

# Ventilia

Rivista di ventilazione civile ed industriale, condizionamento dell'aria, attenuazione del rumore

n° 55 - Novembre 2003

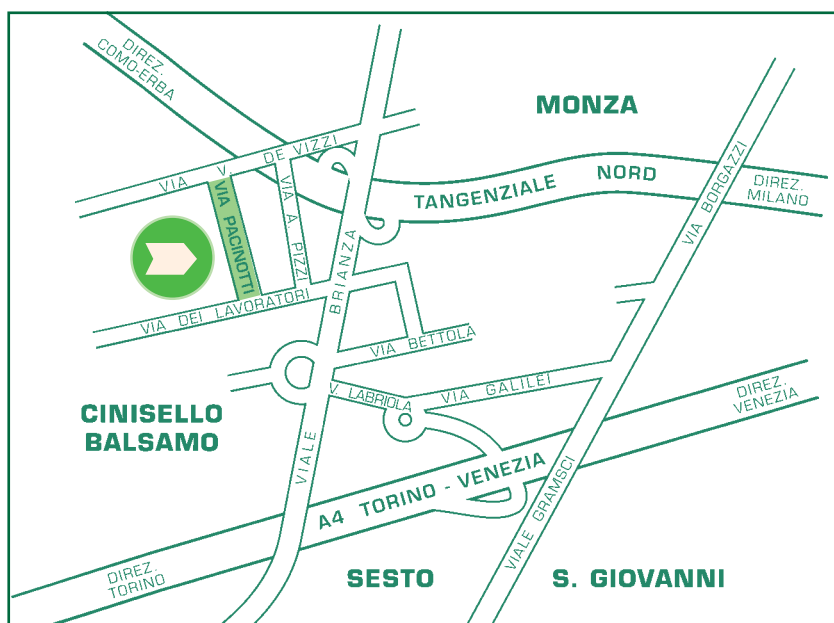
## Sommario

- 2 Fläkt Woods SpA cresce e si trasferisce
- 4 Progetto Aeroporto Barajas di Madrid.  
Sistema di ventilazione forzata applicata alla  
trasmissione di energia elettrica
- 8 Una delegazione AICARR in visita  
alla Fläkt Woods di Jönköping
- 10 Trattamento acque reflue.  
Il compressore ComVel-I
- 14 Metropolitana di Genova:  
gli impianti di ventilazione della nuova tratta  
Principe - S. Giorgio

## Fläkt Woods SpA cresce e si trasferisce

Dal 9 dicembre 2003 Fläkt Woods sarà operativa nei nuovi uffici di via Pacinotti 28 a Cinisello Balsamo.

La fusione di Fläkt e Woods, e la conseguente creazione di uno dei più grandi gruppi internazionali nel settore della ventilazione, della distribuzione e del trattamento dell'aria, ha infatti richiesto un ampliamento dell'organico di Fläkt Woods SpA e il trasferimento in una struttura più consona alle nuove necessità aziendali.



La nuova sede, costituita da una palazzina uffici di oltre 600 metri quadrati, da un magazzino coperto con una superficie di circa 1.000 m<sup>2</sup> e da un'area scoperta di 2.000 m<sup>2</sup>, è situata in una posizione strategica, a poche centinaia di metri dalle uscite di Cinisello della tangenziale nord di Milano e dell'autostrada A4 Torino - Venezia.

I numeri di telefono e di fax restano invariati

# Progetto Aeroporto Barajas di Madrid. Sistema di ventilazione forzata applicata alla trasmissione di energia elettrica

## Aeroporto Barajas

La necessità di ampliare il numero di piste dell'aeroporto di Madrid ha posto l'esigenza di interrare le linee aeree di trasmissione dell'energia elettrica presenti nell'area interessata. In particolare l'attenzione è stata riservata alla grande linea dorsale spagnola S. Sebastian de los Reyes - Loeches - Morata che, attraversando l'altopiano de Las Meseta, collega la generazione alla capitale Madrid.

La linea, ad alta tensione, è costituita da un circuito doppio a 400 kV per la trasmissione di 2x1720 MVA in inverno e 2x1390 MVA in estate per le rispettive cor-

renti di 2x2483 A e 2x2006 A. L'interramento del doppio circuito è stato progettato con cavi isolati in XLPE (Polyetilene Reticolato) di 2500 mm<sup>2</sup> di sezione del conduttore di rame (Fig. 1), posati in galleria sotterranea. Il diametro esterno del cavo è di circa 140 mm.

Il doppio circuito è stato interrato per 12,8 km pari all'estensione del tratto di area aeroportuale interessata (Fig. 2).

La committente del collegamento in cavo in tunnel interrato è l'Utility spagnola RED ELÉCTRICA (REE).

L'evacuazione della potenza suddetta con le condizioni termiche ambientali

dell'altopiano, alquanto spinte, ha imposto l'utilizzo di un sistema di raffreddamento forzato ad aria interamente progettato grazie ad una collaborazione Pirelli - Fläkt Woods.

## Progetto termico e aeraulico

Il progetto della linea interrata all'interno della galleria è stato effettuato a fronte di una situazione termica particolarmente severa, che si verifica sull'altopiano; le temperature ambientali di progetto sono riportate nella Tabella 1.

La corrente circolante nei conduttori dei cavi provoca il riscaldamento degli stessi a causa della resistenza elettrica che si oppone al flusso degli elettroni. Il calore prodotto da questo effetto (chiamato "effetto Joule") riscalda il cavo e in particolare l'isolante plastico che mal sopporta le elevate temperature che potrebbero produrre un suo invecchiamento precoce, con pericolo di perdita di

