



GUIDA TECNICA

Freno di scarico / freno motore: guasti, guida a diagnosi e ricambio

Freno di scarico e freno motore su camion e veicoli pesanti: sintomi, diagnosi e sostituzione di cilindro, farfalla e valvola. Guida tecnica VADEN.

Ogni conducente che, nelle lunghe discese, vuole evitare di sovraccaricare il freno di servizio si affida in realtà al freno motore. Cercare di rallentare un convoglio da 40 tonnellate su un veicolo pesante ricorrendo solo a dischi e pastiglie surriscalda i ferodi e invita al rischio di fading (perdita di efficacia frenante). È proprio qui che entra in gioco il freno di scarico/freno motore: trasforma temporaneamente il motore in un compressore d'aria e rallenta il veicolo senza usare i freni. Sul campo si sentono spesso lamentele come "il freno di scarico non tiene", "la valvola a farfalla non si chiude" o "il freno motore si è indebolito"; nella maggior parte dei casi la causa alla radice è una perdita di pressione, un albero della farfalla bloccato o una valvola affaticata. Questa guida presenta il gruppo freno di scarico (cilindro + farfalla + valvola) e illustra, con linguaggio da officina, le fasi per diagnosticare il guasto, sostituirlo e mantenerlo.

Questo documento è stato preparato dal team tecnico VADEN raccogliendo l'esperienza di campo e di officina sui sistemi freno di scarico/freno motore dei veicoli pesanti. I valori qui riportati sono **intervalli di riferimento tipici**; per i valori precisi come coppia, pressione e gioco fare sempre riferimento al manuale di assistenza OE del veicolo/motore. Ultimo aggiornamento: settembre 2026.

Gli impianti frenanti pneumatici dei veicoli pesanti sono progettati nel quadro del regolamento ECE R13 (frenatura ONU/UE) e della norma ISO 611.

Che cos'è il freno di scarico/freno motore (cilindro+farfalla+valvola)? Funzione e principio di funzionamento

Il freno di scarico/freno motore è un sistema di frenatura ausiliaria a comando pneumatico che, chiudendo una valvola a farfalla sulla linea di scarico, crea una contropressione all'interno del motore e in questo modo trasforma il motore in un elemento di rallentamento (retarder) senza bruciare carburante aggiuntivo.

Il principio di funzionamento è semplice ma efficace: quando il conducente preme il pedale/la leva del freno di scarico, l'elettrovalvola (solenoid) entra in funzione e indirizza l'aria compressa proveniente dall'impianto pneumatico del veicolo verso il cilindro del freno. Il pistone del cilindro, tramite un braccio a snodo, ruota e chiude la farfalla sulla linea di scarico. Quando l'uscita del gas di scarico viene limitata, il motore è costretto a compiere un lavoro extra per spingere i gas fuori dai cilindri; questo "lavoro" viene compensato con l'energia prelevata dalle ruote e il veicolo rallenta. Allo stesso tempo, in molti sistemi, l'alimentazione di carburante viene interrotta, così il motore si comporta esattamente come una pompa d'aria.

Poiché il freno di scarico funziona in modo indipendente dai freni delle ruote, protegge il freno di servizio, allunga la vita di pastiglie e dischi e previene il surriscaldamento dei freni (fading) nelle lunghe discese. Nei moderni veicoli Euro 5/Euro 6 questo gruppo lavora generalmente in modo integrato con l'EBS e l'unità di comando motore; su alcuni trattori pesanti, accanto al freno di scarico, viene aggiunto un ulteriore freno motore (di tipo a decompressione) oppure un retarder idraulico/elettromagnetico.

Componenti principali del sistema

- **Cilindro del freno (attuatore):** cilindro pneumatico che converte l'aria compressa in movimento lineare; genera la forza di spinta che apre e chiude la farfalla.
- **Farfalla (throttle/flap) e corpo:** valvola a forma di disco che ruota all'interno del flusso di scarico; quando si chiude crea la contropressione.
- **Albero della farfalla e boccole:** albero che sostiene la farfalla e lavora ad alta temperatura; l'accumulo di carbonio nelle boccole provoca grippaggio.
- **Braccio a snodo / forcella (linkage):** collegamento meccanico che trasferisce il movimento del cilindro all'albero della farfalla.
- **Solenoide (elettrovalvola):** valvola di comando che apre e chiude il passaggio dell'aria in base al segnale della ECU.
- **Molla di richiamo e guarnizioni:** molla che riporta la farfalla in posizione aperta quando il freno viene rilasciato ed elementi di tenuta.

