

Sistemi di CONTROLLO della PRESSIONE per SILI industriali di stoccaggio - Parte prima

**Risposte dell'innovazione tecnologica alla normativa
vigente e futura**

***Pressure control systems for industrial silos.
Part one - Technical solutions to the present and future legislation in force***

Parole chiave: tutela dell'ambiente, sicurezza e normativa, innovazione di processo e di prodotto, convenienza economica

Keywords: environmental protection, safety and legislation, process and product innovation, cost-effectiveness

ALESSANDRO RAGAZZONI^{1*} - DAVIDE PAPAZZONI²

¹Dipartimento di Economia e Ingegneria agrarie - Università di Bologna -
Viale Fanin 50 - 40127 Bologna - Italia

²Divisione Valvole - Wamgroup - Via Cavour 338 - 41030 Ponte Motta Cavezzo - MO - Italia

*alessandro.ragazzoni@unibo.it

SOMMARIO

Il presente lavoro di ricerca intende focalizzare l'attenzione su uno degli aspetti più importanti e complessi della sicurezza nell'ambito dello stoccaggio delle polveri: i differenti gradi di rischio di sovrappressione e depressioni che possono verificarsi nei silo con o senza sistemi di filtrazione. A tal proposito, in questa rivista vengono presentati tre contributi collegati tra loro in modo sequenziale, nei quali si approfondiranno aspetti normativi, tecnici ed economici. In questo primo contributo, l'attenzione è rivolta alle principali soluzioni che possono essere adottate per il controllo di pressione in fase di caricamento e di svuotamento del silo, nel rispetto delle normative vigenti. Durante la fase di riempimento, all'interno del serbatoio, si ha una separazione delle due fasi: mentre la parte solida si deposita nel silo, l'aria deve essere evacuata. Un eccessivo innalzamento della pressione all'interno del contenitore può portare al rigonfiamento del silo, con conseguenti danneggiamenti strutturali dello stesso, o al limite alla sua esplosione con effetti molto gravi per persone, strutture ed ambiente. Allo stesso modo, una rapida variazione di pressione durante la fase di svuotamento del contenitore può portare all'implosione, determinando elevati livelli di rischio analoghi ai precedenti.

ABSTRACT

The present study focuses on one of the most important and complex aspects regarding the safety on powdery material storage: the different over-pressure and negative pressure risk degree that may occur inside silos provided or not with dust collecting systems. In this regard it has been carried out a three-part study, which offer insights concerning legislative, technical and economic aspects.

The first part of the study is focused on the main solutions to be adopted for pressure control during silo filling or emptying, according to the standards in force. During the feeding phase, inside the tank the two phases will separate: while the solid part is filled in the silo, the air has to be evacuated; an excess of pressure inside the tank can bring to an expansion of the silo diameter, which will damage its structure, or make it explode with very serious consequences for persons, structures and environment. Similarly, a rapid pressure variation during the silo emptying phase could cause an implosion, which implies the same high risks as the previous situation.

INTRODUZIONE

In questo lavoro di ricerca è stato preso in considerazione uno degli aspetti più importanti e complessi della sicurezza nell'ambito dello stoccaggio delle polveri nelle diverse forme e per comparti industriali differenti. In particolare, sono stati studiati i gradi di rischio di sovrappressione e depressione che possono verificarsi nei silo con o senza sistemi di filtrazione. A tal proposito, il lavoro è suddiviso in tre articoli collegati tra loro, nei quali vengono approfonditi i seguenti temi:

- Parte 1 - Aspetti tecnici ed impiantistici, relativi alle specifiche progettuali dei sistemi complementari di controllo e di sicurezza;
- Parte 2 - Aspetti normativi di inquadramento dei vincoli che l'imprenditore deve rispettare a livello europeo e nazionale;
- Parte 3 - Aspetti economici, per verificare quali siano i vantaggi in termini monetari nell'applicazione di distinti sistemi di sicurezza nei silo di stoccaggio di polveri.

Va premesso che il silo di stoccaggio è un recipiente, con capacità e dimensioni variabili secondo le esigenze, e che le materie prime possono essere di varia natura: organica oppure inorganica, a morfologia costante o variabile, tutte con pesi specifici molto differenti (**figg. 1 e 2**). Ad esempio, un impianto per la produzione di biscotti avrà silo per farina e zucchero, mentre uno per la produzione di vetro avrà la necessità di stoccare carbonato di sodio, feldspati, borace ed altri ancora; per la produzione di calcestruzzo, si devono immagazzinare cemento e ceneri.

I silo sono normalmente di forma circolare, realizzati in acciaio al carbonio verniciato, in alluminio, ovvero in acciaio inox, qualora vi siano internamente prodotti per utilizzo alimentare o prodotti chimicamente aggressivi. Il riempimento può essere eseguito attraverso

un sistema meccanico o pneumatico (quest'ultimo è attualmente il sistema più adottato), utilizzando autocisterne idonee per il trasporto delle polveri. La cisterna è pressurizzata e, una volta aperta la valvola, la pompa permette il trasferimento di un fluido, composto da aria e polvere, verso il silo. L'apertura e la regolazione della valvola, durante la fase di riempimento, sono di responsabilità dell'autista della cisterna, che, con la propria esperienza, deve provvedere al completo svuotamento della stessa dal carico di materiale inerte ovvero organico quali gli sfarinati. Ai fini dello studio non è importante la precisa caratterizzazione di quale prodotto sia oggetto di carico/scarico dal silo; tuttavia, si farà riferimento in particolare ai materiali di natura organica quali sfarinati di cereali (**tab. 1**).

OBIETTIVI

In questo primo contributo, l'attenzione è rivolta alle principali soluzioni che possono essere adottate per il controllo di pressione in fase di caricamento e di svuotamento del silo, nel rispetto delle normative vigenti.

