decisamente superiore a quella dei servizi locali;
- c) interscambi viaggiatori con la rete nazionale nelle stazioni di "confine" di Treviglio, Brescia, Parma, Fidenza, Piacenza e Codogno, dove, ad eccezione dei servizi diretti con Milano, sono di norma necessari trasbordi. I servizi diretti sono soltanto tre:
 - Eurostar "Pendolino" 9319/9320 *Bergamo - Brescia - Cremona - Fidenza - Roma*, senza dubbio il più significativo;
 - Interregionali 2221/2222 *Bergamo - Brescia - Cremona - Fidenza - Fornovo - Pisa* ("*Freccia della Versilia*");
 - Interregionali 2081 ÷ 2086 *Verona - Mantova - Piadena - Parma - Fornovo*, qui in coincidenza con la "*Freccia della Versilia*". Debbono effettuare l'inversione di marcia a Piadena, con un perditempo di 9 - 12 min.

Questi servizi, sebbene in numero limitato, dimostrano come la parte centrale della rete padana complementare compresa nel triangolo Milano - Venezia - Bologna - Milano possa essere convenientemente utilizzata per togliere dall'"isolamento ferroviario" centri importanti come Cremona e Mantova. A tal riguardo è apprezzabile la recente istituzione di una coppia di Eurostar *Vicenza - Verona - Mantova - Modena - Roma*, resa possibile dall'elettrificazione della *Verona - Modena*;

- d) trasporto merci, attualmente marginale, ma destinato ad assumere un ruolo importante, se venissero valorizzati gli "itinerari alternativi".

3.2 IL SERVIZIO SULLA LINEA CREMONA – TREVIGLIO

3.2.1 Composizione dei treni

I 34 treni viaggiatori in servizio nei giorni feriali, classificati tutti "*Regionali*" (R), corrispondono in dettaglio alle seguenti tipologie:

- 24 treni di *rango B* composti da locomotive e carrozze di varia tipo, ad un piano e a 2 piani, idonee a marciare a velocità di almeno 140 km/h¹³;
- 10 composti da una elettromotrice tipo *Ale 582*, una rimorchiata pilota *Le 582* ed una o due rimorciate intermedie *Le 763*. Il numero di posti offerti varia da circa 190 (1ALe + 2Le) a circa 270 (1ALe + 3Le). Questo materiale è classificato di rango C, grazie alle sue elevate qualità di marcia e di frenatura (*peso frenato 120%*), ma nelle linee del comprensorio cremonese, abilitate solo ai ranghi A e B, si adegua ai limiti del rango B.

I treni con locomotive sono così suddivisi:

- 8 “*treni pesanti*”, quasi tutti per e da Milano, per i quali è prevista una massa massima rimorchiata di 360 - 410 t e *peso frenato del 120%*. Il traino è effettuato con locomotive *E646* o *E633* a 6 assi; la massa massima, raggiunta quando la domanda lo richiede, corrisponde ad una composizione limite di 7 - 8 carrozze a due piani, che offrono 900 - 1000 posti a sedere;
- 16 “*treni leggeri*” trainati o da locomotive *E424* a 4 assi (solo 2 treni per/da Milano), o dalle locomotive *E633* già citate, con massa di 180 - 200 t, corrispondente a 4 - 5 carrozze ad un piano (circa 400 posti a sedere) e *peso frenato del 105%*.

Il materiale di trazione è, quindi, in massima parte moderno (elettromotrici *Ale 582* e locomotive *E 633*, entrambe *elettroniche*) e di elevata potenza. E' da rilevare che la massa di 200 t dei treni leggeri rappresenta un carico limitato per le *E 633*, macchine a 6 assi appositamente concepite per il servizio merci sulle linee di valico: i posti offerti da questi treni potrebbero perciò essere sensibilmente incrementati, ove necessario.

3.2.2 Il servizio e l'affluenza

Nella relazione P047 del 31.01.2001 sono state esaminate le caratteristiche generali dell'offerta nel collegamento Cremona – Milano via Treviglio (paragrafo 4.3.2), costituita in piccola parte da corse dirette, per il resto da corse che richiedono il trasbordo a Treviglio. Ricordiamo che solo il 44% dei convogli in servizio fra Cremona e Treviglio è utilizzabile per recarsi a Milano (più della metà con trasbordo); situazione analoga si ha per il collegamento di Cremona con Bergamo.

Un'impostazione degli orari così fatta, che per di più vede diverse “coincidenze” perse a Treviglio per pochi minuti, rende l'offerta ben poco attrattiva nel suo complesso.

¹³ Ricordiamo che il *rango B* ammetterebbe la velocità massima assoluta di 160 km/h.

Questa circostanza, insieme alle velocità commerciali modeste, alla limitata frequenza delle corse, allo scarso livello di puntualità, fanno sì che sulla Cremona - Treviglio si svolga essenzialmente un traffico di punta rispetto a Milano, con un'affluenza che sui treni mattinali raggiunge i 400 viaggiatori nella tratta fino a Treviglio e raddoppia in quella successiva fino alla stazione di Milano Lambrate (700 - 800 viaggiatori), dove scende circa il 70% dei viaggiatori (oltre 500).

Una buona frequentazione hanno nella medesima fascia temporale anche le corse per Bergamo e per Cremona, sebbene a livelli più contenuti (200 - 300 viaggiatori); un buon movimento è registrato a Crema.