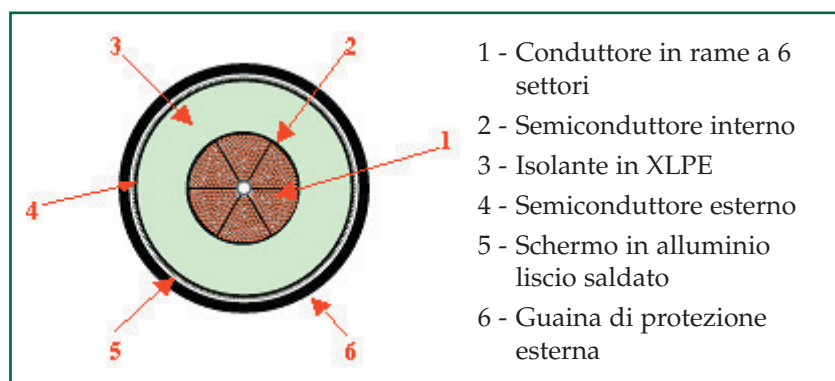


Figura 1 - Schema della sezione retta del cavo



Figura 2 - Foto dei due circuiti di cavo in galleria sotterranea

effetto isolante. Tutto ciò, da un lato è un limite di progetto della corrente trasmissibile dal cavo e dall'altro impone che per trasmettere una elevata potenza elettrica occorra evacuare il calore prodotto dal cavo che altrimenti si accumulerebbe all'interno del tunnel. Infatti detto accumulo risulta più rapido di quanto il calore possa essere dissipato per conduzione verso l'ambiente esterno. Quest'effetto di surriscaldamento, ben noto nell'ambito della progettazione dei sistemi elettrici in

cavo isolato, può provocare un incremento catastrofico e incontrollato della temperatura interna, con pericolo di "run away" termico della linea elettrica.

Il calore prodotto dai cavi è evacuato dal tunnel mediante ventilazione forzata. Il progetto di detta ventilazione è stato condotto utilizzando opportuni programmi di calcolo di flusso viscoso, al fine di valutare la caduta di pressione lungo il tunnel e in ultima analisi la lunghezza di tratta di tunnel tra l'ingresso del flusso forzato e la sua usci-

ta. Detta valutazione ha preso in considerazione le differenti grandezze fisiche dell'aria, l'attrito di essa con le pareti del tunnel, l'effettiva sezione idraulica del tunnel e la variazione di temperatura dell'aria lungo il tunnel. Il progetto è stato condotto nel rispetto di tre principali vincoli di progetto:

- Temperatura massima del conduttore del sistema in cavo = 90°C
- Temperatura massima interne al tunnel = 50°C (cfr. Tab.1)
- Velocità massima dell'aria nel tunnel = 5 m/s

La lunghezza di tratta di tunnel, valutata tra ingresso e uscita del flusso d'aria, è di 1240 metri e lo schema del posizionamento delle camere di ventilazione e dei camini di uscita dell'aria è rappresentato nella figura 3.

### Tipo di ventilatore

La scelta del ventilatore è stata dettata oltre che dalla velocità richiesta in galleria, 5 m/s, anche dal calcolo delle perdite di carico; si è tenuto conto, oltre che

Tabella 1 - Condizioni di temperature ambientali di progetto

TEMPERATURE	Estate (°C)	Inverno (°C)
Massima temperatura esterna	+42	+25
Minima temperatura esterna		-10
Massima temperatura esterna media	+35	+22
Massima temperatura del terreno in prossimità del tunnel	+25	+15
Massima temperatura permessa internamente al tunnel	+50	

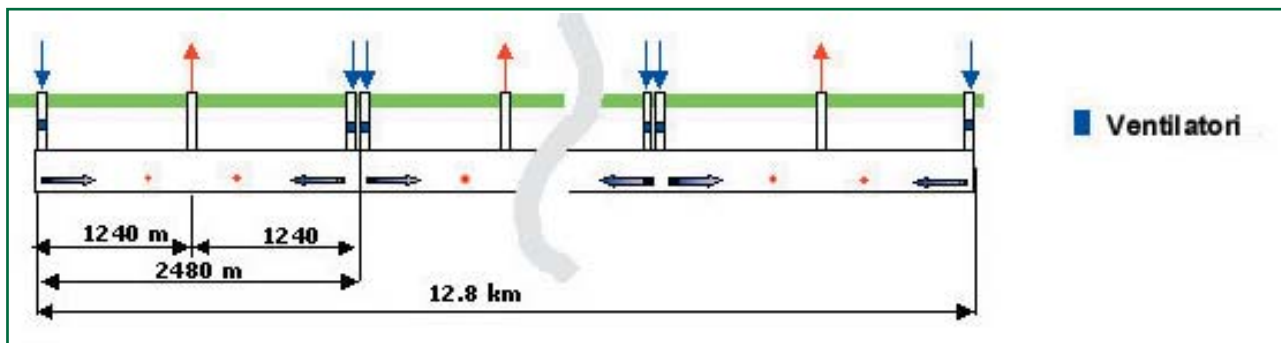


Figura 3 - Schema delle sezioni di ventilazione e dei camini di uscita aria

delle perdite dovute ai singoli componenti incontrati dall'aria lungo il suo tragitto, anche della particolare configurazione dei cavi all'interno del tunnel che risultano festonati riducendo la superficie effettiva di ventilazione.

I valori ricavati hanno portato alla scelta di un ventilatore di diametro 1250 mm con alette post radiaziatrici e potenza motore 38,3 kW.

In ciascuna camera di ventilazione, per un totale di cinque camere disposte sulla lunghezza totale del tunnel, sono stati installati diversi componenti; tre ventilatori disposti in parallelo rappresentano il fulcro della camera ma non meno importanti sono gli accessori installati per ogni ventilatore: un cono con boccaglio in ingresso e un diffusore in uscita per un'ulteriore riduzione delle perdite di carico e una serranda di intercettazione motorizzata per impedire il flusso contrario di aria in caso di non funzionamento del ventilatore.

Per quanto riguarda il problema di rumorosità è stata installata, a valle dei ventilatori, una serie di setti fonoassorbenti che permette di ottenere un valore accettabile di rumore all'interno e all'uscita del tunnel.

Per una delle cinque camere di ventilazione, quella più vicina alle zone abitate, sono state fornite anche delle griglie afoniche installate sull'ingresso della camera stessa.

Oltre alla parte meccanica sopra descritta, il sistema di ventilazione si inserisce all'interno di una più complessa e sofisticata logica di funzionamento. Come visto, lo scopo principale della ventilazione del tunnel è quello di garantire che la temperatura non superi un valore critico che comporterebbe il surriscaldamento dei cavi con pericoli di interruzione del servizio con conseguenze gravi su tutta la rete elettrica che alimenta la città di Madrid. La necessità di una continua ventilazione all'interno del tunnel ha dettato la scelta

di una ridondanza dei ventilatori; infatti, in ogni camera di ventilazione, due ventilatori sono normalmente funzionanti e il terzo è in stand-by.