Durante la fase di riempimento, all'interno del serbatoio si ha una separazione delle due fasi: mentre la parte solida si deposita nel silo, l'aria deve essere evacuata; un eccessivo innalzamento della pressione all'interno del contenitore può portare al rigonfiamento del silo, con conseguenti danneggiamenti strutturali dello stesso, o in situazione limite alla sua esplosione con effetti molto gravi per persone, strutture ed ambiente.

La fase maggiormente critica dell'intero processo risulta essere quella di fine caricamento in cui la portata di sfarinati risulta essere molto inferiore rispetto a quella dell'aria: la pressione, infatti, passa da 1,2-1,5 bar a

pressione atmosferica, con conseguente incremento della velocità dell'aria. È in questo momento che è possibile avere un rapido innalzamento della pressione interna al silo, comportando un incremento di rischio per la struttura e per le componenti accessorie e complementari dell'impianto di stoccaggio. Allo stesso modo, una rapida variazione di pressione durante la fase di svuotamento del contenitore può portare ugualmente all'implosione, determinando elevati livelli di rischio per gli addetti, per le strutture dell'impianto e per l'ambiente (Colombo, 2001).

INQUADRAMENTO NORMATIVO E NORME DI SICUREZZA

Con il termine emissione si definisce una qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera proveniente da un impianto che possa produrre inquinamento atmosferico. Per tale problema, da diverso tempo, esistono normative o leggi che regolano i vari aspetti tecnici e funzionali, in merito ai dispositivi di controllo della pressione da adottare sugli impianti. Si ricordano le principali:

- UNI/ISO 8456: uniche in Italia a trattare tale argomento; è la versione in lingua italiana della norma ISO ed è adottata senza varianti. Prescrive, a completamento delle regole di sicurezza generali, elementi per apparecchiature di stoccaggio di grandi quantità di materiali sfusi, quali tramogge, serbatoi, sili, contenitori e saracinesche;

- DIN 4119: norme di progettazione per il capitolo "serbatoi fuori terra";

- UNI EN ISO 4126-4-2006: la norma indica i requisiti generali per le valvole di sicurezza indipendentemente dal fluido per il quale sono state progettate. Essa si applica alle valvole di sicurezza che hanno un diametro di



Fig. 1 - Esempi di sili di stoccaggio per polveri e granuli.



Fig. 2 - Sistemi di carico dei sili.

Tabella 1 - Definizione degli sfarinati di cereali (Fonte Italmopa).

L'Italmopa (Associazione industriali mugnai d'Italia) propone la seguente definizione per caratterizzare gli sfarinati:

Farina di grano tenero è il prodotto ottenuto dalla macinazione e conseguente vagliatura del grano tenero liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Farina integrale di grano tenero è il prodotto ottenuto direttamente dalla macinazione del grano tenero liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Semola di grano duro o semplicemente semola è il prodotto granulare a spigolo vivo ottenuto dalla macinazione e conseguente vagliatura del grano duro, liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Semolato di grano duro o semplicemente semolato è il prodotto ottenuto dalla macinazione e conseguente vagliatura del grano duro liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità, dopo l'estrazione della semola.

Semola integrale di grano duro o semplicemente semola integrale è il prodotto granulare a spigolo vivo ottenuto direttamente dalla macinazione del grano duro liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Farina di grano duro è il prodotto non granulare ottenuto dalla macinazione e conseguente vagliatura del grano duro liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

passaggio utilizzabile uguale o maggiore di 6 mm per pressioni di taratura di 0,1 bar o maggiori. Non è prevista nessuna limitazione per la temperatura;

- EN 617: la presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 617:2001 (del dicembre 2010). Fornisce i requisiti tecnici per minimizzare i pericoli che possono verificarsi durante il funzionamento e la manutenzione delle apparecchiature di immagazzinamento di prodotti sfusi in sili, in serbatoi, nei recipienti e nelle tramogge;

- Normativa sull'inquinamento degli impianti industriali emanata con D.P.R. del 24 maggio 1998 n. 203; riguarda l'attuazione delle Direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'articolo 15 della Legge 16 aprile 1987, n. 183;

- Art. 674 del Codice Penale: getto pericoloso di cose. "Chiunque getta o versa, in un luogo di pubblico transito o in un luogo privato, ma di comune o di altrui uso, cose atte a offendere o imbrattare o molestare persone, ovvero, nei casi non consentiti dalla legge, provoca emissioni di gas, di vapori o di fumo, atti a cagionare tali effetti, genera reato";
- D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 - Norme generali per l'igiene del lavoro (G.U. 30 aprile 1956, n. 155) (Aggiornato con le modifiche apportate dal D.Lgs 19 settembre 1994, n. 626; dal D.Lgs 19 marzo 1996, n. 242, e dal D.Lgs 2 febbraio 2002, n. 25).

In particolare, per l'aspetto legato alle emissioni occorre considerare anche quanto sotto riportato:

- il D.Lgs 152/06 prevede che, per particolari tipologie di attività o impianti, l'Autorità Competente emani provvedimenti di autorizzazione di carattere generale per le emis-

sioni in atmosfera. Tali attività sono definite "attività in deroga" secondo l'art. 272 commi 2 e 3 del D.Lgs 152/06;

- la DGR 8832/08 (Regione Lombardia) formula le linee guida per le autorizzazioni in via generale per gli impianti in deroga, secondo quanto previsto dall'art. 272 commi 2 e 3 del D.Lgs 152/06;

- il decreto Dds 532/09 del dirigente della Struttura Prevenzione Inquinamento Atmosferico ed Impianti della D.G. Qualità dell'Ambiente approva gli allegati tecnici relativi alle autorizzazioni in via generale per le attività in deroga elencate nella DGR 8832/08, in attuazione a quanto disposto dalla DGR 8832/08.

- il Decreto del dirigente di struttura n. 8213 del 6 agosto 2009 sostituisce il precedente Decreto n. 532, relativamente alle autorizzazioni generali per attività in deroga, riproponendo gli allegati tecnici delle autorizzazioni generali.