Dopo le ore 8.30 i treni hanno frequentazione non superiore a 100 viaggiatori, fino alla punta serale.

Questi dati, da ritenersi largamente orientativi¹⁴, confermano il ruolo prettamente locale della linea, che viene poco utilizzata nelle ore di morbida.

3.2.3 Incroci

Nella Cremona - Treviglio:

- le stazioni intermedie, salvo Olmeneta, sono sprovviste di sottopassaggi;
- i treni incrocianti, tutti Regionali, effettuano sempre servizio viaggiatori. Solo nel P.M. km 5,420 il primo treno in arrivo effettua fermata di servizio e al secondo è concesso il libero transito;
- non è consentito l'ingresso simultaneo dei due treni;
- la disposizione più frequente dei binari corrisponde allo schema della figura 6a, cioè il 1° binario è di corsa e il 2°, provvisto di marciapiede intermedio lato FV, è deviato. Solo a Caravaggio il binario di corsa è il 2° (schema 6b);
- i deviatori dei binari d'incrocio consentono la velocità di 60 km/h in deviate, ad eccezione di *Crema* e di *Casaleto Vaprio* lato sud (30 km/h).

I 34 treni viaggiatori effettuano 32 *incroci*¹⁵, in media 2 per ciascuna corsa, secondo il dettaglio riportato nelle tabelle 16 (senso pari) e 17 (senso dispari); in sintesi:

- 1 treno effettua 4 incroci¹⁶;

¹⁴ Si fa presente che nei dati disponibili esiste qualche incongruenza fra la composizione prevista in orario e l'effettiva affluenza, il che, sommato alla variabilità dell'una e dell'altra, rende estremamente aleatorio stabilire percentuali di occupazione dei posti offerti.

¹⁵ Si trascurano i treni merci.

- 4 treni effettuano 3 incroci, con : $\Delta_i = 7 \div 16$ min;
- 20 treni effettuano 2 incroci, con: $\Delta_i = 0$ (12 treni); $\Delta_i = 4$ min (1 treno); $\Delta_i = 7 \div 11$ min (7 treni);
- 8 treni effettuano 1 incrocio, con: $\Delta_i = 0$ (in 6 casi) o $\Delta_i = 4$ min (in due casi);
- 1 treno non ha incroci.

Gli incroci avvengono praticamente in tutte le stazioni: il numero maggiore (7) spetta a Crema, seguita da Soresina (6), Caravaggio (5), Casaleto Vaprio (4), Olmeneta, Casalbuttano, Castelleone (3) e dal PM km 5,420 (1).

Per cercare di migliorare il servizio pendolare per/da Milano, viene giustamente data la precedenza ai treni pari del mattino e a quelli dispari della sera, tutti impostati come "secondi arrivati", quindi con $\Delta_i = 0$, ma se ciò consente di rendere accettabili i loro tempi di percorrenza sulla tratta ($T = 59 \div 65$ min), sacrifica considerevolmente i treni incrocianti, per i quali i perditempi Δ_i assommano nei casi più sfavorevoli al 15 - 25% del tempo T.

3.2.4 Velocità e percorrenze

Nella colonna Δ_r delle tabelle 16 e 17 sono indicati per i 34 treni della linea gli *allungamenti* complessivi che, come si vede, sono consistenti (fino a 10 - 11 min, cioè dell'ordine del 10 - 15% dei tempi di percorrenza T), specialmente per i treni con molti incroci.

Poichè la velocità massima di fiancata è pari, come già detto, a 120 km/h (tabella 1) ed è previsto l'impiego di locomotive E 424, E 633, E 646 e di elettromotrici Ale 582, la *velocità limite massima* indicata nelle varie schede treno è 120 km/h.

Se si considerano i tempi di percorrenza virtuali T^* e le corrispondenti velocità commerciali virtuali v^*_c (paragrafo 1.5), il quadro del paragrafo 4.3.4 della *Relazione P047*, che era riferito ai tempi di percorrenza T d'orario, verrebbe così modificato:

		Cremona - Treviglio	Treviglio - Cremona
tempi di percorrenza virtuali T^*	min	45 ÷ 58,5	46,5 ÷ 57

¹⁶ Si tratta del treno 10491 (Treviglio p. 5.55 - Cremona a. 7.22), che incrocia 4 treni Cremona - Milano e sosta nelle 4 stazioni d'incrocio ben 27 min, registrando un perditempo: $\Delta_i = 23$ min.

velocità commerciali virtuali v_c^*	km/h	66,7 ÷ 86,7	68,4 ÷ 83,9
---------------------------------------	------	-------------	-------------

Si rileva come il ventaglio dei tempi e delle velocità si restringa e porti a valori da ritenere soddisfacenti, tenuto conto che si tratta di treni Regionali anche pesanti che effettuano fermate ravvicinate (fino ad una ogni 6,5 km): ciò conferma la potenziale validità del trasporto ferroviario.

3.2.5 Conclusioni

Il confronto dei dati riportati nel paragrafo 4.3.4 della *Relazione P047* e nel precedente consente di quantificare lo scarto tra i parametri d'orario e quelli "virtuali" secondo la seguente tabella.