La gestione del funzionamento alternato dei ventilatori, richiesto anche per un'usura equilibrata di tutti i ventilatori nel tempo, è affidata a un sistema di controllo centralizzato, direttamente comunicante con ciascuno dei ventilatori. Proprio da questa necessità di mettere in comunicazione ciascun ventilatore con il sistema centralizzato (PLC principale) è nata la scelta di fornire per ogni ventilatore un quadro elettrico dotato di un proprio PLC (PLC locale) (Fig. 4).

### Sistema di controllo

Il controllo del ventilatore viene gestito dal quadro elettrico locale ad esso dedicato tramite l'ausilio di un convertitore statico di frequenza (inverter).

Per garantire una maggiore affidabilità del sistema è

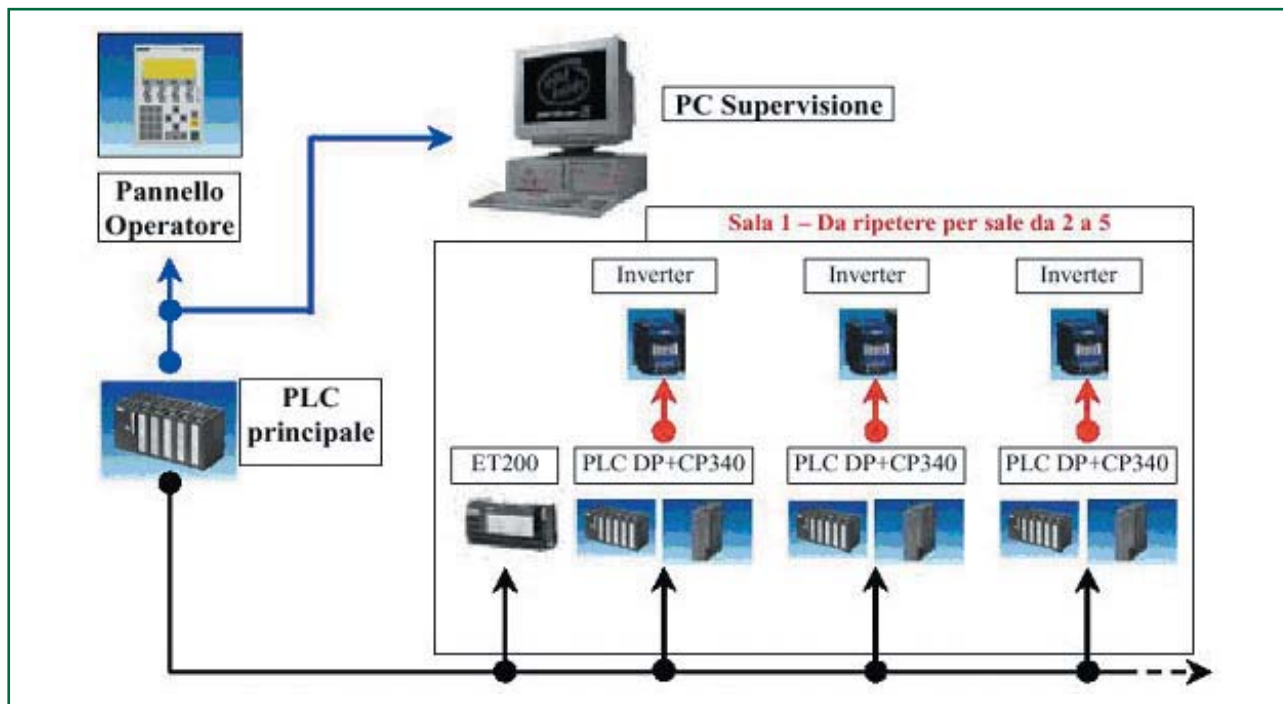


Figura 4 - Struttura generale del sistema di controllo e supervisione

stato fornito un quadro elettrico per ogni ventilatore invece di uno solo che gestisse tutti i ventilatori di una camera in modo che l'avaria di un gruppo quadro-ventilatore non precluda il funzionamento degli altri presenti nell'impianto.

Le temperature dei componenti della linea elettrica (cavi e giunti) e la temperatura del tunnel sono misurati in tempo reale con l'utilizzo del sistema di monitoraggio RTTR (Real Time Thermal Rating) composto da un sensore distribuito di temperatura (DTS: Distributed Thermal Sensor), che utilizza fibre ottiche come elemento di misura della temperatura stessa, e da un programma automatico di previsione delle tempe-

rature e dei suoi incrementi nel tempo. Il sistema RTTR, sulla base delle temperature misurate, decide se necessita la ventilazione e ne determina la velocità. Tre loops di fibre ottiche sono installate: due sulle due terne di cavi e una al soffitto del tunnel, come mostrato nello schema di figura 5. Quindi, nelle normali condizioni di lavoro il

PLC principale riceve dal sistema RTTR le velocità di funzionamento dei ventilatori nelle differenti tratte di tunnel e quest'ultimo comunica alle unità periferiche le velocità di rotazione. Tale velocità può variare da un minimo (20% della velocità massima) al massimo numero di giri del ventilatore (1470 giri/min) tramite inverter.