In accordo con il D.Lgs 152/06, la Regione Lombardia ha semplificato, per una specifica serie di impianti a ridotto inquinamento atmosferico, la procedura di autorizzazione all'emissione, definendo i requisiti minimi connessi alle migliori tecnologie disponibili. In questo modo si è definito, proponendo un caso esemplificativo, che in un impianto di produzione di calcestruzzo (Allegato tecnico n. 23), se le tecniche di abbattimento per il carico dei sili corrispondono alle tipologie DMF01 o DMF02, il limite di emissione delle polveri si intende rispettato.

Alla data del presente contributo, non rientra nelle procedure normative alcuna specifica progettuale relativa alle valvole di controllo pressione e ai sili, se non quella emanata dalla Regione Lombardia. Si auspica che anche altre Regioni seguano il citato esempio, proprio per l'importanza del tema trattato in termini di sicurezza per gli operatori e per l'ambiente. Pertanto, per quanto esposto,

si evince che raramente i silos sono costruiti come veri e propri contenitori in pressione, principalmente per questioni di costo e di certificazioni non cogenti quali, ad esempio, la P.E.D. (Pressure Equipment Directive) (Boral Concrete Australia, 2004).

SOLUZIONI TECNICHE UTILIZZATE NEGLI IMPIANTI

Il tetto dei silos, dal punto di vista progettuale, può essere dotato anche solo di un'apertura che consenta lo sfiatione dell'aria a "cielo aperto" o, in alternativa, ma con altrettanta efficienza e sicurezza, di tubi di sfiatione di diametro variabile. Essendo il sistema aeriforme ancora carico di particelle di polvere, una semplice apertura comporterebbe lo sfiatione non solo dell'aria, ma anche l'emissione in atmosfera del contenuto (polveri/sfarinati) e la possibilità che il prodotto venga a contatto con fattori esterni (pioggia, batteri, umidità, ecc.). In ottemperanza al quadro normativo descritto in precedenza, questo

approccio progettuale risulta essere una strada non percorribile e, soprattutto, di non rispetto della tutela dell'ambiente. La soluzione tecnica convenzionale ed adottata normalmente è, quindi, quella di installare una serie di componenti studiati, dimensionati e realizzati in accordo con il processo ed i prodotti dell'impianto di stoccaggio. In particolare, occorre un adeguato sistema di abbattimento delle polveri che permetta il rilascio dell'aria, ma che trattiene le stesse, al fine di evitare emissioni dannose in atmosfera. È uso comune installare alcuni dispositivi di controllo della pressione sulla parte superiore dei silos (**fig. 3**) per i seguenti motivi:

- minore consumo energetico (raggiungendo perdite di carico inferiori);
- possibile recupero diretto del materiale all'interno del silo;
- assenza di perdita di materiale pericoloso ed inquinante.

I sistemi di abbattimento devono essere in grado di lasciare passare l'aria e, allo stesso tempo, trattenere le polveri. Nel caso in cui l'aria abbia difficoltà ad attraversare il siste-

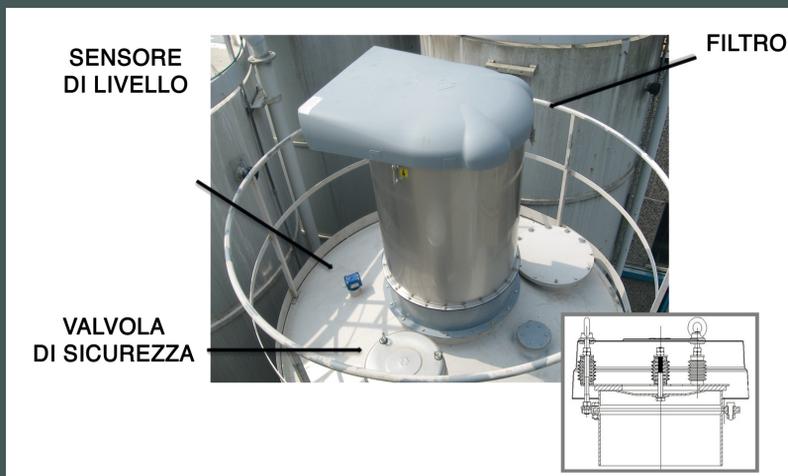


Fig. 3 -
Sistemi
di sicurezza
dei silos.

ma di filtrazione, la pressione interna del silo cresce, vanificando l'impiego del filtro.

Da osservazioni e rilevazioni dirette in un campione di impianti è stato, infatti, dimostrato sperimentalmente che in un silo di normale costruzione la pressione interna, durante le ultime fasi di svuotamento e pulizia della cisterna, aumenta di circa 15-20 volte, in un tempo di poco superiore a 5-10 secondi. Il valore raggiunto di circa 1.000 mm H₂O è, per i silos di normale costruzione, di per sé già una pressione preoccupante. Pertanto, è necessario un rapido riequilibrio della pressione difficilmente ottenibile attraverso gli attuali sistemi filtranti, specialmente nel caso in cui (Palrner, 1973):

- non sia corretto il dimensionamento dei sistemi di controllo;
- i processi di manutenzione dei sistemi coinvolti non siano adeguati;
- si verifichi poca attenzione da parte dei vettori o degli operatori addetti al carico del silo.

Per ovviare alle citate problematiche, è obbligatorio installare un dispositivo di controllo della pressione che intervenga qualora si prospetti una situazione di rischio. Tale accorgimento è denominato valvola di controllo pressione, detta PRV dall'acronimo inglese Pressure Reliefe Valve (Hauert *et al.*, 1996).

Nel caso in cui la pressione interna del silo raggiunga un valore limite, sia in termini positivi che negativi, la valvola si deve aprire e permettere l'evacuazione/introduzione di aria, con una conseguente e collegata emissione in atmosfera di materiale polveroso, condizione verificata nel caso di funzionamento in sovrappressione. Un sistema di caricamento polveri adeguato, quindi, deve lasciare passare l'aria e allo stesso tempo trattenere il materiale, evitando l'aumento di pressione interna del silo durante la fase di carico.