		Cremona - Treviglio	Treviglio - Cremona
tempi di percorrenza <i>medi</i> ¹⁷	- d'orario T	64,5	61,8
	- virtuali T*	53,0	52,3
velocità commerciali <i>medie</i> :	- d'orario v_c	60,5	63,1
	- virtuali v_c^*	73,6	74,6
incremento virtuale	circa	22%	18%

Questa situazione è correlata strettamente al movimento attuale, corrispondente ai coefficienti di utilizzazione della potenzialità riportati nella tabella 10 ($u_d = 47,5\%$ per la tratta Olmeneta - Treviglio, $u_d = 85,9\%$ per la Cremona - Olmeneta), cioè ad un'intensità di circolazione che richiede mediamente 2 incroci/treno.

Un incremento del numero di treni giornaliero, che sfruttasse la potenzialità fino alla soglia di criticità, porterebbe ad infittire gli incroci (vedere l'esempio rappresentato nella figura 7b), ma ciò renderebbe detti incroci estremamente penalizzanti dal punto di vista dei perditempi, se dovessero essere vincolati agli odierni 8 posti di blocco distribuiti in

¹⁷ Media aritmetica dei tempi di tutti i treni.

modo disuniforme (L varia da 5,4 a 9,7 km - vd. tabella 1). Si avrebbe quindi un decadimento notevole del servizio, tanto più che la tratta Cremona - Olmeneta andrebbe in saturazione.

Si conferma quindi che in una linea a semplice binario gioca un ruolo decisivo non soltanto il numero delle sezioni di blocco (cioè la lunghezza media L_m), ma anche la loro disuniformità.

3.3 IL SERVIZIO SULLA LINEA CREMONA – CODOGNO – MILANO

3.3.1 Composizione dei treni e velocità

I Diretti Milano - Mantova (vd. tabella 7) sono trainati dalle locomotive elettroniche E632 (velocità massima $v_M = 160$ km/h)¹⁸, con massa rimorchiata massima di 360 t (circa 650¹⁹ posti a sedere in carrozze ad un piano) e, per una coppia, di 520 t (circa 940 posti a sedere). La percentuale di peso frenato è del 120%, la velocità massima delle carrozze non inferiore a 140 km/h, come nei treni della linea di Treviglio.

Una coppia di Diretti è effettuata con elettromotrice e rimorchiata (1 Ale 582 + 3 Le), aventi: $v_M = 140$ km/h e percentuale di peso frenato 120%.

La *velocità limite* massima è, pertanto:

- 140 km/h nella tratta Milano - Codogno, dove la velocità di fiancata raggiungerebbe il valore massimo ammesso per il rango B di 160 km/h;
- 105 km/h da Codogno a Ponte d'Adda;
- 135 km/h nel tratto successivo.

3.3.2 Dati di affluenza

Nella punta mattinata verso Milano l'affluenza nei due Diretti Mantova - Milano è considerevole:

- il D 2646 (massa 360 t) parte da Cremona alle 6.24 con *circa 300 viaggiatori*, che aumentano a *circa 600* da Codogno a Rogoredo;

¹⁸ Queste locomotive sono identiche alle E633, salvo la diversa velocità massima.

¹⁹ La corrispondenza della "massa bloccata" prevista nella *scheda treno* ed il numero di posti offerti è approssimata e da ritenersi esclusivamente orientativa, per una molteplicità di fattori: differenze fra le masse attribuite alle carrozze, anche del medesimo tipo, variabilità delle composizioni, valori diversi dei rapporti massa a vuoto/numero di posti a sedere, differenze fra 1^a e 2^a classe. La tara per posto offerto delle moderne carrozze di 2^a classe del tipo "per medie distanze" è mediamente di 440 kg/posto, quella delle più anziane carrozze "a piano ribassato", meno confortevoli, di 370 kg/posto.

- il D 33348 (massa 520 t) giunge alle 7.34 con circa *450 viaggiatori* a Cremona, dove ne scende il 35%. Riparte con *circa 650 viaggiatori*, che diventano *circa 950²⁰* da Codogno a Rogoredo.

Gli altri treni (un Diretto Milano - Mantova e diversi Regionali in servizio locale) registrano affluenze decisamente minori, non maggiori di *150 - 250 viaggiatori*.

I dati di affluenza dimostrano che i servizi diretti per/da Milano sono di gran lunga preferiti: è sintomatico che il Regionale 5092 in partenza da Cremona alle 6.00 per Codogno, composto da 1 Ale 582 + 2 Le (circa 190 posti), registri un'affluenza irrisoria, mentre il D 2646, che lo segue alle 6.24, abbia come già detto *300 viaggiatori* a Cremona e ne carichi più di *100* a Ponte Adda.

Analoga sproporzione si rileva tra il Regionale 10604 da Mantova, che parte da Cremona alle 7.14 e raccoglie *70 viaggiatori* fino a Codogno, e il D 33348, sul quale dopo 22 minuti salgono *350 viaggiatori* a Cremona e *110* a Ponte Adda.

Sarebbe pertanto vantaggioso poter far proseguire per Milano nella punta mattinale 1 o 2 treni da Cremona o da Mantova, ma ciò sembra precluso dalla saturazione della tratta Codogno - Milano.

3.3.3 La punta mattinale da Codogno a Milano

E' utile rendersi conto della circolazione e dell'affluenza in questa tratta che, con l'attivazione della nuova linea AC Bologna - Milano, sarà alleggerita dal traffico a lunga percorrenza (LP), ma dovrà continuare a servire quello proveniente da Mantova - Cremona e quello relativo alle località comprese fra S. Stefano Lodigiano e Rogoredo.

La situazione attuale può essere così delineata (tabella 18).