Freno di scarico o freno motore a compressione?

La terminologia sul campo genera confusione. Il "freno di scarico" è un sistema di parzializzazione di tipo a farfalla; è economico, robusto e fornisce una certa coppia anche a bassi regimi. Il "freno motore a compressione/decompressione" (equivalente al tipo Jake) interviene invece sulla fasatura delle valvole scaricando l'aria compressa al punto morto superiore e produce una potenza frenante molto più elevata; è però più complesso e costoso. Su molti trattori pesanti i due vengono utilizzati insieme, in modo graduale.

Confronto tra tipi e applicazione

Caratteristica	Freno di scarico (a farfalla)	Freno motore a compressione
Metodo di funzionamento	Parzializzazione linea di scarico / contropressione	Scarico dell'aria compressa tramite le valvole
Potenza frenante	Bassa-media	Elevata
Dipendenza dal regime	In parte efficace anche a basso regime	Molto efficace ad alto regime
Complessità / costo	Bassa	Elevata
Applicazione tipica	Distribuzione, medio tonnellaggio, uso urbano	Trattore pesante, lunga percorrenza, strade di montagna

Verifica del codice ricambio: il cilindro del freno di scarico, il diametro della farfalla e la disposizione dei fori della flangia variano in base al motore e all'uscita del collettore di scarico/turbo. Prima dell'ordine verificare sempre, a partire dal numero di telaio/motore del veicolo, il codice ricambio OE, il diametro della farfalla e la flangia di collegamento. Una farfalla "di aspetto simile" fornisce una contropressione con diametro diverso e compromette le prestazioni di frenata.

Come funziona il freno motore a compressione (decompressione)?

In un diesel a quattro tempi, il pistone comprime l'aria mentre sale durante la fase di compressione, e per farlo assorbe lavoro dall'albero motore. In un motore con il carburante tagliato ma il freno motore non inserito, gran parte di questo lavoro viene restituita, perché l'aria compressa, dopo il punto morto superiore, spinge il pistone verso il basso e nella fase di espansione fa girare di nuovo l'albero motore come una molla. Il freno motore a compressione interrompe esattamente questo ritorno. Quando il freno motore è inserito, il carburante è tagliato; verso la fine della fase di compressione una valvola sul lato scarico si apre per un breve istante e l'aria compressa viene scaricata nel collettore di scarico. Poiché nella fase di espansione non resta pressione a spingere il pistone, l'energia spesa per comprimere l'aria non viene restituita; la fonte di questa energia è l'energia cinetica del veicolo, e il veicolo rallenta.

Il meccanismo che apre la valvola cambia da motore a motore. In alcuni motori è la normale valvola di scarico che, tramite un meccanismo aggiuntivo sull'albero a camme o sul bilanciere, si apre una volta in più durante il freno motore; in altri è una piccola valvola separata, montata nella testata, a rilasciare parte dell'aria compressa nel condotto di scarico. La potenza frenante cresce con il regime motore, perché salendo di giri aumenta anche il numero di compressioni scaricate nell'unità di tempo; è per questo che in una lunga discesa conviene restare nella marcia giusta. In molti sistemi la frenata è a gradini: nella prima posizione della leva di comando entra in funzione un gruppo di cilindri, nelle posizioni successive se ne aggiungono altri, e il conducente sceglie la potenza frenante in base alla pendenza e al carico.

È proprio da qui che nasce la differenza con il freno di scarico a farfalla. La farfalla restringe la linea di scarico; nella fase di scarico il pistone è costretto a spingere il gas fuori attraverso una sezione ristretta, e la frenata nasce da questa contropressione. Il freno a compressione invece preleva energia nella fase di compressione e non la restituisce nella fase di espansione, per cui allo stesso regime produce una potenza frenante più elevata. Sullo stesso veicolo a questi sistemi si può aggiungere anche un retarder (rallentatore); per la logica di funzionamento del retarder si veda la [guida al retarder](#), mentre per l'ordine in cui usare i sistemi di rallentamento e proteggere il freno di servizio nelle lunghe discese si veda l'articolo su [brake fade e lunghe discese](#).