Qualora il silo sia dotato di adeguati componenti (filtro, sensore di livello e valvola di ripristino pressione), la possibilità di eventuali emissioni negative e impattanti sull'ambiente avviene in uno o nella concomitanza dei seguenti casi:

- a) intasamento del filtro: è generalmente causato dall'invecchiamento dei suoi elementi filtranti; la relativa durata temporale delle parti del sistema dipende dal materiale di costruzione, dalla geometria, dalla polvere che li attraversa, dalle condizioni d'impiego, ecc.;
- b) carico improprio del silo: questa azione dipende spesso dall'operatore che gestisce lo svuotamento della cisterna. Durante la fase di carico, se si utilizzano pressioni elevate (superiori a 1,5 bar) la quantità di aria che deve attraversare il filtro è maggiore di quella di progetto e, pertanto, la pressione interna determina l'apertura della valvola PRV;
- c) utilizzo di filtri non idonei: l'impiego di filtri idonei all'applicazione ed alle polveri utilizzate è essenziale per evitare aperture frequenti della valvola di sovrappressione.

Le frequenti aperture delle valvole non previste generano molteplici problemi (**fig. 4**):

emissione di polvere in atmosfera, con conseguente violazione delle norme in materia di tutela dell'ambiente;

perdita di prodotto, con conseguente aggravio di costi per la manutenzione e la pulizia delle aree circostanti le emissioni;

incremento della manutenzione dei vari componenti, che devono essere puliti da eventuali depositi per non diminuire l'efficacia di funzionamento.

Proprio su tali criticità la ricerca industriale si sta concentrando per produrre sistemi di controllo delle pressioni dei silos idonei per rispettare sia la normativa di riferimento, sia per proporre alternative in grado di consentire all'impresa di contenere i costi di gestione

Impianto di stoccaggio sfarinati



Condizioni della valvola di controllo pressione nelle fasi di carico e di scarico dell'impianto



Fig. 4 - Effetti di funzionamento non corretto dei sistemi di sicurezza.

degli impianti di stoccaggio; sono determinanti, infatti, gli interventi di pulizia ordinaria e di manutenzione dei silos, indispensabili per evitare situazioni di rischio e di inconvenienti non sostenibili, pur tuttavia divenendo un fattore di costo rilevante per l'impresa. In tale ottica nella seconda parte di questo lavoro - che verrà pubblicata nel prossimo numero di *Tecnica Molitoria* - saranno presentate in dettaglio alcune soluzioni tecniche innovative, corredate da un'approfondita analisi economica a livello ambientale e di costi di impresa che ha lo scopo di porre in luce i vantaggi nell'adottare tali nuovi sistemi di controllo pressione dei silos di stoccaggio (Wamgroup, 2011).

Lavoro svolto nell'ambito di un progetto di ricerca tra Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie della Facoltà di Agraria di Bologna e Wamgroup

BIBLIOGRAFIA

- Boral Concrete Australia. "Engineering and Maintenance Guideline" 21 April New Berries, Victoria, Australia, 2004.
- Colombo G. "Manuale dell'ingegnere", Ulrico Hoepli (Milano), 2001.
- Environment Protection Authority State Government of Victoria-Australia. "Environmental guidelines for the concrete batching industry", 6 February 2004.
- Hauert F., Vogl A., Radandt S. "Dust cloud characterization and its influence on the pressure-time-history in silos". *Process Safety Progress*, 115:178-184, 1996.
- Norme UNI ISO 8456.
- Norme DIN 4119.
- Norma EN 617:2001 (dicembre 2010).
- Palmer K.N. "Dust explosion and fire", London Chapman and Hall, Londra, 1973.
- UNI EN ISO 4126-4-2006.
- Wamgroup. "Manuale di uso e manutenzione per valvole di controllo pressione VCP e VHS", Cavezzo, MO, dicembre 2011.

STOCCAGGIO

Sistemi di CONTROLLO della PRESSIONE per SILI industriali di stoccaggio - Parte seconda

Analisi dei vantaggi per l'impresa e per l'ambiente

Pressure control systems for industrial silos.

Part two - Analysis of the benefits for the company and the environment

Parole chiave: tutela dell'ambiente, sicurezza e normativa, innovazione di processo e di prodotto, convenienza economica

Keywords: environmental protection, safety and legislation, process and product innovation, cost-effectiveness

ALESSANDRO RAGAZZONI^{1*} - DAVIDE PAPAZZONI²

¹Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie - Università di Bologna - Viale Fanin 50 - 40127 Bologna - Italia

²Divisione Valvole - Wamgroup - Via Cavour 338 - 41030 Ponte Motta Cavezzo - MO - Italia

*alessandro.ragazzoni@unibo.it

SOMMARIO

Questa seconda parte dello studio condotto sull'efficienza delle valvole di controllo della pressione dei silos pone in evidenza alcuni elementi innovativi di processo e di prodotto che possono essere adottati dalle imprese per rispettare la normativa attuale e contenere i costi di gestione e di manutenzione degli impianti di stoccaggio di polveri/granulati.

Per risolvere i problemi generati dai cambiamenti di pressione all'interno dei silos è necessario installare un dispositivo di controllo che intervenga qualora si prospetti una situazione di rischio. La valutazione della convenienza ad adottare i sistemi di controllo della pressione ha proposto un adattamento del tradizionale modello di analisi matriciale SWOT. In particolare, in questo lavoro vengono approfonditi gli elementi relativi ai fattori endogeni dell'impresa, strutturando il modello di valutazione secondo giudizi che per fattori impiantistici, gestionali ed economici pongono a confronto un sistema di valvole di controllo e di sicurezza tradizionale ed uno innovativo.

ABSTRACT

The second part of the study regarding the effectiveness of the pressure control valves on silos highlights those innovative process and product-related elements that the companies can adopt to follow the present standards and lower the management and maintenance costs of powdery and granular materials storage plants.

The solution to pressure fluctuation inside the silos is represented by installing a controlling device which has to intervene in case of risk.