- a) Dalle 6.24 alle 7.58 transitano a Codogno verso Milano 12 treni viaggiatori (intervallo medio: $\Delta t = 8,5$ min), dei quali:
- 2 LP (E 1910 da Roma e ICN 768 da Lecce);
 - 2 D da Mantova, che non effettuano fermate intermedie fra Codogno e Rogoredo;
 - 2 IR da Bologna, uno senza fermata a Codogno. Entrambi fermano a Lodi;
 - 3 R *a marcia accelerata*, che "saltano" selettivamente 5 o 6 delle 8 fermate intermedie. Uno di essi non ferma a Codogno;

²⁰ Indice di occupazione 100%.

- 3 R che effettuano 6 - 8 fermate intermedie; uno di essi ha origine a Codogno.

Un 13° treno R ha origine a Lodi, come specificato nella tabella.

- b) I dati di affluenza riportati nella tabella 18 rendono manifesta la predilezione dei pendolari per i treni più veloci, ove abbiano possibilità di scelta. E' significativo in proposito che dei circa 1100 viaggiatori che "salgono" a Codogno sugli 8 treni disponibili, il 38% scelga i due Diretti da Mantova (2646 e 33348).

I quattro treni IR e D, inoltre, giungono a Rogoredo con un carico medio che supera di 180 - 220 viaggiatori quello dei Regionali: le punte massime vengono registrate dagli IR da Bologna (più di 800 viaggiatori/treno) e dal D 33348 da Mantova (più di 900 viaggiatori).

- c) In totale a Rogoredo arrivano o transitano dalle 7.07 alle 8.27 in totale 13 treni viaggiatori (uno da Lodi), con $\Delta t = 6,7$ min. E' una circolazione molto intensa, considerato l'arco temporale piuttosto lungo e, soprattutto, il grado di eterotachicità, finalizzato ad accelerare al massimo il servizio. Come evidenzia la tabella 18, sette treni su 10 del TL hanno velocità medie/commerciali fra Codogno e Rogoredo di 71 - 78 km/h²¹. La punta massima di 103,5 km/h è raggiunta dal D 33348 da Mantova - Cremona, che registra come abbiamo visto la massima affluenza.
- d) La sequenza degli arrivi a Rogoredo conferma l'utilità del tratto di quadruplicamento da Bivio Sordio che, sia pur breve (13,8 km), consente arrivi quasi contemporanei ed anche sorpassi "dinamici".

Analoghe caratteristiche ha il servizio in direzione opposta, nella punta serale.

3.3.4 Gli incroci

La brevità della tratta Cremona - Codogno (27,3 km) richiede di norma un solo incrocio intermedio, con perditempi Δt contenuti²².

Il tempo di percorrenza virtuale dei Diretti, che effettuano tutti la fermata di Ponte Adda, è:

$$T^* = 17,5 \text{ min } (v_c^* = 94 \text{ km/h}).$$

²¹ La marcia diventa mediamente più veloce dopo le 7.20 (in partenza da Codogno). E' da rilevare che i due treni LP, nonostante non effettuino fermate, hanno tempi di percorrenza maggiori di quelli degli IR e dei D che li precedono o seguono.

²² Viene naturalmente data la precedenza ai Diretti rispetto ai Regionali.

Anche per la Cremona - Codogno valgono le considerazioni già sviluppate per la linea di Treviglio circa le difficoltà della circolazione derivanti dalla eccessiva lunghezza e dalla disuniformità delle sezioni di blocco. Queste sono 4, rispettivamente di 5,2 – 5,6 – 8,9 - 7,7 km: in presenza di ritardi contenuti (una decina di minuti) è praticamente impossibile spostare l'incrocio, per cui detti ritardi tendono a estendersi e, magari, a dilatarsi.

Le stazioni di Cava Tigozzi e Acquanegra Cremonese rispondono allo schema 6b, per cui in caso d'incrocio ai Diretti può essere concesso il libero transito sul 2° binario alla velocità di marcia di 135 km/h ammessa in linea.

3.4 IL SERVIZIO SULLE ALTRE LINEE

Considerazioni analoghe a quelle svolte nei paragrafi precedenti si possono fare per le altre linee della rete cremonese.

Come detto nel paragrafo 3.1, l'itinerario Brescia – Cremona – Fidenza è l'unico in cui vengano effettuati collegamenti di carattere nazionale: la coppia di Eurostar per Roma e quella di Interregionali per Pisa. Essendo gli unici messi a disposizione della Provincia di Cremona, ci si aspetterebbe che le corse fossero distribuite nella giornata, per esempio una corsa al mattino ed una alla sera per ciascuna direzione. Invece gli orari sono impostati con criterio opposto, che non favorisce la diversificazione dell'offerta: le due corse dispari circolano infatti al mattino, ad un'ora di distanza l'una dall'altra, e quelle pari la sera, in un intervallo ancor più ristretto.

Sulla Brescia – Parma fanno servizio, oltre alla coppia di Interregionali Verona – Mantova – Fornovo, penalizzati dall'inversione di marcia a Piacenza, alcuni Diretti, le cui velocità commerciali non superano 66 – 67 km/h. I Regionali hanno velocità minori, ma in gran parte a causa delle soste prolungate a Piacenza.

Un cenno particolare merita la Cremona – Piacenza, dove l'offerta è particolarmente carente, specialmente per quanto riguarda la qualità. Il servizio è ridotto nel periodo estivo e mancano in genere coincidenze utili a Piacenza con i treni per/da Bologna, Voghera, Milano.