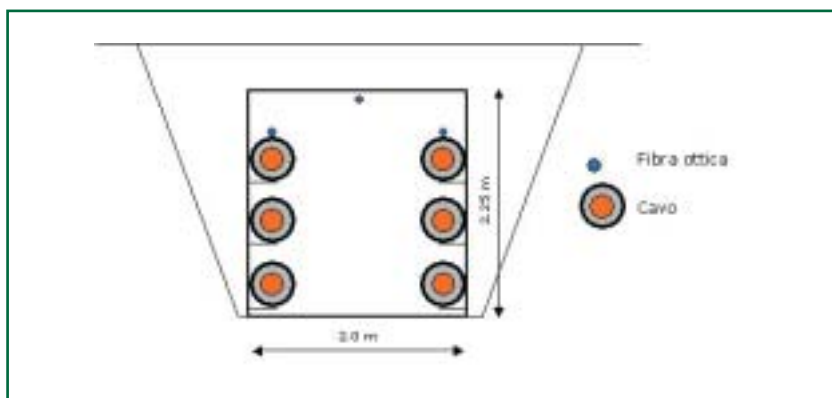


Figura 5 - Schema di posizionamento delle fibre ottiche all'interno del tunnel

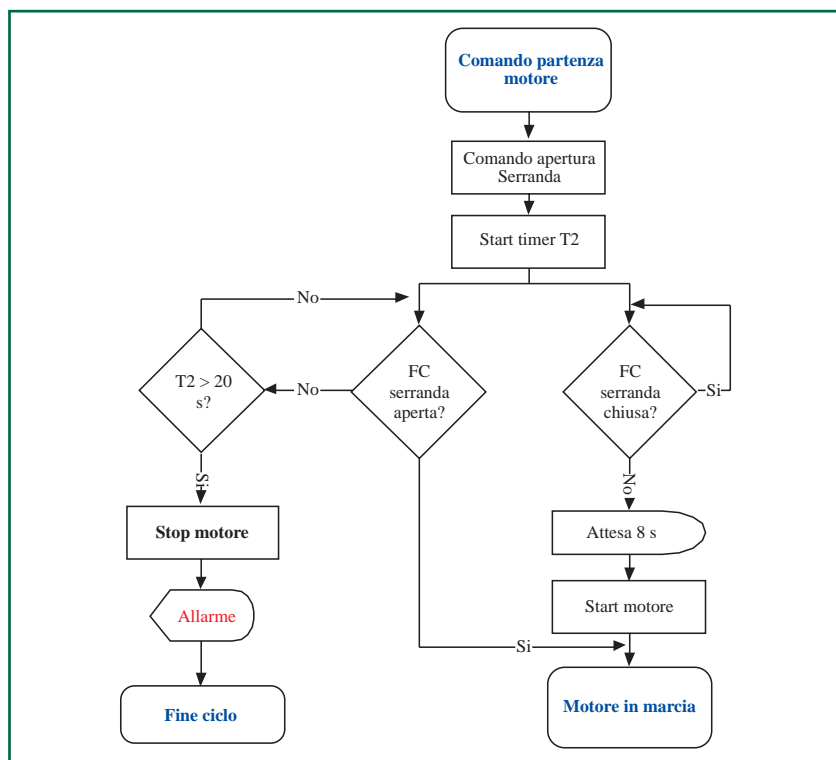


Figura 6 - Logica locale-schema a blocchi

Per migliorare ulteriormente il grado di affidabilità, in caso di guasto dell'inverter, è previsto un tipo di funzionamento denominato "by-pass" che permette alle unità locali di comandare il ventilatore senza l'ausilio dell'inverter. La condizione di "by-pass" rappresenta un funzionamento "limite" che si innescava a seguito di un innalzamento elevato della temperatura nel tunnel e bypassando gli inverter porta tutti e tre i ventilatori a funzionare alla massima velocità. Il collegamento del ventilatore al PLC locale consente anche un corretto e completo monitoraggio degli allarmi che il ventilatore stesso potrebbe generare durante il suo funzionamento: il ventila-

tore è infatti dotato di diversi sensori, un sensore di vibrazione, un sensore di temperatura del motore e un allarme di fine corsa relativo alla serranda; detti allarmi vengono gestiti dal PLC del quadro elettrico direttamente comunicante con il PLC principale. Il sistema locale RTTR e il PLC principale sono posizionati in una saletta prossima a un'estremità del tunnel; tutti i dati transitanti sul sistema locale e gli eventuali allarmi di funzionamento anomalo sono inviati alla sala di controllo di REE.

## Conclusioni

A seguito della stretta collaborazione tra Red Electrica, Pirelli e Fläkt

Woods, è stato possibile realizzare l'interramento di una linea aerea composta da due circuiti ad alta tensione. Le particolari e severe condizioni ambientali hanno richiesto la progettazione di un sistema in cavo ad alte prestazioni elettriche, congiuntamente a un sistema di ventilazione forzata per mantenere l'equilibrio termico nel tunnel.

La richiesta di una ventilazione variabile in funzione dei cicli di carico delle linee elettriche ha portato allo studio e allo sviluppo di un sofisticato sistema di controllo e gestione dei ventilatori. Il controllo e l'azionamento degli inverter e quindi dei ventilatori è stato effettuato, in sicurezza, con un sistema ridondante di comunicazione di PLC locali con un PLC centralizzato. Le logiche di funzionamento coprono tutte le possibili condizioni di servizio ed eventuali interruzioni per avaria di parte dei componenti.

*Si ringrazia la società BTS Servizi Tecnologici, fornitore quadri elettrici e sviluppo software, per la collaborazione.*

**Red Eléctrica de España  
Ramón Granadino**

**Pirelli Cavi e Sistemi  
Energia spa  
Dott. Fabrizio Donazzi**

**Fläkt Woods Spa  
Ing. Anna Rinaldi**

## **Una delegazione AICARR in visita alla Fläkt Woods di Jönköping**

Nato dalla fusione di Fläkt e Woods Air Movement, il Gruppo Fläkt Woods è oggi una realtà internazionale con oltre 3200 dipendenti, diciassette unità produttive, un fatturato che si aggira sui 500 milioni di Euro e una delle più ampie e complete gamme di prodotti nel settore della movimentazione, della distribuzione e del trattamento dell'aria.

Per illustrare le numerose attività del Gruppo, Fläkt Woods e Sagicofim Spa –



società che distribuisce in Italia le travi fredde, i dislocatori e le cassette a portata variabile Fläkt – hanno recentemente organizzato una visita tecnica in Svezia, alla quale ha partecipato una delegazione AICARR.

La visita ha rappresentato il prosieguo tecnicamente più specifico e completo di un'intensa attività di promozione svolta dai tecnici di Sagicofim sul mercato italiano per far conoscere le

caratteristiche dei prodotti Fläkt.

Accompagnati da Roberto Biancardi, country manager per l'Italia del Gruppo Fläkt Woods, da Natale Foresti, vice presidente di Sagicofim, e dai componenti del team Sagicofim dedicato ai prodotti Fläkt e al collegamento tra la sede svedese e il mercato italiano, i partecipanti hanno avuto l'occasione di visitare lo stabilimento e il centro tecnico di Jönköping, uno dei più moderni e attrezzati laboratori in cui vengono effettuate prove aerauliche, acustiche e di efficienza su tutte le apparecchiature prodotte in Svezia e nelle altre sedi europee del Gruppo.

La visita è stata preceduta da una presentazione della struttura del Gruppo Fläkt Woods e dall'illustrazione dell'ampia gamma produttiva: in particolare, sono state evidenziate le caratteristiche costruttive delle travi fredde, disponibili in versione sia per installazione a vista sia a controsoffitto, il cui principale valore aggiunto è la riduzione dei tempi di montaggio e la possibilità di regolare in cantiere le perdite di carico e i lanci.