The evaluation of the pressure control systems convenience brings to an adaptation of the traditional SWOT matrix analysis. In particular, it is here reported a deep analysis of those elements related to endogenous factors, carried out by structuring the evaluation model on values that compare an innovative pressure control valve system to a traditional one as regards plant-related, management and economic factors.

INTRODUZIONE

La seconda parte di questo studio condotto sull'efficienza delle valvole di controllo della pressione dei silos pone in evidenza alcuni elementi innovativi di processo e di prodotto che possono essere adottati dalle imprese per rispettare la normativa attuale e contenere i costi di gestione e di manutenzione degli impianti di stoccaggio di polveri e di sfarinati di natura diversa (per approfondimenti sugli aspetti giuridici e tecnici si veda la prima parte dell'articolo pubblicato nello scorso numero di *Tecnica Molitoria*). Il presente contributo intende approfondire alcuni aspetti di soluzioni tecniche proposte per controllare i differenti gradi di rischio di sovra-pressione e di depressione che possono verificarsi nei silos con o senza sistemi di filtrazione.

Per risolvere i problemi generati dai cambiamenti di pressione all'interno dei silos - che possono risultare molto pericolosi sia per gli operatori, sia per l'ambiente circostante -, è necessario installare un dispositivo di controllo che intervenga qualora si prospetti una situazione di rischio dovuta al cambiamento della pressione interna. Tale strumento è denominato valvola di controllo della pressione PRV, dall'acronimo inglese Pressure Relieve Valve. Da un punto di vista tecnico, la valvola è un dispositivo di ripristino delle condizioni di normale funzionamento e come tale dovrebbe intervenire raramente o solo in casi di anomalia del sistema. Sebbene teoricamente il numero di interventi previsti debba essere limitato, sempre più spesso negli impianti produttivi si osserva l'entrata in funzione del dispositivo durante la parte finale di ogni caricamento; in questo preciso momento, gli operatori dei vettori scaricano l'aria contenuta nella cisterna all'interno del silo e l'assenza

di un vincolo normativo consente tale procedura che genera problemi all'integrità dell'impianto, dell'ambiente e delle persone. Da rilievi effettuati sul campo, si verifica empiricamente quanto sostenuto e si riportano alcuni dati, dai quali si evidenzia il livello della pressione nel silo durante la fase di caricamento (**fig. 1**); si può osservare come nella fase finale di carico del silo (gli ultimi minuti nella parte destra della figura), la pressione comincia a crescere, fino ad eccedere oltre il limite nelle ultime fasi. La valvola di controllo della pressione rimane aperta per circa due minuti nella fase finale di carico, emettendo sia aria, sia materiale polverulento. Da alcune rilevazioni sperimentali effettuate su impianti non correttamente gestiti, sono emersi dati di perdita media di prodotto di circa 2÷3 kg per ogni carico effettuato, con conseguente emissione in atmosfera di materiale di natura organica ed inorganica.

Se tale pratica di gestione di carico e scarico degli impianti di stoccaggio si considera ordinaria, la valvola oggetto della ricerca può essere una possibile fonte inquinante, essendo la condizione di emissione in atmosfera costante e ripetitiva durante la maggior parte dei carichi dei silo. Come previsto dalla normativa in vigore, tali emissioni devono essere convogliabili e - dove tale indicazione non è tecnicamente attuabile - controllate in accordo con quanto previsto dalla legislazione vigente.

Pertanto, per le ipotesi assunte, la corretta scelta del tipo di valvola determina il grado di sicurezza ed il tipo di emissioni che si genereranno dall'impianto. Nelle applicazioni in cui sono movimentate polveri/granulati o sfarinati, si fa uso di dispositivi ad "azione diretta", che si basano su diversi tipi di funzionamento, nello specifico si ricordano:

- valvole a contrappeso; di ormai obsoleta concezione, sono state eliminate dal mercato a seguito delle innumerevoli problematiche tecniche e di contaminazione ambientale: il problema maggiore riscontrato risulta essere la mancanza del funzionamento in depressione;

- valvole con funzionamento a molla;

- valvole con funzionamento mediante "pilota".

Queste due tipologie vengono descritte qui di seguito con maggior dettaglio, per la loro attuale applicazione.

VALVOLE CON FUNZIONAMENTO A MOLLA

Tra le diverse tipologie di valvole di controllo, quelle che trovano attualmente particolare diffusione sono i dispositivi con funzionamento a molla (**fig. 2**), ritenuti il miglior compromesso tra prestazione e prezzo. La loro installazione deve essere accuratamente valutata per garantire alcuni importanti risultati operativi relativi a: funzionamento, dimensionamento e particolari costruttivi.

Funzionamento

Il funzionamento può essere in pressione e in depressione:

quando in fase di carico pneumatico del silo la pressione aumenta all'interno, superando il valore di taratura della VCP, il disco della valvola si alza permettendo la fuoriuscita del fluido in pressione;

quando in fase di svuotamento del silo si genera una depressione all'interno, superando il valore di taratura della valvola, il piattello si abbassa permettendo l'entrata di aria

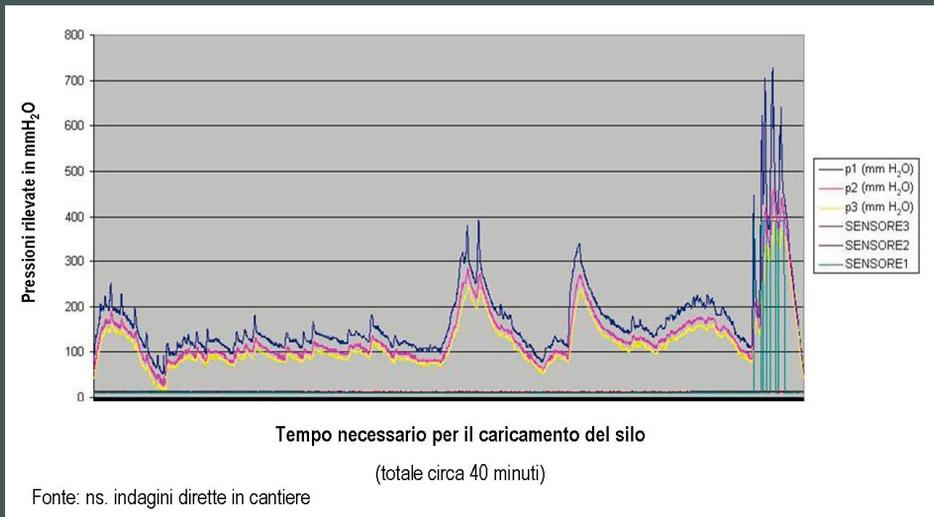


Fig. 1 - Dinamica della pressione interna ad un silo durante la fase di caricamento.