Da un'offerta così strutturata deriva una domanda scarsissima: i treni sono infatti costituiti normalmente da un'automotrice Aln 668 isolata, che viaggia spesso con pochi posti occupati.

3.5 I TRASBORDI

3.5.1 Recapiti a Milano delle direttrici provenienti da Cremona

La vastità dell'area metropolitana milanese e la congestione che in essa rallenta gli spostamenti di superficie rende importante, per chi arriva dall'esterno, poter raggiungere la propria destinazione, o almeno le vicinanze, con i trasporti pubblici in sede propria (ferrovia o metropolitana).

Se la destinazione è prossima alle stazioni di arrivo, chi usa la ferrovia non deve assoggettarsi a trasbordi: tale possibilità sarà notevolmente ampliata con il completamento del Passante, che disporrà di 9 stazioni urbane, a condizione bene inteso che si possa usufruire del *servizio ferroviario regionale passante*.

In linea subordinata sarebbe ancora del tutto soddisfacente poter giungere a destino effettuando *un solo comodo trasbordo* gomma/ferro o ferro/ferro.

Per le provenienze dalla Provincia di Cremona, comprendendo quelle che seguono la direttrice stradale paullese (S.S. 415), la situazione attuale si prospetta nei seguenti termini:

a) Utenti degli autoservizi della direttrice Paullese:

trasbordo sulla metropolitana M3 a San Donato (in futuro in un eventuale capolinea più esterno). La fascia urbana raggiungibile è indicata nella figura 8.

b) Utenti della ferrovia Cremona – Treviglio – Milano:

le corse dirette attualmente trovano a Lambrate e a Porta Garibaldi corrispondenza con la M2, per cui le zone raggiungibili sono quelle evidenziate nella figura 9. Le altre corse richiedono a Treviglio il trasbordo su treni che di solito raggiungono, oltre Lambrate, la Stazione Centrale (M2 e M3); le zone raggiungibili corrispondono allora alla figura 10.

c) Utenti della ferrovia Cremona – Codogno - Milano:

le corse interscambiano con la M3 a Rogoredo, con la M2 a Lambrate, con la M2 e la M3 alla Stazione Centrale (figura 10).

3.5.2 Facilitazione dei trasbordi

I trasbordi costituiscono un fastidio ma sono spesso inevitabili, per esempio nel passaggio gomma/ferro o ferrovia/trasporto urbano. E' evidentemente utile che siano in numero ridotto e facilitati al massimo.

La propensione verso i servizi diretti è dimostrata dai dati di affluenza registrati nelle corse dirette delle due linee da Cremona per Milano, ben maggiori di quelli delle corse che richiedono il trasbordo.

Ma mentre l'offerta di collegamenti diretti via Codogno è più ampia e regolare nell'arco della giornata, quella via Treviglio è concentrata nelle ore di punta, e nelle ore di morbida richiede il trasbordo a Treviglio. Il disagio sarebbe in questo caso alleviato, e i tempi accorciati, se si potesse passare da un treno al coincidente sul medesimo marciapiede; ciò è come già visto impedito per le coincidenze in direzione di Milano dalla conformazione del piano schematico della stazione attuale e, secondo i progetti noti, futura²³.

Il problema, non del tutto secondario, meriterebbe qualche riflessione, in particolar modo per le corrispondenze verso il Passante e verso Bergamo, dal momento che quest'ultimo collegamento dovrebbe essere favorito dal previsto raddoppio della linea.

La situazione si ripresenta nelle altre stazioni di "confine", cioè a Brescia, Parma, Fidenza e Piacenza.

3.5.3 I servizi del Passante

L'apertura dei rami dalla stazione di Porta Vittoria verso Bivio Lambro – Treviglio e Rogoredo consentirà di accedere da Treviglio e da Codogno alla rete regionale passante, cioè, oltre che alle stazioni FS evidenziate nelle figure 9 e 10, a quelle urbane del Passante; da tutte queste, poi, alle 3 linee della metropolitana.

Occorre tuttavia chiarire se nel Passante saranno inoltrati i treni provenienti da Cremona. Allo stato attuale il Trasporto ferroviario metropolitano e regionale comprende "servizi passanti" e "servizi non passanti" (cfr. *Lo scenario programmatico* [9], schema 15): tra i primi rientrano, nel settore di nostro interesse, quelli per *Bergamo, Brescia, Piacenza*, tra i secondi alcuni per Brescia e quelli per *Cremona* via Treviglio e per *Cremona - Mantova* via Codogno.

Se tale programma venisse mantenuto, i viaggiatori della Provincia di Cremona che volessero accedere ai servizi del Passante dovrebbero effettuare un trasbordo

²³ Sarebbe infatti oggi sufficiente che a Treviglio tutti i treni per Cremona partissero dal 2° binario, che ha il marciapiede in comune con il 3° di arrivo da Milano. La corrispondenza dovrebbe avvenire, in senso inverso, dal 5° binario da Cremona al 4°, ma il binario 5 non comunica, lato ovest, con la linea per Treviglio Ovest e Bergamo. Ciò costringe a ricevere i treni da Cremona per Bergamo sul 1° o 2° binario.

“esterno” all’area urbana, per esempio a Treviglio, ad est, o a Codogno o a Rogoredo, a sud.

Ammesso che i servizi da Cremona non siano “*passanti*”, per gli spostamenti ad ampio raggio è importante che essi possano accedere tutti direttamente alla Stazione Centrale, che costituisce e costituirà anche in futuro l’*hub ferroviario*” fondamentale²⁴.

