

SISTEMA AUTOMATIZZATO PER LA PULIZIA IN SICUREZZA DEI TUNNEL FERROVIARI

di **Dario ZANINELLI, Morris BRENNNA e Federica FOIADELLI**

Politecnico di Milano - Dipartimento di Energia

SOMMARIO

Il Politecnico di Milano ha eseguito uno studio finalizzato a determinare la valenza tecnologica di un convoglio denominato "SALT 400" da adibire alla pulizia dei tunnel ferroviari, progettato e costruito dalla società Tecnofer di Mantova.

A tal fine sono stati effettuati numerosi sopralluoghi, sia presso le officine di costruzione del convoglio che, successivamente, durante le fasi di lavoro dello stesso in alcuni tunnel sulle tratte di linea Udine-Tarvisio e Bolzano-Brennero.

Nel presente articolo viene descritto il "SALT 400" nelle sue caratteristiche costruttive e funzionali ed accennato ai benefici che si possono ottenere dall'utilizzo di questo convoglio sia in termini di sicurezza che di vantaggi economici.

Il Politecnico, a seguito dello studio eseguito, ha inoltre indicato alla ditta costruttrice alcuni interventi da attuare, finalizzati a migliorare la sicurezza e la funzionalità del convoglio "SALT 400".

OBIETTIVI E FINALITÀ DEL SISTEMA

Nei tunnel ferroviari sono presenti apparati tecnologici notevolmente costosi necessari all'esercizio ferroviario e sistemi di segnalamento per la circolazione dei treni. Inoltre il tunnel rappresenta anche un "ambiente di lavoro" in cui operano persone addette alla manutenzione. La circolazione dei treni produce all'interno dei tunnel polveri che depositandosi sugli apparati tecnologici richiedono una costante

manutenzione per garantirne la funzionalità. Particolare interesse è legato alla presenza nei tunnel dei cavi fessurati necessari ai sistemi di comunicazione terra-treno che utilizzano segnali radio per la trasmissione dei dati. Questi depositi creano danni anche ai più semplici apparati elettrici e riducono la visibilità della segnaletica, oltre a rendere più onerose e difficoltose le operazioni di manutenzione.

Tutto ciò dimostra la necessità dei costanti interventi che vengono effettuati al fine di garantire il corretto funzionamento dei diversi dispositivi. La possibilità dunque di intervenire in maniera integrata può portare ad una riduzione dei costi e ad un minore impatto sulla circolazione dei treni, oltre a garantire un migliore ambiente di lavoro.

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO "SALT400"

Per l'esecuzione del servizio di pulizia dei tunnel la Tecnofer ha realizzato un convoglio ferroviario denominato SALT 400 (Sistema Automatizzato per il Lavaggio dei Tunnel), riportato in figura 1.

Sinteticamente il SALT400 è composto da:

- un motocarrello ferroviario della potenza di 400 CV attrezzato con quattro bracci multidirezionali, snodati e azionati da attuatori idraulici su cui sono installate opportune batterie di spazzole a rulli adibite alla pulizia di pareti, marciapiedi, segnaletica e volta della galleria (ved. figg. 2a e 2b). Sul motocarrello sono inoltre collocati quattro ulteriori bracci attrezzati con spazzole rotanti in ferro adibite alla pulizia meccanica degli organi di



Fig. 1 - Vista frontale del treno "SALT400" per la pulizia dei tunnel



Fig. 2 - Particolari del treno pulitore per gallerie:
a) spazzola per la pulizia delle pareti
b) dei marciapiedi
c) degli organi di attacco alla rotaia

attacco delle rotaie alla piattaforma (ved. fig. 2c). Per l'abbattimento delle polveri il treno è provvisto di un apposito impianto ad acqua;

- un carro attrezzato per il lavaggio di marciapiedi, pareti, volta, organi d'attacco, segnaletica e pietrisco (piattaforma ove questa è presente) utilizzando acqua in pressione;
- tre carri cisterna adibiti al trasporto dell'acqua.



Fig. 3 - Particolare del getto di acqua in pressione per il lavaggio della segnaletica

Il treno pulitore è preceduto da un mezzo bivalente strada-rotaia adibito a:

- umettazione della segnaletica con una soluzione di un prodotto biodegradabile e biodegradante ad attività naf-tofaga;
- trattamento della segnaletica con acqua ad alta pressione;
- pulizia delle nicchie con una soluzione acquosa diluita di tensioattivi biodegradabili e con acqua ad alta pressione.

Il cuore del sistema è costituito dal motocarrello-carro-macchina.

Esso presenta un rodiggio di tipo B e le sue dimensioni rispettano la sagoma limite italiana in fase di trasferimento. Il locomotore ha una lunghezza massima di 14,2 m compresi i respingenti, larghezza di 2,9 m, passo di 8.000 mm, massa a vuoto di 32.000 kg e una portata massima a braccio teso pari a 500 kg a 4,875 m.