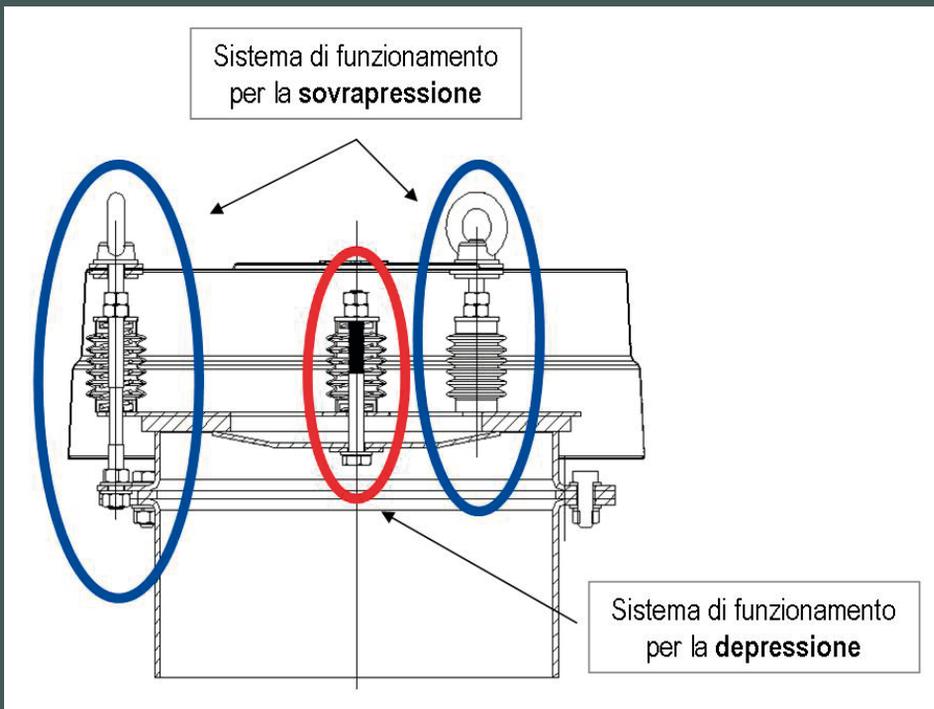


Fig. 2 - Esempio di valvola con funzionamento "a molla".

all'interno per equilibrare la depressione generatasi.

Dimensionamento

In primo luogo, il corretto equilibrio tra le componenti della valvola permette di ottenere un efficiente flusso di aria, in entrata ed in uscita dal contenitore, in termini sia di tempo, sia di portata. È importante il rapporto esistente tra la superficie di uscita utile tra valvola e coperchio ed il relativo diametro del tubo di carico del silo: si ritiene che il valore corretto debba essere >4 , ottenuto da indagini sperimentali ed esperienze empiriche costruttive. In secondo luogo, il diametro della valvola deve essere tale da allontanare qualunque rischio di esplosione o di implosione del contenitore. Ad esempio, considerando un silo da 50 m^3 a pieno carico, si è rilevato che una variazione del diametro della PRV comporti significative differenze nelle prestazioni, soprattutto in termini di portate di aria emesse e di tempo di ripristino delle condizioni iniziali. È molto interessante osservare il comportamento di valvole con dimensioni differenti (fig. 3); si consideri una valvola tarata a $500 \text{ mmH}_2\text{O}$ con differente diametro: la curva c1 ($\varnothing_1 = 273 \text{ mm}$) indica un corretto deflusso dell'aria dal silo; la curva c2 ($\varnothing_2 = 250 \text{ mm}$, -7% rispetto a \varnothing_1), invece, rileva un funzionamento pericoloso poiché, per una certa frazione di tempo, la pressione interna continua a crescere.

Particolari costruttivi

Per ottenere una buona efficienza di funzionamento è necessario eseguire alcuni accorgimenti costruttivi: le molle di azionamento debbono essere protette per garantire il buon funzionamento nel tempo; il contatto

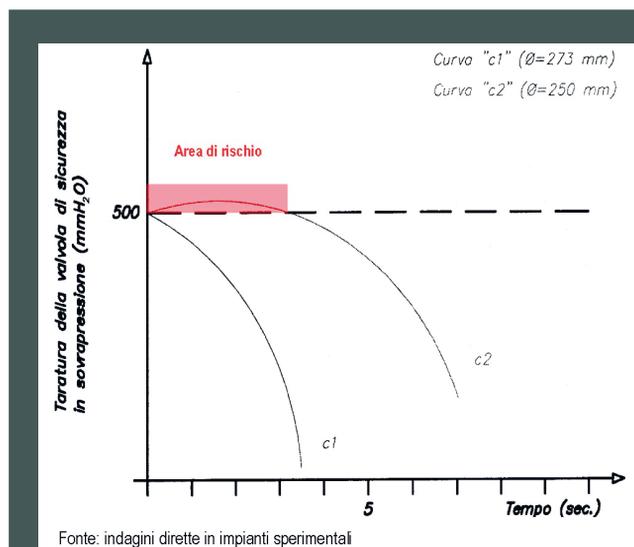


Fig. 3 - Comportamento delle valvole di controllo in base a dimensioni differenti.

tra guarnizione e corpo della valvola deve essere minimo per evitare la formazione di incrostazioni e possibili situazioni di bloccaggio delle valvole; la soluzione realizzativa migliore è quella in Aisi o in acciaio al carbonio verniciato a polvere; si è sperimentato che l'utilizzo di acciaio al carbonio zincato determina con maggiore probabilità l'ossidazione del componente, con conseguente inquinamento del materiale.