²⁴ Ciò avviene oggi per i treni da Mantova - Cremona via Codogno; dovrebbe avvenire anche per quelli via Treviglio, che attualmente raggiungono Milano Porta Garibaldi o Greco.

4. POSSIBILI INTERVENTI

4.1 INTERVENTI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL'OFFERTA

In uno scenario di sviluppo limitato, che veda cioè la rete cremonese adibita anche in futuro principalmente al traffico viaggiatori regionale, il miglioramento del servizio potrebbe limitarsi a interventi “leggeri”, tendenti a fluidificare e velocizzare il traffico e a migliorare il livello di regolarità della circolazione dei treni.

Detti interventi dovrebbero riguardare *impianti tecnologici ed opere infrastrutturali di entità limitata*.

In primo luogo apparirebbe utile ridurre la lunghezza massima delle *sezioni di blocco* con l'inserimento di nuovi posti d'incrocio intermedi, ottenuti trasformando in stazioni fermate quali Maleo, Madignano, Capralba, S. Giovanni in Croce, oppure creando nuove stazioni per spezzare le tratte più lunghe, migliorando così il servizio sul territorio.

Resterebbe comunque il problema della notevole diversità delle lunghezze delle sezioni.

Occorrerebbe inoltre ridurre drasticamente il numero dei *passaggi a livello*, oggi eccessivo, e provvedere alla costruzione nelle stazioni di *sottopassaggi* e all'adeguamento degli impianti per consentire di ricevere contemporaneamente i due treni incrociantsi (Vd. paragrafo 1.4.2).

4.2 CIRCOLAZIONE FUTURA: PROGRAMMA MINIMO DI POTENZIAMENTO

L'esame dell'impegno delle linee della rete, sintetizzato nella tabella 10, mostra che il coefficiente u_d di utilizzazione della potenzialità teorica è eccessivo nelle 3 tratte comuni a due linee, che interessano tutti i possibili itinerari, e nella Codogno – Cremona; le altre offrirebbero margini per accrescere il volume del traffico giornaliero N .

Come già segnalato, non sarebbe tuttavia ammissibile utilizzare interamente la cosiddetta “*capacità residua*”: $P_{res} = P_d - N$, per non incorrere in condizioni di intollerabile saturazione.

Se si volesse incrementare anche in modesta misura l'offerta viaggiatori e il traffico merci, ammettendo di raggiungere la soglia di criticità $u_d = 70\%$, la potenzialità attuale consentirebbe di incrementare la circolazione di una *ventina di treni/giorno* (di una

trentina nella Piacenza - Castelvetro), tra viaggiatori e merci. Occorrerebbe naturalmente che i nuovi servizi viaggiatori non introducessero elementi di eccessiva eterotachicità, per non ridurre la potenzialità²⁵.

Questa ipotesi richiederebbe un *programma di potenziamento* che possiamo definire “*minimo*” e che presupporrebbe l’eliminazione degli ostacoli dovuti ai “*colli di bottiglia*”, sui quali l’*incremento di circolazione ΔN* sarebbe la somma di quelli dei rami confluenti, cioè dell’ordine di 40 treni/giorno. Si arriverebbe così a impegni: $N = 100 \div 110$ treni/giorno, chiaramente aldisopra della potenzialità di linee a semplice binario.

Il raddoppio della Cremona - Castelvetro (6,1 km) potrebbe essere anche parziale, escludendolo in corrispondenza del ponte sul Po²⁶.

4.3 I RADDOPPI SELETTIVI

E’ evidente, in ogni caso, che i provvedimenti sopra indicati avrebbero efficacia limitata, se restasse invariato il vincolo degli *incroci* fissi.

Poichè questi costituiscono gli elementi più rigidi e penalizzanti ai fini della potenzialità, della regolarità e del livello delle velocità commerciali, il provvedimento risolutivo sarebbe il raddoppio delle linee, che nelle condizioni di traffico attuali (vd. tabella 10) o leggermente incrementato potrebbero limitarsi ad alcuni tratti di linea (“*raddoppi selettivi*”), nei quali programmare “*incroci dinamici*”.

Questi consentirebbero di:

- non imporre perditempi ai treni;
- superare il vincolo dell’incrocio in punti fissi (stazioni), con obbligo di fermata almeno del primo treno;
- ottenere, pertanto, una considerevole elasticità nell’impostazione dell’orario.

²⁵ Nella rete cremonese si ha il vantaggio di avere scarti delle velocità medie contenuti, di modo che vengono di solito evitati i sorpassi. Ma già oggi la circolazione dell’Eurostar 9319 Bergamo - Brescia - Cremona - Roma nella punta mattinata porta al sorpasso a Robecco - Pontevico del treno 5323, costretto a una sosta di 12 min.

²⁶ Anche nella Bologna - Padova la tratta Pontelagoscuro - Occhiobello, comprendente il ponte sul Po, è a semplice binario. Sarebbe utile, in tal caso, che i deviatori consentissero velocità nel ramo deviato di 100 km/h. Si tenga presente, in proposito, che attualmente a partire dalla progressiva km 2,195, situata prima del ponte, fino a Castelvetro le velocità di fiancata sono di 110/120 km/h. Per la linea di Piacenza, dopo il transito in corretto tracciato a Castelvetro, dette velocità salgono a 125/130 km/h (cfr. tabella 4). La linea per Fidenza incontra invece una deviatrice a Castelvetro e mantiene successivamente le velocità massime di fiancata di 110/120 km/h (tabella 4).