Sintomi di guasto e diagnosi

I guasti del freno di scarico avanzano generalmente in modo subdolo: il conducente dice "non tiene più come prima" ma potrebbe non accendersi alcuna spia di errore chiara. La tabella seguente riassume i sintomi più frequenti, le possibili cause e il metodo di verifica.

Sintomo	Possibile causa	Controllo / Verifica
Il freno di scarico non entra affatto in funzione	Guasto del solenoide, fusibile/cavo interrotto, assenza di alimentazione d'aria	Misurare la tensione di comando al solenoide, controllare la pressione della linea d'aria, leggere il codice di errore della ECU
Freno debole, non rallenta sufficientemente il veicolo	La farfalla non si chiude completamente, perdita d'aria, regolazione dello snodo errata	Osservare visivamente la posizione della farfalla, misurare la corsa del cilindro, cercare la perdita con acqua saponata

Sintomo	Possibile causa	Controllo / Verifica
La farfalla rimane aperta / si apre in ritardo	Molla di richiamo affaticata, albero grippato nella boccola, accumulo di carbonio	Provare a mano la molla e la libertà dell'albero, controllare il gioco della boccola
Rimane sempre inserito, il motore si strozza	Solenoide bloccato, cilindro che non ruota, farfalla bloccata in posizione chiusa	Testare elettricamente il solenoide, ascoltare lo scarico del cilindro, provare a liberare la farfalla
Ticchettio / rumore metallico all'inserimento	Gioco del braccio a snodo, boccola usurata, flangia allentata	Serrare a coppia gli elementi di collegamento, controllare i giochi, ispezionare la guarnizione della flangia
Perdita di scarico/aria dal collegamento, tracce di fuliggine	Guarnizione della flangia bruciata, paraolio del cilindro che perde	Cercare la traccia della perdita a caldo, ispezionare visivamente guarnizione e paraolio
Il freno reagisce in ritardo (latenza)	Strozzatura nella linea d'aria, congelamento di umidità/acqua, solenoide lento	Controllare l'essiccatore d'aria e lo scarico della linea, misurare il tempo di risposta

Controllo preliminare visivo e acustico

Iniziare la diagnosi sempre con il metodo più economico: con il motore al minimo, inserire il freno di scarico e osservare visivamente il movimento della farfalla/dello snodo. La farfalla deve chiudersi con un netto "clic" e, al rilascio, aprirsi rapidamente. Un movimento lento, esitante o parziale indica un problema di molla, boccola o pressione d'aria. All'inserimento, il suono proveniente dallo scarico deve diventare nettamente più cupo.

Verifica pneumatica ed elettrica

Controllare con un manometro la linea d'aria diretta al cilindro; se la pressione dell'impianto è diminuita, la farfalla non si chiude completamente. Se al momento del comando la tensione di alimentazione non arriva al solenoide, il guasto è sul lato elettrico: misurare in sequenza fusibile, relè, cavo e uscita della ECU. Leggere con lo strumento diagnostico i codici di errore relativi all'attuatore del freno di scarico consente di individuare la direzione prima dello smontaggio meccanico.

Grippaggio dovuto a carbonio e temperatura

Il freno di scarico lavora costantemente in gas a circa 400–600 °C. Col tempo si accumula carbonio/fuliggine sull'albero e sulle boccole; la farfalla "si incolla" in posizione semiaperta. In questo caso, anche se il lato pneumatico ed elettrico sono in ordine, il freno si indebolisce. L'impossibilità di ruotare l'albero a mano, o la sua difficoltà nel ruotare, è il segnale più chiaro che occorre una pulizia del carbonio o la sostituzione del gruppo.

Approfondimenti

Per una panoramica tecnica in linguaggio semplice di questo argomento, vedere l'articolo di riferimento su [Wikipedia](#). Verificare sempre valori e procedure specifici con i dati di assistenza del costruttore del veicolo.

Fasi di sostituzione / installazione

DPI e sicurezza: subito dopo il funzionamento del motore, il gruppo freno di scarico è **molto caldo** – per evitare il rischio di ustioni, attendere che il sistema si sia completamente raffreddato. Utilizzare guanti resistenti al calore e occhiali di protezione. Prima di iniziare l'intervento, scaricare la pressione dell'aria del veicolo, scollegare il polo negativo della batteria e mettere in sicurezza il veicolo con cunei/freno di stazionamento. Lavorare con attenzione attorno alle superfici calde del motore e alla zona del turbo.