La velocità massima consentita è di 80 km/h, sia per il solo locomotore che per la composizione treno. Il motocarrello è in grado di trainare il treno alla sua velocità massima durante i trasferimenti considerando un coefficiente di aderenza pari a 0,27.

Di particolare rilievo è il sistema di trasmissione meccanica fra il motore e gli assili, che deve garantire le massime prestazioni sia in fase di trasferimento che di lavoro. Nel primo caso la marcia del veicolo è caratterizzata da velocità elevate, mentre in fase di lavoro è richiesta un'elevata forza di trazione con velocità molto basse (600 m/h). Per poter soddisfare entrambe le esigenze, il veicolo è stato dotato di una particolare trasmissione idrostatica con possibilità di inversione della marcia, il cui controllo è assicurato da comandi separati posti sul banco di manovra (ved. fig. 4).

Il mezzo è dotato di freno di tipo M/V continuo automatico ed è presente la condotta generale del freno.

La frenatura può essere ottenuta attraverso un freno idraulico che agisce sulla trasmissione idrostatica, o da un freno meccanico a comando pneumatico per il locomotore e per la parte interna, con doppi ceppi in ghisa su ogni singola ruota. Al fine di garantire la massima sicurezza, vi sono quattro cilindri pneumatici con recuperatore automatico del



Fig. 4 - Banco di manovra del treno "SALT400"

gioco. Il freno di stazionamento è di tipo meccanico realizzato tramite tiranteria che serra i ceppi sulle ruote.

La frenatura di emergenza viene attuata in due possibili modalità: o attraverso il freno a mano, oppure realizzando lo scarico rapido della condotta al fine di arrestare velocemente il convoglio. A tale scopo la cabina è dotata di due rubinetti dedicati alloggiati sul banco: uno di comando del freno diretto e uno di comando del freno automatico del convoglio.

Sulle testate del veicolo sono posti doppi rubinetti e doppie manichette di accoppiamento per l'aggancio della frenatura dei convogli rimorchiati.

Per l'alimentazione dei servizi di bordo, come ad esempio l'illuminazione di lavoro, il computer di bordo, le utenze ausiliarie (prese di bordo) e le scaldiglie in cabina, viene utilizzato un gruppo elettrogeno diesel da 20 kVA.

La potenza installata prelevabile in continuo è di 18 kW trifase.

A bordo del locomotore è presente un'alimentazione in alternata, con tensioni di bordo pari a 380V / 220 V a 50 Hz, e in continua a 24 V e 12 V. La macchina è inoltre predisposta alla fornitura di energia, tramite delle prese escludibili, poste sulla testata. Come ritorno in bassa tensione viene utilizzata la massa del telaio.

Come sicurezza sono previste tre batterie. Una a 12 V è dedicata al gruppo elettrogeno, le altre due batterie, a 12 V e poste in serie tra loro, sono alimentate dall'alternatore principale e sono dedicate all'avviamento del motore e ai servizi di bordo. Le due linee di batterie sono a loro volta sezionabili con degli staccabatterie opportunamente sovradimensionati.

Il mezzo prevede un triplo impianto di illuminazione. Oltre alle regolamentari luci di via, come previsto dalla norma FS, sono presenti luci di ingombro al neon poste sulle fiancate e luci di lavoro alogene per una potenza totale di 6.000 W, così distribuita: 6 lampade per ogni testata (ved. fig. 5) e due per

ogni gru, per un totale di 20 lampade ciascuna della potenza di 300 W.

La macchina è attrezzata con un sistema di spazzole, comandate da distributori regolati sia direttamente da rubinetti posti sulle gru sia con telecomando con cavo, che permette la pulitura delle pareti, degli organi di attacco, dei marciapiedi e delle piattaforme.

Ciascuna gru porta spazzole è costituita da un braccio primario e da prolunghe idrauliche (ved. fig. 6).

All'interno della cabina è presente un quadro di controllo per la verifica delle condizioni di lavoro in termini di velocità e consumi. Infatti, come si può evincere dalla figura 7, sul pannello sono montati un contometri per la misura del tratto di galleria su cui è stata effettuata la pulizia, uno speedometro digitale per la misura precisa delle bassissime velocità tipiche della fase di lavoro (circa 0,7 km/h) ed infine un contaltri per la verifica del consumo di acqua.

SICUREZZA

Un aspetto di fondamentale importanza nella progettazione del treno è relativo alla sicurezza sia per quanto riguarda gli operatori che la marcia del convoglio.