Svantaggi

L'impiego di questa tipologia di valvola, tuttavia, può comportare alcuni svantaggi; in particolare, si genera emissione dei flussi composti di aria/prodotto ogni qualvolta la valvola entra in funzione e questo richiede interventi di manutenzione frequenti. Inoltre, a seguito della geometria di costruzione

della valvola, risulta impossibile convogliare il flusso di aria in uscita dalla superficie toroidale. È, quindi, evidente che questo tipo di valvola risulta essere un vero e proprio punto di emissione impattante, per il quale risulta difficile realizzare condotti o sistemi di captazione di mitigazione, in grado di non alterare il corretto funzionamento della macchina stessa.

La manutenzione della valvola, dopo ogni intervento, si rende obbligatoria al fine di evitare accumuli di materiale che possano ostruire le normali sezioni di passaggio dell'aria o bloccare i sistemi di movimentazione previsti; questo fenomeno è tanto più rilevante quanto più la polvere in ingresso al silo è impaccante ed igroscopica, situazione costantemente presente, ad esempio, in un impianto per lo stoccaggio di materiale organico.

VALVOLE CON FUNZIONAMENTO MEDIANTE PILOTA

Il problema delle emissioni inquinanti durante le fasi di apertura delle valvole ha assunto sempre più interesse ed ha portato allo studio di innovazioni di prodotto e di processo; infatti, di recente sono state valutate e sperimentate valvole di controllo pressione a membrana filtrante comandata da "pilota", in grado di contenere gli svantaggi riscontrati dalle tecnologie presenti attualmente sul mercato. Le principali caratteristiche che differenziano il sistema sono: funzionamento, dimensionamento, particolari costruttivi.

Funzionamento

Il funzionamento è in pressione e in depressione:

nel primo caso, il "pilota" risponde alla pressione del fluido e comanda l'azionamento della valvola; quest'ultima si apre quando la pressione del fluido che la tiene chiusa è ridotta, mentre si richiude quando la stessa è nuovamente normalizzata;

nel caso depressivo il "pilota" rimane passivo, mentre il lavoro di riequilibrio è lasciato alla membrana, che si solleva lasciando passare l'aria proveniente dall'esterno; la zona compresa tra la stessa ed il pilota funge da cappa aspirante (**fig. 4**).

Dimensionamento

Anche per questo tipo di valvola risulta essere determinante, per una buona efficienza, una corretta proporzione tra le ge-



Fig. 4 - Esempio di valvola con funzionamento "a pilota".

ometrie dei suoi elementi. Se si considera un silo da 40 m³ a pieno carico, si può osservare come una variazione del diametro della PRV comporti una variazione della risposta della stessa in termini di corretto funzionamento; se si utilizza, ad esempio, una valvola tarata a 500 mmH₂O con differente diametro (ponendo a confronto un modello di 265 mm con uno di 246 mm) si può verificare che la risposta in termini di tempo per il ripristino delle condizioni normali di pressione abbia dinamiche molto differenti, con conseguenze sulla sicurezza dell'impianto.

Particolari costruttivi

Quando la contro-pressione imposta è maggiore della pressione di ingresso devono essere previsti strumenti che impediscano l'apertura della valvola principale; il sistema deve essere sempre pressurizzato in qualsiasi configurazione di sistema; il "pilota" deve essere eventualmente attraversato da un flusso di aria pulita priva del materiale stoccato, in modo tale da non determinare bloccaggi o inefficienze durante le fasi di lavoro; la progettazione delle estremità di collegamento delle valvole deve essere tale che la superficie del tubo esterno sia almeno uguale a quella del collegamento di ingresso della valvola.

Vantaggi

I vantaggi dall'adozione di valvole di quest'ultimo tipo è evidente. Infatti, è possibile convogliare le emissioni in punti maggiormente idonei alla captazione delle polveri emesse e canalizzate, come richiesto dal D.M. 12 luglio 1990 "Linee guida per il contenimento delle emissioni" e successive modificazioni

del D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152. Alcuni di questi dispositivi sono, inoltre, in grado di salvaguardare la sicurezza dell'impianto anche in caso di manutenzione inefficiente; tuttavia, si evidenzia che la mancanza di pulizia fa diminuire l'effetto di controllo del "pilota", con conseguente aumento del numero di aperture, tutte, comunque, convogliabili con il recupero delle polveri.

In alcuni settori e in alcuni Stati questi tipi di dispositivi sono già di utilizzo comune, per motivi legati alla pericolosità del materiale disperso (si pensi, ad esempio, al settore chimico) o per leggi ambientali vigenti. Un esempio tra tutti è dato dalla normativa australiana attualmente in vigore (art. 5.3 delle Environmental Guidelines for Batching Plants), che richiede il convogliamento a terra di tutte le possibili emissioni provocate da sili di stoccaggio di materiali distinti.

ANALISI ECONOMICA DEL PROCESSO: UN APPROCCIO SWOT ANALYSIS

L'analisi SWOT è uno degli strumenti di verifica adottati per migliorare l'organizzazione aziendale e la penetrazione sul mercato dei prodotti di un'azienda; ha il ruolo importante di essere a sostegno dell'analisi di marketing e di permettere di focalizzare i fattori critici e di successo di una situazione ambientale, di una strategia, di una scelta distributiva. Si basa su una matrice divisa in quattro campi, dedicati rispettivamente ai punti di forza (*strengths*) e di debolezza (*weaknesses*), alle opportunità (*opportunities*) e alle minacce (*threats*). La matrice è stata proposta da Wehrich nel 1982 e può essere inserita fra i modelli e gli strumenti di pianificazione strategica.