I tratti raddoppiati potrebbero comprendere ciascuno una o più sezioni di blocco ed essere definiti in modo da adeguare la *potenzialità* ai valori desiderati e neutralizzare efficacemente gli eventuali ritardi.

Nella linea Cremona - Codogno sarebbero ad esempio molto utili i *raddoppi selettivi* della tratta centrale Ponte Adda²⁷ - Acquanegra, che è la più lunga (tabella 2), e della Cava Tigozzi - Cremona. Quest'ultimo faciliterebbe il traffico merci verso il porto e conferirebbe alla stazione di Cremona maggiore elasticità nel ricevimento e nell'inoltro dei treni da/per Codogno.

In alternativa, si potrebbe prevedere il raddoppio delle tratte di estremità Codogno - Pizzighettone e Cava Tigozzi – Cremona.

Nella Cremona - Treviglio lo sviluppo complessivo dei tratti da raddoppiare dipenderebbe dalle previsioni di traffico; la precedenza andrebbe comunque come già detto al tratto iniziale Cremona – Olmeneta.

Per una migliore efficacia dei raddoppi selettivi, nelle stazioni sede di raddoppio occorrerebbe prevedere i *sottopassaggi*, per evitare gli attraversamenti a raso sul doppio binario ed i conseguenti vincoli nella circolazione dei treni: si tenga presente che lo *Studio FS* [7] stima in 3 min il perditempo dovuto alla mancanza di sottopassaggi, per ciascuna stazione, in una linea a doppio binario²⁸.

Nei tratti raddoppiati dovrebbero essere eliminati, com'è prassi consueta, tutti i passaggi a livello.

Sarebbe vantaggioso, inoltre, che i deviatori per il passaggio dal semplice al doppio binario e viceversa fossero atti alla velocità in deviata di 100 km/h, per non penalizzare la marcia in libero transito, tenuto conto che le linee ammettono la velocità limite in rango B di almeno 120 km/h.

Il principio della *selettività dei raddoppi* avrebbe il non trascurabile vantaggio di lasciare una certa libertà di scelta nella loro allocazione, favorendo così l'economicità e

²⁷ Come già precisato, la fermata di Ponte Adda è compresa nell'ambito della stazione di Pizzighettone, che ha per questo motivo doppio segnalamento di protezione e partenza lato Cremona. Il raddoppio potrebbe iniziare subito dopo il ponte sull'Adda, a semplice binario.

²⁸ Detto *Studio* al punto 6.3 (linea Milano - Voghera) afferma che le "*principali criticità riguardano la mancanza dei sottopassaggi e quindi i vincoli per gli attraversamenti a raso*". Analoga considerazione viene espressa al punto 6.6 per la Rho - Gallarate.

l'ottenimento del consenso locale: ciò ha particolare importanza per linee che presentano lunghi tratti in piena campagna e, in generale, limitati vincoli urbanistici.

4.4 GLI ITINERARI ALTERNATIVI

4.4.1 Generalità

Il tema degli itinerari merci alternativi è stato molto dibattuto ed ha subito profonde evoluzioni.

Un tempo grande importanza era attribuita al cosiddetto *“quadrilatero di scorrimento”*, che aveva come suoi lati più significativi la *“gronda nord”* Novara - Saronno - Bergamo – Brescia, e la *“medio padana”* Mortara - Pavia - Cremona - Mantova.

I programmi *“Alta Velocità”* hanno poi fatto accantonare questi progetti che, anzi, sono stati considerati elementi di disturbo, in quanto *“concorrenti”*.

Successivamente è stato possibile dimostrare che, ferma restando la necessità del potenziamento delle direttrici AV, caratterizzate dall'Alta Capacità piuttosto che dall'Alta Velocità, le condizioni di congestione dei nodi e di alcuni tratti delle linee principali rendevano utili, se non indispensabili, gli itinerari alternativi, che sono quindi rientrati nei programmi di sviluppo del sistema ferroviario padano.

Nelle direttrici AC la potenzialità sarà più che raddoppiata, ma tale incremento verrà in buona misura assorbito dalla prevista massiccia espansione dell'offerta viaggiatori a lunga e breve percorrenza e del traffico merci. In prossimità dell'hub milanese il sovrapporsi di intense circolazioni di treni veloci nazionali e internazionali, di treni interregionali, regionali e comprensoriali e di convogli merci porterà a livelli di utilizzazione della potenzialità ancora elevati. Dall'esame dei programmi d'esercizio finora disponibili è stato possibile valutare per le tratte più cariche Piacenza - Milano e Treviglio - Milano, che interessano da vicino la mobilità interpolo della Provincia di Cremona, valori del coefficiente di utilizzazione prossimi alla soglia di criticità (10] e [11]).

Appare quindi obbligata la scelta di utilizzare adeguatamente lati della maglia che sono stati finora sostanzialmente marginalizzati, a condizione che risultino funzionalmente e razionalmente integrabili nella rete nazionale.

Lo scenario ha subito, nel tempo, modificazioni e non è ancora univocamente definito; si può parlare soltanto di orientamenti prevalenti, basandosi fondamentalmente sulla documentazione FS disponibile.²⁹

4.4.2 La posizione di Cremona

Alcune linee cremonesi possono giocare un ruolo importante in questo contesto: Cremona infatti per la sua posizione geografica costituisce un nodo strategico della rete complementare padana (cfr. figura 1), trovandosi all'incrocio di "itinerari trasversali" e "longitudinali" molto interessanti per il trasporto merci.