Per quanto riguarda i terminali a dislocamento, oltre alla nota serie Floormaster, è stata presentata anche la nuova gamma Elea, dotata di filtri ad alta efficienza e



caratterizzata da una elevata silenziosità e da basse perdite di carico. Infine, sono state illustrate le ultime migliorie apportate alle cassette a portata variabile Optivent e le numerose versioni di unità di trattamento aria disponibili.

Fläkt è, infatti, il maggior costruttore europeo di Uta destinate in particolare ai settori navale e industriale, quali chimico, farmaceutico, alimentare ed elettronico, ossia dove sono richieste macchine ad alto contenuto tecnologico.



## Trattamento acque reflue. Il compressore ComVel-I

Il trattamento delle acque reflue è innegabilmente uno dei principali problemi che ogni grande città deve affrontare. Oggigiorno, però, non solo le città devono poter garantire una giusta qualità delle acque di scarico, ma alla luce dei recenti problemi idrici, anche le grandi industrie, come quella cartaria e siderurgica, devono affrontare questo problema. Per sottolineare le problematiche connesse con la depurazione dell'acqua basta ricordare che Milano ha in cantiere la costruzione di tre depuratori di cui uno, quello di Nosedo, gode del triste primato di una gestazione progettuale più che ventennale.

È di trattamento delle acque che vogliamo parlare in questo articolo, per dare la notizia dell'introduzione di un nuovo prodotto nella ricca gamma Fläkt Woods. Si tratta di un compressore centrifugo di ultima generazione, appositamente studiato e creato per l'utilizzo nelle centrali di trattamento acque e ovun-

que vi sia la necessità di superare grandi prevalenze con bassi consumi energetici d'esercizio. Ma prima di fare la conoscenza di questa nuova "meraviglia", vogliamo illustrare qual è la funzione di un compressore all'interno di una centrale di depurazione acque.

Le centrali di depurazione acque convenzionali dispongono di vasche di purificazione, dette biocelle, in cui un controllato ecosistema microbiologico garantisce l'assorbimento delle particelle organiche pre-

senti nelle acque trattate. Le componenti organiche non volute presenti nell'acqua trattata vengono "assorbite" da colonie batteriche che, naturalmente, trasformano tali sostanze in composti più facilmente smaltibili. La funzione dei compressori è quella di garantire un controllato apporto di ossigeno alla materia organica così da permettere la decomposizione da parte dei batteri delle particelle organiche disciolte. Attraverso una reazione biologica i microrganismi trasformano



Figura 1 - Trattamento biologico acque reflue

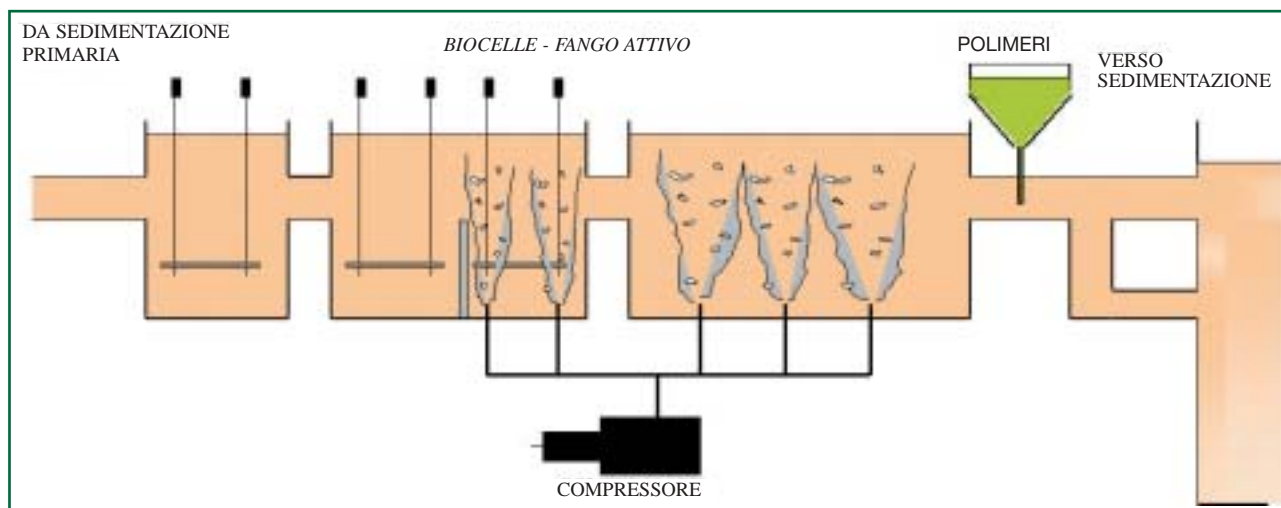


Figura 2 - Particolare del processo depurativo della Centrale di Gryaab (Svezia)

materia organica e ossigeno in anidride carbonica, acqua e fango.

Il materiale organico di scarto può essere successivamente utilizzato in centrali di compostaggio per dar vita a fertilizzanti e similari. Il processo d'aerazione dell'acqua trattata è solo uno dei vari processi a cui verrà sottoposta, ma è lo stadio per cui si ha il maggior assorbimento d'energia elettrica, soprattutto per il funzionamento dei compressori. È, quindi, vitale, per una corretta gestione dell'impianto, poter ottimizzare il funzionamento dei compressori a seconda dei volumi d'acqua da trattare.

Fino ad oggi la tecnologia adottata dal gruppo Fläkt Woods per l'insufflaggio dell'aria nelle biocelle delle vasche d'aerazione era quella di utilizzare un compressore accoppiato, attraverso una trasmissione, a un motore esterno.

Da oggi, tale tecnologia è soppiantata dalla nascita della famiglia di compressori ComVel-I. Realizzati negli stabilimenti finlandesi di Espoo nella divisione Heavy Duty, questi compressori sono dei prodotti all'avanguardia tecnologica per quel che riguarda il settore della depurazione delle acque reflue.

Il compressore ComVel-I è stato studiato e realizzato per fondere insieme due innovazioni tecnologiche così da creare un prodotto che si pone come stato dell'arte attuale. La prima innovazione è l'utilizzo di giranti realizzate interamente con materiali compositi di fibra di carbonio. La seconda innovazione è aver introdotto motori ad alta velocità da poter accoppiare direttamente alle nuove giranti. Questo ha permesso di poter eliminare la necessità di trasmissioni intermedie tra

motore e giranti a tutto vantaggio del rendimento totale della macchina.

