

RIMOZIONE DELLE POLVERI DAI TUNNEL FERROVIARI METROPOLITANI

*Un sistema innovativo di aspirazione meccanizzato utilizzato
nella metropolitana di Milano*

di **Francesco GILARDONI**
ATM Milano

e Ernesto MANCUSI
Tecnofer S.p.A. - Mantova

SOMMARIO

Nell'articolo viene presentata una tecnica innovativa per la pulizia dei tunnel ferroviari attualmente introdotta in ATM e vengono illustrati tutti i passaggi e le procedure che hanno portato all'impiego della nuova tecnologia.

In premessa saranno esposte le motivazioni che rendono necessaria la depolverizzazione dei tunnel metropolitani nonché la genesi delle polveri in essi presenti.

Sarà evidenziata l'esigenza di sostituire il sistema precedentemente in uso in ATM per migliorare il servizio e per adeguarlo all'impiego anche nelle linee M4 e M5 a sagoma ridotta che a breve entreranno in esercizio.

Saranno messi in risalto i vantaggi del convoglio di depolverizzazione denominato "SAI 400" attualmente in uso, rispetto al vecchio treno avente le stesse funzioni.

Sarà infine descritto il convoglio "SAI EVO" in consegna ad ATM nel dicembre 2012.

Si conclude ribadendo che la pulizia profonda dei tunnel è indispensabile, non solo per motivi di sicurezza legati alla circolazione ed all'ambiente di lavoro, ma anche perché da questa deriva una sensibile riduzione dei costi delle altre attività manutentive.

PREMESSA

La metropolitana di Milano si sviluppa su tre linee (ved. fig. 1) per circa 75 km di cui 57 km in galleria. La rete è gestita da ATM sia in termini di esercizio che di manutenzione.

Entro la fine del 2012, con l'apertura del primo tronco della nuova linea M5, si aggiungeranno ulteriori 4 km.

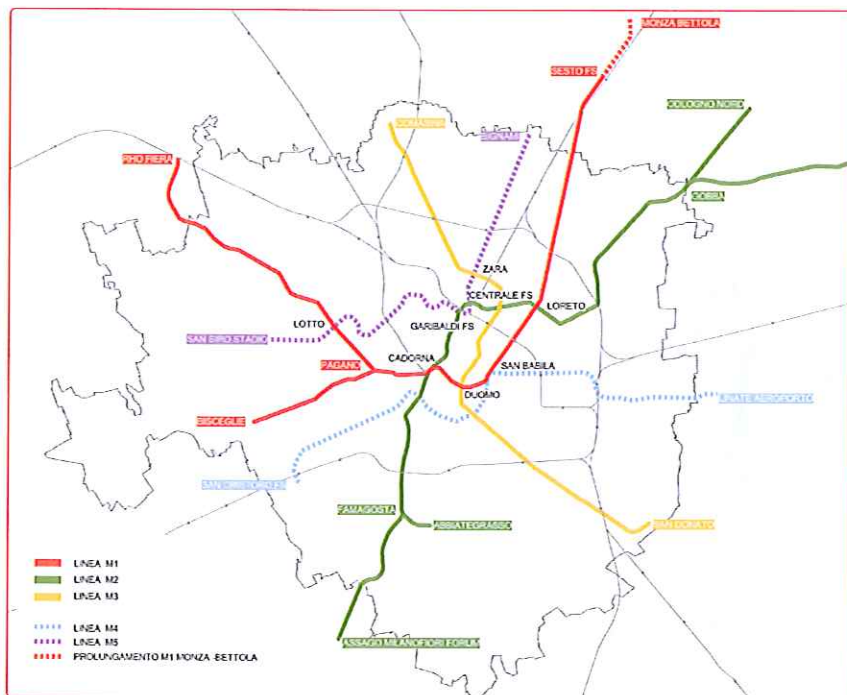


Fig. 1 - Piano schematico della rete metropolitana di Milano



Fig. 2 - Origine dello sporco

A regime, nel 2017, con l'apertura anche della linea M4, la rete raggiungerà una estensione complessiva di circa 102 km di cui 84 km in galleria, ovvero circa 170 km di semplice binario.

La rete metropolitana di Milano trasporta più di un milione di passeggeri nei giorni feriali con una frequenza treni molto elevata con punte di 30 treni per ora e per direzione.