- 1 Preparazione e sicurezza:** portare il veicolo su terreno piano, tirare il freno di stazionamento, mettere i cunei alle ruote. Scaricare la pressione del serbatoio d'aria, scollegare la batteria e attendere il raffreddamento del sistema.
- 2 Contrassegnare i collegamenti:** prima dello smontaggio, fotografare o contrassegnare il connettore elettrico del solenoide, il tubo dell'aria e la posizione di regolazione dello snodo; serviranno da riferimento in fase di montaggio.
- 3 Scollegare aria ed elettricità:** rimuovere con cautela il tubo dell'aria diretto al cilindro e il connettore del solenoide; tappare le estremità del tubo per evitare l'ingresso di sporco.
- 4 Liberare lo snodo:** smontare il braccio a snodo/la forcella che collega il cilindro all'albero della farfalla. In presenza di usura, sostituire perno e forcella.
- 5 Smontare il cilindro:** allentare i bulloni di fissaggio del cilindro del freno e rimuovere l'attuatore. Ispezionare lo stato di guarnizioni e paraoli.
- 6 Smontare il gruppo farfalla:** allentare i bulloni della flangia della linea di scarico e rimuovere il corpo della farfalla. Pulire la superficie della flangia dai residui della vecchia guarnizione.
- 7 Pulire e ispezionare le superfici:** controllare la superficie della flangia, la sede dell'albero e le boccole; cercare accumuli di carbonio e cricche. Una flangia deformata provoca perdite.
- 8 Montare il gruppo nuovo:** montare il nuovo corpo farfalla con una **guarnizione nuova**. Avviare i bulloni a mano e serrarli in sequenza incrociata, in modo graduale, alla coppia OE.
- 9 Collegare cilindro e snodo:** montare il cilindro e collegare il braccio a snodo regolandolo nella posizione contrassegnata. Assicurarsi che la farfalla si apra e si chiuda completamente.
- 10 Collegare aria ed elettricità:** rimontare il tubo dell'aria e il connettore del solenoide. Verificare che i collegamenti siano a tenuta.
- 11 Test e controllo perdite:** collegare la batteria, ricaricare la pressione dell'aria, inserire più volte il freno di scarico e controllare il movimento della farfalla e le eventuali perdite. Confermare l'effetto frenante con una breve prova su strada.

Punti di attenzione (errori frequenti)

Non riutilizzare la vecchia guarnizione. La guarnizione della flangia di scarico si affatica alle alte temperature; una guarnizione smontata provoca quasi sempre perdite. A ogni montaggio usare una guarnizione nuova e lasciare la superficie della flangia liscia e pulita.

Non lasciare la regolazione dello snodo "a occhio". Regolare il braccio troppo corto fa sì che la farfalla non si chiuda completamente (freno debole), mentre regolarlo troppo lungo le impedisce di tornare in posizione aperta (strozzamento del motore, contropressione eccessiva). Fare riferimento alla posizione OE contrassegnata.

- Non serrare i bulloni alla coppia piena in una sola volta; serrarli in modo incrociato e graduale, altrimenti la flangia si deforma.
- Non lasciare il tubo dell'aria piegato/schiacciato; una strozzatura ritarda la risposta del freno.
- Proteggere il connettore del solenoide da sporco e umidità; il mancato contatto provoca guasti intermittenti e rende difficile la diagnosi.
- Non ruotare a forza l'albero della farfalla; in caso di grippaggio effettuare la pulizia del carbonio, senza rischiare la rottura dell'albero.
- Non lasciare allentati i collegamenti del turbo e del collettore di scarico; le perdite secondarie riducono le prestazioni.
- Non montare una farfalla "simile" di diametro/tipo diverso; la contropressione cambia e si compromette l'equilibrio tra motore e freno.

Valori tecnici e punti di controllo

I valori seguenti sono **riferimenti tipici/generali** per i sistemi freno di scarico dei veicoli pesanti; variano in base al motore e al costruttore. Per il valore preciso fa sempre fede il manuale di assistenza OE.