I materiali compositi sono utilizzati da decenni dell'industria aeronautica e si sono rivelati una tecnologia altamente affidabile. I benefici maggiori delle fibre composite sono il favorevolissimo rapporto resistenza meccanica/peso, che è, per l'appunto, uno dei punti cruciali nella progettazione delle giranti dei compressori.

Dalla seconda metà del 1990, Fläkt Woods si è "tuffata" in un continuo



Figura 3 - Giranti in fibra di Carbonio

sviluppo pionieristico, il cui risultato è stata la creazione di giranti in grado di soddisfare sia i requisiti più stringenti dettati dalle specifiche tecniche e dalle normative vigenti sia la necessità di mantenere al minimo il consumo energetico. Lo sforzo è stato premiato dai risultati. Ad oggi si contano più di 50 giranti in fibra di carbonio installate sui compressori presenti in svariati processi industriali nel mondo.

Grazie al favorevole rapporto resistenza meccanica/peso le giranti in fibra di carbonio possono sostenere velocità di rotazione più elevate rispetto alle giranti convenzionali in acciaio e quindi possono generare un incremento di pressione superiore. Pesando in media il 20% in meno di una girante in acciaio, una girante in fibra di carbonio permette anche una signifi-

ficativa riduzione delle dimensioni degli alberi e dei cuscinetti di sostegno.

Il poter montare le giranti di fibra di carbonio accoppiate a motori ad alta velocità permette la costruzione di compressori integrati, bistadio, controllati da un convertitore di frequenza (VSD), capaci di ottimi rendimenti e di consumi elettrici proporzionali al fabbisogno.

Il compressore ComVel-I è preassemblato in fabbrica così da ridurre al minimo le spese d'ingegneria necessarie per l'integrazione dei vari compressori presenti in un processo industriale. Le giranti sono direttamente accoppiate agli alberi dei motori. I due stadi formanti il compressore sono collegati attraverso un elemento di giunzione intermedio così che la mandata del primo stadio venga indirizzata verso

l'aspirazione del secondo stadio. Tutti i componenti meccanici ed elettrici sono rinchiusi in opportune protezioni così da garantire la sicurezza per gli utenti nonché per ridurre il rumore generato dal compressore. Il preassemblaggio in fabbrica permette una semplificazione delle parti utilizzate e quindi una semplicità incrementata per la manutenzione e l'installazione.

Veniamo ora alle prestazioni di questo compressore.

Il punto di lavoro è, come detto, variabile per poter assecondare il volume d'acqua da trattare.

Comunemente la prevalenza da superare è data dall'altezza della vasca di trattamento acque che, generalmente, può essere profonda dai 5 ai 12 metri. È, quindi, necessario generare una prevalenza che va da 50 kPa a 120 kPa con volumi d'aria dell'ordine dei 2 - 5 m<sup>3</sup>/s. La potenza installata ad unità è dunque compresa tra i 200 e 600 kW, con alimentazione trifase a 400 V o 690 V a seconda dei casi. Velocità fino a 12000 rpm possono essere ottenute grazie all'utilizzo di filtri elettrici progettati ad hoc e cuscinetti anti attrito ibridi a lubrificazione forzata. Per completare il compressore è dato un quadro elettrico di controllo in cui trovano alloggiamento i moduli VSD, i filtri elettrici, il Modulo di Controllo Unità (UCM), che

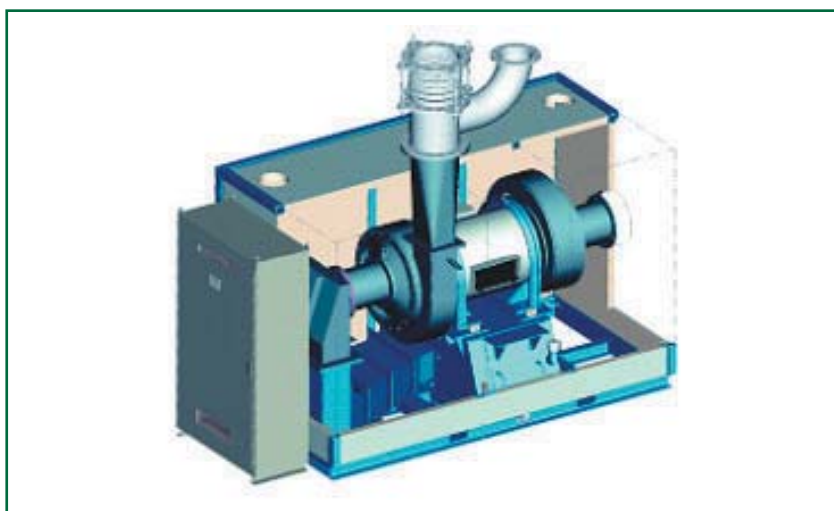


Figura 4 – Spaccato del compressore ComVel-I. Sono evidenti l'armadio contenente la componentistica di controllo, i due stadi del compressore uniti dall'elemento di giunzione e lo scarico con il giunto di by pass

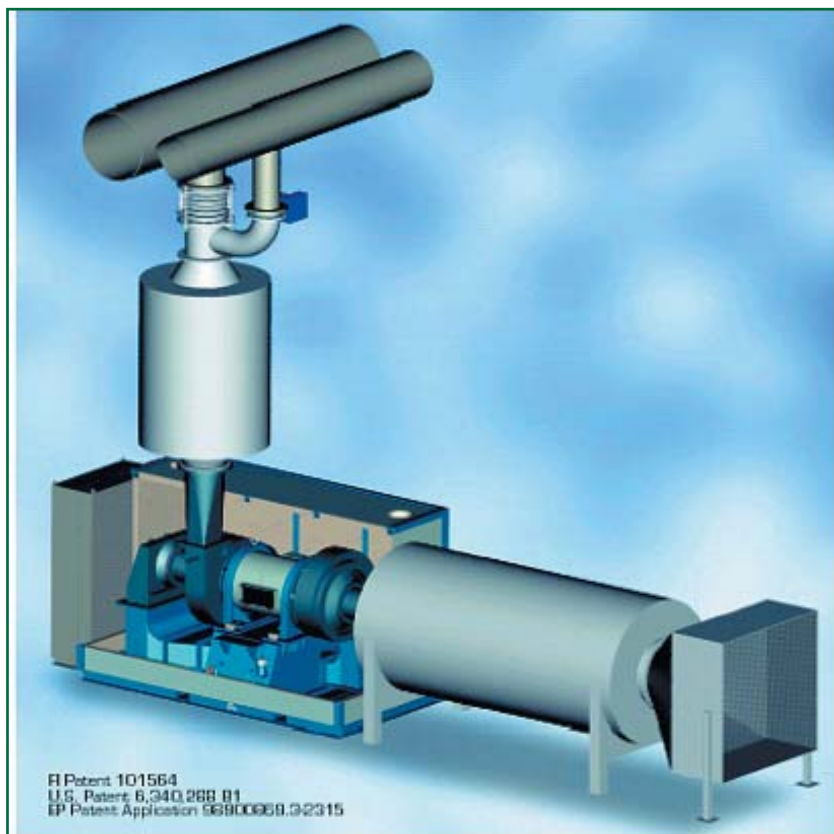


Figura 5 – Compressore completo di accessori, quali silenziatori lato aspirazione e mandata e filtro d'aspirazione