Nell'ambito delle manutenzioni alla infrastruttura, la pulizia dei tunnel rappresenta un'attività primaria volta a ridurre il rischio di incendi il cui innesco può essere causato dall'accumulo di materiale combustibile e a mantenere condizioni ambientali accettabili per gli addetti alla manutenzione e per i passeggeri. Detta pulizia crea inoltre vantaggi economici indiretti in quanto mitiga gli effetti nocivi delle polveri sui sistemi elettrici ed elettronici ed allunga così la vita dei rotabili e degli impianti fissi di linea.

PERCHÈ PULIRE I TUNNEL?

Nei tunnel metropolitani si produce dello "sporco" che deve continuamente essere rimosso per evitarne l'accumulo. Le due cause più importanti della sua origine, produzione interna e immissione esterna, vengono descritte nella figura 2.

La **produzione interna** è costituita da polveri grossolane e da polveri fini di natura inorganica, prevalentemente di tipo ferroso, quasi del tutto insolubili in acqua (ved. figg. 3a) e 6).

In figura 3b) si mostra la stessa struttura dopo gli interventi di pulizia.

Nel 2010, indagini accurate dell'ARPA Lombardia, effettuate su campioni di aria prelevati in banchina, hanno rilevato la presenza di una concentrazione di ossidi di ferro pari al 70% rispetto al totale delle polveri sottili.



Fig. 3 - Un particolare del tunnel
a) prima dell'intervento b) dopo l'intervento



Fig. 4 - Il motore di un veicolo di trazione con incrostazioni

Si evidenzia quindi che la qualità dell'aria in metropolitana è diversa da quella esterna ed è caratterizzata da una polverosità differente: all'esterno, oltre alle sostanze inorganiche, sono presenti anche polveri sottili derivanti principalmente dai gas di combustione delle auto, contenenti derivati di carbonio organico.

Le polveri grossolane si depositano sulle superfici orizzontali mentre quelle fini vengono tenute in sospensione nell'aria dal vento prodotto dalla circolazione dei treni per poi adesivarsi, in calma di vento, a pareti e volta del tunnel attraverso legami elettrostatici.

Dall'esperienza accumulata si può ipotizzare che il rapporto polveri macro/polveri fini è molto alto (circa 90/10).

La presenza delle polveri comporta problemi che incidono sia su elementi legati alla sicurezza sia sui costi di esercizio, in particolare:

- riducono la visibilità della segnaletica per l'effetto coprente delle polveri fini;
- creano problemi ambientali/sanitari in quanto si degradano fino a diventare polveri sottili;
- aumentano lo "sporco" negli ambienti interni alle stazioni sotterranee;
- producono danni agli impianti di linea ed ai convogli (ved. fig. 4 e 5);
- riducono la luminosità dell'ambiente perché si depositano sulle sorgenti luminose;
- sporcano camminamenti e mancorrenti.

L'immissione esterna è costituita dal macrosporco prodotto dai passeggeri (carte, bicchieri e bottigliette, giornali free press, ecc.) e dalla ventilazione forzata di stazione e di galleria.

Il macrosporco durante la circolazione dei treni si distribuisce lungo il tunnel per poi accumularsi e annidarsi nei siti riparati dal vento creato dalla circolazione dei convogli. Questo materiale è, in larga massima, di natura organica per cui il fenomeno di accumulo rappresenta una potenziale fonte di innesco di incendio; la sua pre-



Fig. 5 - Rimozione delle polveri da elementi di motori di elettotreni

senza crea inoltre problemi di funzionalità alla struttura e, quindi, di costi indiretti in quanto le zone di accumulo sono principalmente costituite da nicchie di installazione delle casse di manovra, pozzetti di scolo acque, nicchie per locali tecnici di galleria, ecc. Nella figura 6 si evidenzia una zona di accumulo.



Fig. 6 - Zona di accumulo dello sporco

La ventilazione forzata che crea un importante ricambio dell'aria (8 volte/ora), è strutturata per far circolare l'aria proveniente dall'esterno secondo un flusso di immissione dai pozzi di ventilazione delle stazioni e di espulsione attraverso le camere di ventilazione situate nell'intertratta tra le stazioni stesse.

Tale impostazione è indispensabile in quanto è funzionale al mantenimento del microclima all'interno del tunnel e a canalizzare un flusso di aria che può convogliare gli eventuali fumi, derivanti da un incendio, verso le camere di ventilazione intertratte con adduzione di aria fresca per i viaggiatori in esodo verso le stazioni limitrofe.