La sicurezza per gli operatori è data dalla automazione dei bracci portaspazzole tramite un sistema pneumatico. Attualmente gli operatori sono sulla piattaforma del mezzo e comandano i bracci utilizzando appositi dispositivi collegati all'impianto tramite cavi. La sicurezza degli operatori potrebbe essere migliorata grazie alla realizzazione di radiocomandi atti a garantire un controllo a distanza dei bracci, eliminando così i cavi e consentendo una più efficace e sicura posizione del personale operante sul mezzo. In tal modo potrebbero restare all'interno di un ambiente protetto e climatizzato, migliorando così le condizioni di lavoro. La cabina, posta nella parte centrale della macchina, garantisce infatti la massima visibilità e comodità di manovra.

Per quanto riguarda invece la sicurezza della marcia, il treno SALT400 presenta, oltre agli impianti di bordo regolamentari e all'attrezzatura prevista dalla normativa, due livelli di intervento per le varie funzioni (es. trazione, frenatura, lavoro, ecc...): uno per il normale funzionamento e uno manuale di emergenza. In caso di guasto al sistema idraulico



Fig. 5 - Particolare dell'impianto alogeno di illuminazione del "SALT400"



Fig. 6 - Particolare dei bracci idraulici per la movimentazione

co principale il treno è dotato di una pompa elettrica di emergenza alimentata dal gruppo elettrogeno che permette il rientro in sagoma dei bracci al fine di poter rimuovere rapidamente la macchina consentendo il ripristino regolare della circolazione. Anche in caso di guasto al sistema di controllo della trazione, è possibile liberare la linea attraverso un comando manuale per l'alimentazione delle pompe ad olio per la trazione idrostatica.

Per quanto riguarda invece lo sblocco del freno, esso avviene tramite una valvola tripla automatica per lo scaricamento rapido della pressione residua dei cilindri del treno. Ogni asse su cui agiscono due cilindri del freno è munito di una valvola di esclusione in modo che ad ogni guasto su uno lo stesso possa essere escluso a favore dell'altro.

Infine, particolare riguardo è stato posto alla sicurezza elettrica; infatti, la maggior parte dei comandi sono alimentati da un circuito in bassa tensione a 24 V, protetto da valvole fusibili, che comprende batteria, alternatore, illuminazione, motorino di avviamento, segnalatori acustici e visivi. L'impianto di potenza a 230/400 V è invece protetto con interruttori differenziali e magnetotermici.

Nel caso di lavoro su linee a doppio binario, vi è presenza di tensione sulla linea relativa al binario non occupato



Fig. 7 - Verifica computerizzata dei consumi di acqua in funzione delle condizioni di lavoro (velocità e distanza percorsa)

dal mezzo in fase operativa, in modo da garantire la circolazione per il tratto considerato. Al fine di evitare manovre involontarie ed intempestive nella fase di risciacquo ad alta pressione e alti volumi che potrebbero dirigere il getto d'acqua sulla linea in tensione con pericolo per gli operatori, sono stati realizzati degli interblocchi meccanici che impediscono l'orientamento degli ugelli all'infuori della zona di lavoro. Inoltre, per evitare eventuali rotture dei condotti ad alta pressione, sono state utilizzate tubazioni a 150 bar di esercizio e 300 bar di scoppio, quindi abbondantemente sovradimensionate considerando che la pressione di lavoro è pari a 10 bar. Per quanto riguarda invece i getti asserviti alle spazzole utilizzano ugelli di piccola dimensione solo per l'abbattimento delle polveri e quindi non si riscontrano tali problematiche, in quanto funzionano a bassa pressione (3-4 bar) e basse portate rendendo impossibile il raggiungimento della linea adiacente.

Da quanto verificato durante i sopralluoghi in corso d'opera si è potuto constatare come la soluzione presentata per la pulizia dei tunnel ferroviari, oltre a migliorare le condizioni di lavoro degli operatori, è conforme alle norme di sicurezza ferroviarie.



Fig. 8 - Particolare della segnaletica all'interno della galleria nel quale si può apprezzare la differenza di visibilità prima e dopo l'intervento. L'immagine è stata scattata in seguito al passaggio della spazzola superiore e prima dell'arrivo di quella inferiore

CONCLUSIONI

Nella presente memoria si è presentata una descrizione del treno SALT400 adibito alla pulizia dei tunnel ferroviari. Dai sopralluoghi effettuati si è potuta verificare l'efficacia del trattamento che permette una migliore visibilità dei segnali all'interno dei tunnel ferroviari, oltre a migliorare le condizioni di lavoro degli addetti alla manutenzione. Dalla figura 8 si può ad esempio apprezzare la differenza di visibilità della segnaletica all'interno della galleria prima e dopo l'intervento. L'immagine è stata infatti scattata in seguito al passaggio della spazzola superiore e prima dell'arrivo di quella inferiore.

La diffusione di queste nuove tecnologie automatizzate porterà ad una notevole riduzione dei tempi e dei costi di manutenzione, ad un minore impatto ambientale, oltre che migliorare notevolmente la produttività del lavoro e la sicurezza del servizio ferroviario.