I primi comprendono la direttrice denominata "bassa padana" che, partendo dai porti liguri e dal Piemonte, attraverso Voghera e Piacenza prosegue per Cremona e Mantova e da qui o per Verona - Brennero, o per Monselice - Padova - Treviso - Tarvisio / Villa Opicina. Di questa direttrice è in corso l'elettrificazione delle tratte a trazione diesel Piacenza - Castelvetro e Mantova – Nogara – Monselice.

La rete cremonese è anche interessata dalla *gronda sud*, cioè dall'itinerario che partendo dal nodo di Novara, per Mortara, Pavia, Casalpusterlengo, Codogno attraverserà la Provincia di Cremona e, utilizzando in parte la Cremona - Treviglio, si raccorderà con il sistema AC Milano – Venezia nel nodo di Treviglio.

Degli itinerari longitudinali nord-sud provenienti dai transiti svizzeri, quello che si sviluppa a levante dell'area milanese interessa anch'esso la Provincia di Cremona, essendo in parte sovrapposto alla gronda sud.

Vi è poi da considerare il collegamento ferroviario denominato *TI.BRE.* fra i porti tirrenici di Livorno e La Spezia ed il Brennero attraverso la linea Pontremolese. Esso richiede l'attraversamento in diagonale *Parma - Verona* della pianura padana, che potrebbe essere realizzato seguendo (figura 14) la via più diretta (100 km) Parma - Suzzara - Mantova - Verona³⁰, oppure l'itinerario integralmente FS, più lungo (112 km) Parma - Piadena - Mantova – Verona, che richiede l'inversione di marcia a Piadena. In tal modo Mantova verrebbe ad assumere la funzione di incrocio e raccordo fra la *diagonale ferroviaria TI.BRE.* e l'asse *medio padano*.

²⁹ Si veda per esempio il documento FS del 7 Novembre 2000 (citato in [9]) e il successivo Documento FS: "Lo scenario programmatico per il riassetto dei collegamenti ferroviari Ticino - Milano", dell'11 maggio 2001.

³⁰ La Parma – Suzzara, in concessione, non è oggi in grado di sopportare un traffico merci pesante e richiederebbe radicali interventi infrastrutturali.

4.5 CONCLUSIONI

Quanto esposto conferma che il piano degli interventi di potenziamento della rete cremonese dipenda sia dalle esigenze del traffico locale, ben individuate e richiedenti di per sé urgenti soluzioni, sia dai programmi legati agli itinerari merci alternativi.

Attenta riflessione merita la questione della struttura integralmente a semplice binario della rete cremonese. Va ribadito che la presenza del semplice binario comporta, aldilà dei suoi limiti di potenzialità, un'intrinseca rigidità della circolazione ed un basso livello di regolarità: le ripercussioni sono particolarmente negative sull'attrattività dell'*offerta viaggiatori*.

Un programma ragionevole e credibile di interventi richiederebbe che fossero definiti gli scenari futuri e il quadro degli itinerari alternativi interessanti l'area sud orientale della Lombardia, con la determinazione dei flussi di traffico merci che su ciascuno di essi si intendesse convogliare.

Va notato che il "*Piano generale dei trasporti e della logistica*" del Gennaio 2001 preveda, nell'ambito delle "diretrici trasversali", investimenti sia per il potenziamento dell'*itinerario merci medio padano*, sia della ferrovia *Suzzara - Parma*, citata come facente parte del collegamento Tirreno - Brennero (TI.BRE.)³¹.

³¹ I costi necessari per realizzare o completare gli interventi a partire dal 2000, stimati dal *Piano*, ammontano a 630 miliardi per la *medio padana*, 160 miliardi per la *Parma - Suzzara* e 1.520 miliardi per il raddoppio di tratte della *Pontremolese*.

5. RIFERIMENTI

5.1 TABELLE

- 1 - 15: Vd. *Relazione P047* del 31 gennaio 2001
- 16. Analisi dei tempi di percorrenza dei treni Cremona - Treviglio
- 17. Analisi dei tempi di percorrenza dei treni Treviglio - Cremona
- 18. Punta mattinata Codogno - Milano: tempi di percorrenza e affluenza.
- 19. Linea Brescia - Piadena - Parma.
- 20. Rete ferroviaria della Provincia di Cremona. Sezioni di blocco, velocità, PL.
- 21. Idem. Sistema di trazione, carichi, binari d'incrocio.

5.2 FIGURE

- 1 - 5: Vd. *Relazione P047* del 31 gennaio 2001
- 6. Schema semplificato di una stazione d'incrocio.
- 7. Andamento temporale di un incrocio e schemi di orario grafico.
- 8. Penetrazione Paullese a Milano: accessibilità urbana.
- 9. Penetrazione da Treviglio.
- 10. Penetrazione da Codogno.
- 11. Itinerario "basso" e "medio" padano.
- 12. La "gronda sud" di Milano.
- 13. Itinerario longitudinale est.
- 14. Il corridoio ferroviario TI.BRE.

5.3 BIBLIOGRAFIA

Vedere relazione P047 del 31 gennaio 2001.

Prof. Ing. Francesco Perticaroli

P065.1 – 31 Luglio 2001.