SISTEMA DI ASPIRAZIONE USATO IN ATM FINO AL 2010

Alla base delle attività di pulizia è prevista la depolverizzazione della sede dei tunnel che fino al 2010 era attuata attraverso un sistema "soffia/aspira".

Con questo sistema, l'aspirazione delle polveri veniva realizzata utilizzando un convoglio attrezzato in grado di soffiare aria sul piano di posa dei binari per sollevare le polveri prima che queste venissero aspirate: l'aria aspirata, dopo il passaggio in opportuni filtri, veniva separata dalle polveri che rimanevano stoccate a bordo del veicolo.

Questo sistema presenta due grossi limiti:

- 1) l'azione di pulizia "soffia/aspira" viene effettuata solo su una fascia di 2,40 m a cavallo del binario;
- 2) le polveri fini adesivate alla sede, non si riescono a staccare solo con l'azione del soffiaggio mentre le polveri grossolane ad alto peso specifico non vengono aspirate completamente.

RICERCA DI NUOVE TECNOLOGIE

La Direzione Tecnica di ATM:

- visto lo stato di conservazione del treno di aspirazione (ved. fig. 7) utilizzato sulla rete a partire dal 1990;
- dovendo garantire le attività di aspirazione anche nei tunnel delle future linee M4 e M5 a sagoma ridotta;
- volendo migliorare i risultati del servizio di aspirazione delle polveri dal piano di posa binari basati sulla tecnica "soffia/aspira",

ha maturato nel 2008 la decisione di acquistare un nuovo treno di aspirazione e ha quindi ricercato eventuali sistemi alternativi in uso presso altre Aziende Esercenti Europee.

Da questa indagine è risultato che le metodiche adottate sono, nella maggioranza dei casi, pressoché le stesse usate da ATM.

Sono comunque emersi due procedimenti parzialmente differenti dal sistema "soffia/aspira".

In particolare una metodologia, senza l'impiego dell'acqua, prevede la spazzolatura a secco delle pareti del

tunnel con la produzione di una spessa nube di polveri. Pertanto questa operazione viene eseguita da una macchina con comando remoto per evitare di esporre gli operatori alle polveri durante l'intervento. Successivamente, sempre con comando remoto, vengono asportate sia le polveri già presenti sulla sede che quelle provenienti dalle pareti, attraverso il solito sistema "soffia/aspira".

Una seconda metodologia individuata, in seguito denominata "spazzola/aspira", prevede la rimozione delle polveri attraverso un sistema sincrono di spazzolatura ed aspirazione: una spazzola contenuta in una cappa in forte depressione, in fase operativa, si abbassa sul binario e rimuove meccanicamente sia le polveri grossolane che quelle fini legate alla sede, indirizzandole simultaneamente al sistema di aspirazione che poi le spinge ai filtri. Tale tecnologia consente in larga parte anche l'aspirazione dello sporco grossolano (giornali, bottigliette in PET, ecc.) eventualmente presente nei tunnel.

Questo secondo modo di operare, che prevedeva l'impiego di un impianto pilota denominato "SAI 150" (ved. fig. 8), veniva già utilizzato con successo da Metronapoli^(*).

La Tecnofer, confortata dai risultati ottenuti dal "SAI 150", ha costruito e brevettato un treno ad alta produttività denominato "SAI 400" idoneo alla depolverizzazione di tunnel ferroviari aventi estese superiori a Metronapoli.

PROCEDURA

A seguito dell'indagine di mercato di cui sopra ATM, attraverso la sua controllata Perotti, ha bandito una gara per l'acquisizione di un treno di aspirazione ad alta prestazione con la possibilità di adottare entrambe le tecnologie "soffia/aspira" e "spazzola/aspira".

Alla preselezione effettuata all'inizio del 2010 hanno partecipato 3 società: Tecnofer, Schorling e Neu, tutte prequalificate.

A settembre 2010 sono state invitate le Imprese a

(*) Ved. articolo pubblicato su "La Tecnica Professionale" di aprile 2008, dal titolo: "La pulizia dei tunnel ferroviari - nuove tecnologie per la depolverizzazione ed il lavaggio dei tunnel metropolitani, esperienza presso Metronapoli".



Fig. 7 - Il sistema di aspirazione "soffia/aspira" usato in ATM fino al 2010



Fig. 8 - Il mezzo Tecnofer SAI 150, sulla destra il particolare della spazzola rotante

presentare offerta e a marzo 2011 è risultata vincente l'offerta tecnico/economica di Tecnofer.