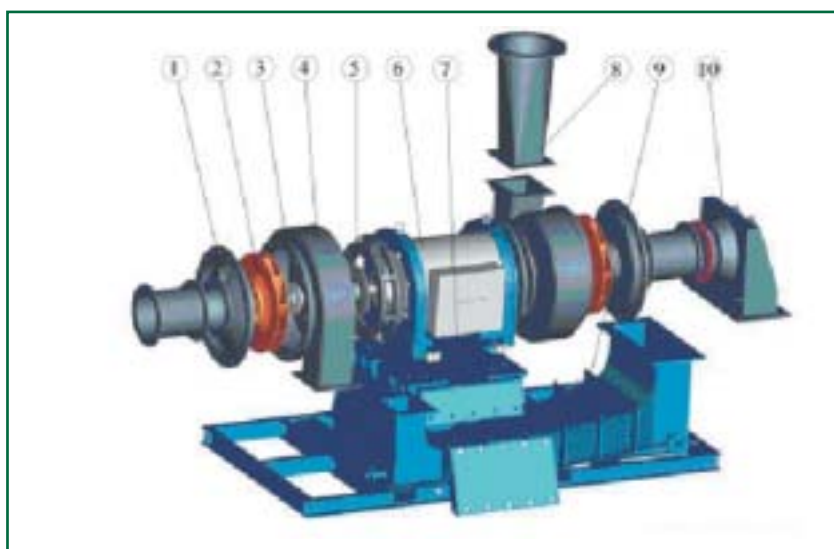


Figura 6 – Esploso del compressore. Legenda: 1) cono d'aspirazione flangia (2 pz); 2) girante in fibre composite (2 pz); 3) mozzo della girante (2 pz); 4) cassa (2 pz); 5) guarnizione alberi (2 pz); 6) motore e unità di lubrificazione; 7) sedia motore con tanica olio lubrificante; 8) diffusore; 9) elemento intermedio; 10) camera d'aspirazione

racchiude tutto ciò che è necessario per il corretto funzionamento del compressore e che garantisce di poter variare il punto di lavoro, e quindi i consumi energetici, a seconda del fabbisogno.

La Fläkt Woods ha studiato una serie di accessori, così da completare la macchina e permetterle di essere al 100% integrabile con il processo industriale in studio, che comprende silenziatori d'aspirazione e mandata, filtri, giunzioni a T ecc. Il compressore ComVel-I è sicuramente una macchina altamente tecnologica, dotata di un valore aggiunto elevato alla luce delle prestazioni generabili e ai risparmi energetici d'esercizio di cui è capace grazie all'ottimo rendimento di macchina e all'adozione di un convertitore di frequenza studiato ad hoc.

La tecnologia sviluppata per il compressore ComVel-I, sebbene studiata per applicazioni in campo di depurazione dell'acqua, è una tecnologia che si sposa perfettamente anche per le applicazioni in cui sia necessario sviluppare una grande prevalenza con volumi d'aria variabili nel tempo e dove l'economia d'esercizio sia un vincolo trainante per la progettazione dell'impianto.

**Ing. Andrea Valente**

## Metropolitana di Genova: gli impianti di ventilazione della nuova tratta Principe - S. Giorgio

Lo scorso 25 Luglio, alla presenza di autorità e di molti cittadini incuranti del clima caldo umido che ci ha accompagnato per tutta l'estate, il Sindaco di Genova ha ufficialmente inaugurato la nuova tratta Principe - S.Giorgio della Metropolitana di Genova. Essa comprende, a partire dalla Stazione Principe completata nella sua fase definitiva, le nuove Stazioni di Darsena e di S.Giorgio; quest'ultima posizionata in prossimità della zona del Porto Antico, ad un passo dall'Acquario. Il sistema di ventilazione ripropone la scelta di uno

schema ad impianti di ventilazione indipendenti, ampiamente consolidata nella tratta Brin - Principe, ovvero la costruzione di cabine in estrazione di galleria e di stazione indipendenti (figura 1). Queste ultime provvedono ad effettuare un'estrazione, di eventuali fumi da incendio, utilizzando una serie di bocchette dotate di griglie e posizionate sotto l'intera lunghezza delle banchine (80 m).

Gli impianti di stazione e galleria operano nelle due condizioni di "funzionamento normale" e di "funzionamento in emergenza",

perseguendo gli obiettivi sintetizzati nella tabella 1.

Le condizioni più gravose, a cui il sistema di ventilazione dovrà far fronte, sono indubbiamente quelle in emergenza, per le quali, il D.M. 11.01.1988 - "Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane"- impone per le sole stazioni un dato prestazionale minimo di 8 ricambi orari, mentre nulla prescrive per le gallerie.

Per queste, è stato indispensabile impostare una metodologia di progetto, mantenendo chiaro l'obiettivo di realizzare comunque una corretta estrazione dei fumi in grado di mantenere un ricambio d'aria idoneo a garantire respirabilità e visibilità sufficienti per l'evacuazione in sicurezza dei passeggeri.

Nelle cabine di ventilazione di galleria e stazione, concettualmente simili per funzionamento, sono stati installati ventilatori del tipo assiale, le cui caratteristiche sono sintetizzate in tabella 2.