Parametro	Intervallo di riferimento tipico	Nota
Pressione d'aria dell'impianto	~7–9 bar (100–130 psi)	In comune con l'impianto pneumatico del veicolo
Contropressione del freno di scarico	~2,5–5 bar (35–72 psi)	Dipende dal motore e dal diametro della farfalla
Temperatura di esercizio del gas di scarico	~400–600 °C	Varia in base a carico e regime
Angolo di chiusura della farfalla	Tutta chiusa ≈ posizione perpendicolare alla linea	Può esserci un piccolo gioco di by-pass
Tensione di comando del solenoide	24 V DC nominale	Standard del veicolo pesante
Tempo di risposta del freno	Breve (~inferiore al secondo)	Un ritardo evidente è segnale di guasto

Intervalli di coppia tipici per gli elementi di collegamento (solo riferimento generale; fa fede il manuale OE):

Punto di collegamento	Intervallo di coppia tipico
Bulloni flangia di scarico (M8)	~20–30 Nm
Bulloni flangia di scarico (M10)	~40–55 Nm
Bulloni di fissaggio del cilindro	~20–35 Nm
Dado di bloccaggio del braccio a snodo	~15–25 Nm

Nell'applicare i valori di coppia, tenere conto della classe del bullone (8.8 / 10.9) e dell'ambiente ad alta temperatura. Sui bulloni della zona calda, se il costruttore lo prevede, utilizzare pasta di montaggio/frenafilletti per alte temperature e rispettare la sequenza di serraggio incrociato.

Lista di controllo sul campo:

- La farfalla raggiunge liberamente la posizione di tutta aperta e tutta chiusa?
- All'inserimento c'è un rallentamento evidente e il suono dello scarico diventa più cupo?
- C'è perdita di aria/scarico o traccia di fuliggine nel collegamento della flangia e del cilindro?
- Il connettore del solenoide e il tubo dell'aria sono integri e a tenuta?
- Si avverte gioco, ticchettio o allentamento nello snodo?

Manutenzione e durata

Il freno di scarico/freno motore, se utilizzato correttamente, è un sistema che richiede poca manutenzione; ma se trascurato, a causa della costante alta temperatura e della fuliggine, col tempo si grippa e si indebolisce. Controllare visivamente il gruppo alle manutenzioni periodiche, provare la libertà dell'albero e cercare eventuali perdite allunga sensibilmente la durata.

- In sede di manutenzione periodica, verificare che l'albero della farfalla ruoti liberamente e che la molla di richiamo sia efficiente.
- Se è iniziato l'accumulo di carbonio, pulirlo in anticipo; attendere con una farfalla "incollata" accelera l'usura di albero e boccola.
- Non trascurare in manutenzione l'essiccatore dell'impianto d'aria e lo scarico della linea; l'umidità provoca corrosione/congelamento nel solenoide e nel cilindro.
- Alla minima perdita nella guarnizione della flangia o nel paraolio del cilindro, sostituire il componente; una piccola perdita cresce rapidamente.
- Monitorare il gioco nel perno e nella forcella dello snodo; all'aumentare del gioco la regolazione si sfalsa e l'effetto frenante diminuisce.
- Mantenere pulito e asciutto il collegamento del connettore del solenoide; la corrosione è la causa numero uno dei guasti intermittenti.

Regola generale: sebbene il freno di scarico non vada considerato un "componente d'usura", a causa dell'ambiente gravoso in cui lavora, boccola, guarnizione, molla e solenoide si affaticano

col tempo. La diagnosi precoce e l'uso di ricambi di qualità originale proteggono sia la sicurezza di frenata sia la durata dell'impianto freni di servizio (pastiglie/dischi).

La famiglia di prodotti freno di scarico/freno motore VADEN ORIGINAL comprende cilindri del freno di scarico, farfalle dei gas di scarico e valvole del freno di scarico (con i relativi kit di riparazione) dei veicoli pesanti, con uno standard qualitativo compatibile OE. Prodotti con il diametro corretto, la flangia corretta e tenute durature, i componenti VADEN Freno di scarico / Freno motore (cilindro+farfalla+valvola) sono progettati per garantire una frenata sicura nelle lunghe discese e una lunga vita di servizio. Per verificare il codice ricambio adatto al vostro veicolo e vedere l'intera gamma di prodotti, consultate il catalogo prodotti VADEN.

Questo documento è a scopo informativo; in pratica fanno fede il manuale di assistenza aggiornato e le istruzioni di sicurezza del costruttore. I valori sono riferimenti generali per i comuni sistemi di veicoli industriali; per i valori specifici del modello utilizzare la documentazione di assistenza OE. © VADEN Otomotiv San. Tic. A.Ş. · vadenoriginal.com