In attesa della consegna, prevista per dicembre 2012, del treno di aspirazione (SAI EVO) progettato specificamente per ATM, Tecnofer ha iniziato, in accordo col dettato contrattuale, il servizio di aspirazione utilizzando il treno "spazzola/aspira" ad elevata produttività denominato SAI 400 (ved. fig. 9), compatibile in termini di sagoma con le attuali linee metropolitane di ATM.

RISULTATI

Il treno SAI 400 ha iniziato ad operare sulla rete metropolitana a partire da settembre 2011 e ha già effettuato n. 3 cicli di aspirazione in linea M 1-2-3 per un totale di 355.000 m di singolo binario con una produzione di circa 2.300 m/notte.

La produttività notturna è notevolmente variabile in funzione di almeno quattro fattori:

- tempi incerti di interruzione linea;
- presenza di altre attività manutentive;
- tempi di trasferimento verso la zona di lavoro;
- limitata disponibilità di tronchini in linea.

Pertanto si può stimare un tempo di lavoro effettivo di circa due ore e mezza per notte.

Dai 335.000 m trattati sono stati asportati 18.000 kg di sporco pari a 54 kg a chilometro.

Si evidenzia che il precedente treno in uso, aveva una capacità di rimozione del materiale di circa 10/15 kg al chilometro, pari a un quarto di quanto oggi registrato.

In base ai risultati raggiunti ed alle peculiarità del sistema è in corso di valutazione la possibilità di utilizzare il treno per la:

- rimozione dello sporco (grossolano e mini) nella zona delle banchine di fermata (circa 120 m cad.) eliminando la raccolta manuale del solo sporco grossolano effettuata con cadenza quindicinale o mensile a seconda dei casi;
- pulizia delle rotaie dagli accumuli di grasso rilasciato dai sistemi di ungibordo automatici a bordo dei treni al fine di annullare le problematiche relative ai micro/macro slittamenti/pattinamenti a cui i sistemi di segnalamento, basati su odometri per la misura delle distanze, sono decisamente sensibili.

Inoltre, visti i risultati ottenuti con il nuovo sistema "spazzola/aspira", è intenzione di ATM passare da una politica di interventi non più basata su un programma deciso a priori ma su condizione, concentrando l'attività ove è più necessario.



Fig. 9 - Il mezzo Tecnofer SAI 400 attualmente in servizio in ATM



Fig. 10 - Le due "campane" contenenti le spazzole rotanti del mezzo Tecnofer SAI 400 attualmente in servizio in ATM

DESCRIZIONE DEL SISTEMA SAI 400

Il treno SAI 400 è composto da due unità.

Nella prima unità è alloggiato il sistema "spazzola-aspira" e la cabina di guida e di lavoro (ved. fig. 9).

La singolarità dell'impianto deriva dalla presenza di due spazzole rotanti di grande diametro poste in due campane collocate nella parte centrale dell'unità e tenute in forte depressione. In fase di trasferimento le campane restano in sagoma (ved. fig. 10) per poi abbassarsi sul piano di posa del binario in fase operativa (ved. fig. 11).



Fig. 11 - Le due spazzole rotanti in fase di lavoro

Oltre all'abbassamento, le due campane hanno la possibilità di traslare lateralmente rispetto al binario (ved. fig. 11) fino a coprire una fascia di aspirazione di 4,40 m a cavallo del binario stesso.

L'impianto è dotato anche di una spazzola ridotta ed autonoma (ved. fig. 12) per l'aspirazione dello sporco da altre superfici sia orizzontali che verticali presenti in galleria.

Nella seconda unità è alloggiata una seconda cabina di guida (ved. fig. 13) e la batteria di filtri autopulenti



Fig. 12 - La spazzola ridotta ed autonoma per l'aspirazione dello sporco da altre superfici sia orizzontali che verticali presenti in galleria



Fig. 13 - Un primo piano della seconda unità del treno Tecnofer SAI 400 dove è alloggiata la seconda cabina di guida



Fig. 14 - Batteria di filtri autopulenti ubicati nella seconda unità del mezzo Tecnofer SAI 400

(ved. fig. 14) che raccoglie lo sporco proveniente dal sistema di aspirazione per poi depositarlo in sacchi di raccolta posti nella parte bassa del contenitore stesso dei filtri. I sacchi, pesati elettronicamente, vengono estratti alla fine di ogni intervento ed accumulati per il successivo conferimento e scarica autorizzata.