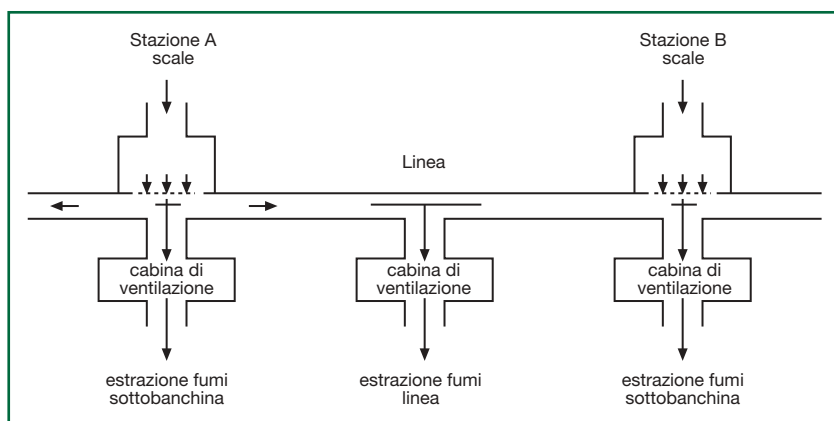


Figura 1 - Sistema con impianti di ventilazione indipendenti

Tabella 1 - Condizioni di funzionamento degli impianti di ventilazione

	FUNZIONAMENTO IN CONDIZIONI NORMALI	FUNZIONAMENTO IN CONDIZIONI D'EMERGENZA
IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI STAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenere un livello di aerazione al fine di assicurare le condizioni di benessere alle persone presenti nelle zone di attesa.</li> <li>• Smaltire il calore prodotto dai convogli in partenza ed in arrivo, dagli impianti di illuminazione e dal numero massimo di utenti ipotizzabile nelle banchine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantire una corretta evacuazione dei fumi, generatisi dall'eventuale presenza di un convoglio fermo in banchina ed interessato da incendio, mantenendo un ricambio tale da consentire un grado di respirabilità e visibilità sufficienti per l'evacuazione in sicurezza delle persone coinvolte.</li> </ul>
IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI GALLERIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenere un livello di aerazione tale da contenere temperatura ed umidità in galleria entro valori tali da non costituire pericolo per gli impianti presenti.</li> <li>• Smaltire il calore prodotto dai convogli in transito, accelerazione e decelerazione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantire una corretta estrazione dei fumi, generatisi dall'eventuale presenza di un convoglio bloccato ed interessato da incendio, mantenendo un ricambio tale da consentire un grado di respirabilità e visibilità sufficienti per l'evacuazione in sicurezza delle persone coinvolte.</li> </ul>

Nelle stazioni, ove i regolamenti d'esercizio prevedono che il convoglio interessato da incendio arrivi comunque, gli impianti di ventilazione sono sempre funzionanti.

Qualora questa condizione non fosse momentaneamente soddisfatta, è stato previsto un comando automatico dall'impianto di rivelazione incendi a seguito di un allarme dei rivelatori posizionati sopra la ban-

china. Nelle gallerie, al fine del contenimento dei costi d'esercizio, dovuti al valore non trascurabile di energia elettrica assorbita, gli impianti di ventilazione sono sempre operanti alla prima velocità. Solo a seguito di un allarme dell'impianto di rivelazione della galleria, del tipo lineare, si ha l'attuazione alla seconda velocità.

Le condizioni più gravose di funzionamento degli im-

pianti di ventilazione sono quelle di emergenza, ma è pur vero che sono condizioni occasionali e situazioni che, si spera, non si possano verificare mai.

All'opposto, in condizioni normali, il funzionamento degli impianti è continuo per tutta la durata del servizio giornaliero della Metropolitana e, in caso di manutenzione della linea, spesso anche oltre l'orario di esercizio.

Tabella 2 - Caratteristiche ventilatori

<p style="text-align: center;">CABINA DI VENTILAZIONE DI STAZIONE</p>	<p>N°2 ventilatori assiali</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modello: Woods 112 JM</li> <li>• servizio: continuo</li> <li>• accoppiamento: diretto</li> <li>• diametro girante: 1120 mm</li> <li>• portata volumetrica: 55 000 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• prevalenza statica: 600 Pa</li> <li>• prevalenza totale: 745 Pa</li> <li>• velocità di rotazione: 1470 giri / minuto</li> <li>• avviamento: stella - triangolo</li> </ul>
<p style="text-align: center;">CABINA DI VENTILAZIONE DI GALLERIA</p>	<p>N°2 ventilatori assiali</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modello: Woods 160 JM</li> <li>• servizio: continuo</li> <li>• doppia velocità</li> <li>• accoppiamento: diretto</li> <li>• diametro girante: 1600 mm</li> <li>• portata volumetrica: 55 000 - 110 000 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• prevalenza statica: 600 Pa</li> <li>• prevalenza totale: 740 Pa</li> <li>• velocità di rotazione: 480 - 960 giri / minuto</li> <li>• avviamento: diretto</li> </ul>

E' importante evidenziare che questi impianti si inseriscono nel tessuto urbano genovese che, specificamente per questa tratta, è estremamente variabile e strettamente interconnesso. Infatti, a poca distanza tra loro esistono gli insediamenti residenziali del centro storico e di via Pre, strade ad alto scorrimento come la sopraelevata ed edifici storici quale Palazzo

S. Giorgio.

Gli impianti di ventilazione e in particolare le griglie di espulsione dell'aria sono quindi state ubicate, dove possibile, in aree a basso impatto ambientale e si è provveduto a verificare che gli impianti non costituissero fonte di inquinamento acustico, nel rispetto della normativa vigente.

Gli impianti sono infatti dotati di specifici silenzia-

tori a setti rettilinei ad assorbimento/risonatori per ridurre la rumorosità dei ventilatori verso l'esterno e non alterare la qualità dell'ambiente circostante alle griglie di espulsione aria.

I silenziatori, specificamente progettati per queste applicazioni, devono evitare i depositi di polveri umide e oleose normalmente liberate in impianti ferroviari e metropolitane. Queste polveri tendono infatti a depositarsi sulle superfici fonoassorbenti dei setti rettilinei inficiandone col tempo le caratteristiche acustiche e creando un deposito di materiale infiammabile. Per queste ragioni i silenziatori vengono realizzati a setti paralleli mobili su rotaie per poter essere periodicamente controllati e facilmente puliti.

### Bibliografia e riferimenti normativi

- D.M. 11.01.1988 "Norme di prevenzione incendi nelle metropolitane", G.U. n°51 del 02/03/88
- G. Colla, R. Zanardi "Ventilazione mirata contro gli incendi delle metropolitane", Antincendio, Dicembre 1999

**Angelo Vismara,  
Fläkt Woods SpA**

**Roberto Zanardi,  
Ansaldo Trasporti  
Sistemi Ferroviari**