All'interno della cabina principale, posta sulla prima unità, sono installati tutti i comandi funzionali alla guida

ed all'operatività delle attrezzature oltre ad un computer che raccoglie e registra tutti i dati sensibili dell'intervento.

In fase operativa, a treno fermo, le campane vengono calate sul piano di posa dei binari.

Poi, a treno in movimento, le spazzole, controrotanti rispetto al moto del treno, scrostano meccanicamente le polveri adesivate sulla sede per una fascia variabile da 2,40 m a 4,40 m, a seconda delle esigenze.

Tutto lo sporco (macro, mini e micro) viene indirizzato, simultaneamente alla spazzolatura, al punto di captazione del sistema aspirante presente nelle campane.

Sulla seconda unità, in coda al convoglio, è allestito un impianto di irrorazione di acqua nebulizzata per abbattere le piccole quantità di polveri che si producono durante l'intervento.

DESCRIZIONE DEL SISTEMA IN COSTRUZIONE

Il nuovo convoglio, in fase di costruzione, denominato SAI EVO (ved. fig. 15), rappresenta l'evoluzione del SAI 400 rispetto al quale ha delle differenze strutturali e tecnologiche che di seguito vengono elencate e sommariamente descritte:

- rodiggio a carrelli per migliorare l'iscrizione in curve a raggio stretto e con diminuzione del peso assiale (ved. fig. 16);

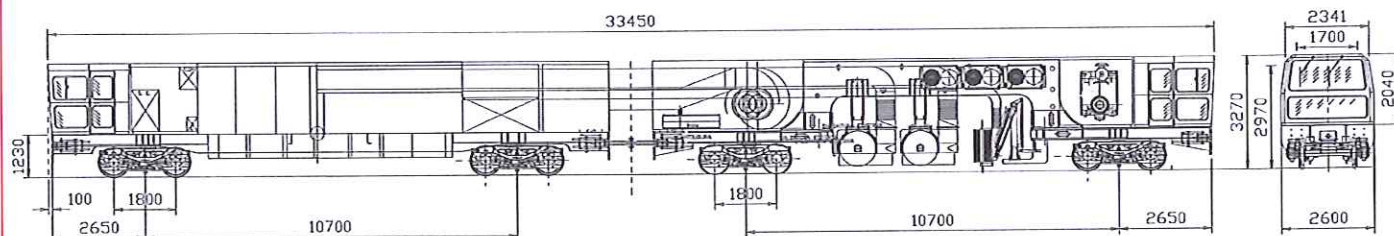


Fig. 15 - Schema del nuovo sistema di aspirazione SAI EVO in costruzione



Fig. 16 - Il nuovo sistema di aspirazione SAI EVO in costruzione (particolare del rodiggio a carrelli)

- aumento delle ruote aderenti ed aumento della capacità di trazione;
- gestione elettronica del controllo della trazione con sistema antipattinamento;
- profilo a sagoma ridotta rispetto al SAI 400, inscrivibile nelle nuove linee metropolitane automatiche (ved. fig. 17);
- miglioramento degli impianti di bordo derivanti dall'esperienza del SAI 400;
- aumento del comfort in cabina con il miglioramento dell'isolamento termo/acustico e con l'aggiunta di un impianto di climatizzazione;
- installazione di un impianto di degrassaggio delle rotaie utilizzando acqua calda leggermente tensioattiva alla pressione di circa 200 bar.

CONCLUSIONI

La pulizia dei tunnel è una attività manutentiva eseguita presso tutte le linee metropolitane che consente di controllare innumerevoli fattori di rischio.

Il servizio di aspirazione, svolto con la tecnologia "spazzola/aspira" ha mostrato risultati significativamente superiori a quanto ottenuto in passato utilizzando il sistema "soffia/aspira" garantendo pienamente il raggiungimento degli obiettivi richiesti da questo servizio.

Seppure già precedentemente espresso, si ritiene opportuno ribadire che la pulizia dei tunnel è indispensabile, non solo per motivi di sicurezza legati alla circolazione ed all'ambiente di lavoro, ma anche perché da questa deriva una riduzione dei costi delle altre attività manutentive ed una migliore conservazione sia di tutti gli impianti fissi che dei rotabili. ■



Fig. 17 - Il nuovo sistema di aspirazione SAI EVO in costruzione (profilo a sagoma ridotta rispetto al SAI 400, inscrivibile nelle nuove linee metropolitane automatiche)