Si tratta di un procedimento di tipo logico, sviluppato nell'ambito dell'economia aziendale, che consente di rendere sistematiche e fruibili le informazioni raccolte relativamente ad un tema specifico e fornisce informazioni fondamentali per la definizione di politiche e di linee di intervento.

La validità delle valutazioni condotte con la metodologia SWOT è direttamente correlata al livello di completezza dell'analisi "preliminare" del progetto. L'oggetto della valutazione, infatti, deve essere approfonditamente studiato al fine di mettere in luce tutte le caratteristiche, strutturali e congiunturali, ed evidenziare eventuali relazioni e sinergie con altre situazioni e proposte. Pertanto, preliminare all'analisi, è decisiva la raccolta di tutte le informazioni che si ritiene siano necessarie per la definizione di un quadro completo dei temi specifici e del contesto in cui si colloca il progetto.

Analisi ambito interno

Per quanto riguarda l'ambito interno all'azienda, l'analisi dei punti di forza e debolezza è sostanzialmente in grado di evidenziare elementi di competitività, per quanto riguarda anche un singolo progetto di investimento e/o di un prodotto da inserire sul mercato; nello specifico si considerano:

- *Strengths* (punti di forza). In linea di massima, ogni imprenditore presenta dei punti di forza che gli consentono di differenziarsi dalla concorrenza, che possono essere di vario tipo: capacità imprenditoriale, livello della ricerca, qualità di prodotto, qualità di processo, puntualità di consegna, aspetti finanziari, penetrazione di mercato, soddisfazione del cliente, competenza tecnica, ecc. In pratica, ogni aspetto in cui l'impresa eccelle è un punto di forza e, ovviamente, deve

basare la differenziazione proprio su questi aspetti.

- *Weaknesses* (punti di debolezza). Si può asserire anche che i punti di debolezza siano "il contrario" dei punti di forza: limitato potere finanziario, ridotta penetrazione di mercato, scarsa qualità di prodotto, poca competenza manageriale, limitati canali di marketing, insoddisfazione del cliente, ecc. È chiaro che un'impresa deve conoscere i propri punti di debolezza, poiché rappresentano le aree su cui intervenire.

Analisi ambito esterno

Per quanto riguarda l'ambito esterno, le opportunità sono i possibili vantaggi futuri che bisogna saper sfruttare a proprio favore allocando in modo flessibile le risorse, mentre le minacce sono gli eventi e/o i mutamenti futuri che costituiscono un fattore di rischio e che potrebbero condizionare negativamente i risultati della strategia. Anche in questo caso, nello specifico si tratta di:

- *Opportunities* (opportunità del mercato). In ogni mercato sono presenti delle opportunità che possono essere sfruttate dall'imprenditore per migliorare la sua performance generale; ad esempio, un vincolo normativo di tutela delle risorse naturali può essere un elemento a favore, dal momento che l'azienda produca uno strumento per il rispetto del valore di soglia imposto da una legge di riferimento.

- *Threats* (minacce dal mercato). Un concorrente molto aggressivo (da qualsiasi punto di vista) può essere una minaccia. Il cambiamento delle richieste dell'utilizzatore finale di uno strumento può essere una minaccia, dal momento in cui l'impresa non riesca ad aggiornare in tempi brevi il proprio prodotto.

Analisi dei dati

L'efficacia di questa metodologia d'indagine dipende dalla capacità di effettuare un'interpretazione "incrociata" di tutti i fattori individuati. È opportuno cioè appoggiarsi ai punti di forza ed eliminare, o diminuire, i difetti per massimizzare le opportunità e ridurre i rischi. Per rendere più agevole tale lettura "incrociata", i risultati dell'analisi vengono, solitamente, presentati in forma di diagramma sintetico e, poi, descritti più diffusamente. Il diagramma (**fig. 5**) è estremamente semplice: la fase successiva è lo sviluppo di strategie che possano contemporaneamente ottimizzare gli sforzi organizzativi e le opportunità sul mercato e minimizzare, se non eliminare, le debolezze interne e le minacce provenienti dall'esterno.

Poiché, come già ricordato, questo tipo di analisi si presta molto bene per lo studio di diverse realtà produttive, lo scopo del presente lavoro è quello di adattare tale modello per la valutazione dell'innovazione di un sistema di valvole di controllo della pressione per sili, al fine di individuare sia i vantaggi/svantaggi per un'impresa che lo adotti, sia gli effetti positivi/negativi sul mercato di riferimento, come pure sulla gestione dell'ambiente.

LA MATRICE SWOT PER STRUMENTI DI CONTROLLO E DI SICUREZZA NEI SILI

La presente ricerca ha proposto un adattamento della tradizionale matrice SWOT al caso di studio; in particolare, sono stati approfonditi gli elementi relativi ai fattori endogeni dell'impresa, strutturando il mo-

dello di valutazione secondo giudizi che per fattori impiantistici, gestionali ed economici pongono a confronto un sistema di valvole di controllo e di sicurezza tradizionale ed uno innovativo; i valori di confronto sono compresi tra 1 (massima debolezza) e 5 (massima forza), rispetto ad un punto di indifferenza 3, che è appunto il punteggio relativo alla tecnologia tradizionale, adottata con consuetudine per il controllo della pressione dei sili di stoccaggio di polveri di diversa natura.

La matrice è composta da tre aree e da cinque fattori per ognuna di esse, in cui sono inseriti gli elementi che distinguono i sistemi di valvole posti a confronto (**fig. 6**). Ai fini del giudizio complessivo, è sembrato opportuno che ciascuna area della matrice ed i relativi fattori avessero un "peso" distinto nella composizione totale del valore; per tale motivo prima del confronto tra le tecnologie si sono attribuiti giudizi di valore sia alle aree della matrice, sia ai fattori al loro interno.

Modello AHP

L'attribuzione dei pesi a fattori ed elementi presenti in una matrice è indubbiamente uno dei momenti più delicati in un processo di analisi, proprio perché spesso è caratterizzato da un elevato grado di soggettività. Ai fini del presente lavoro si è ritenuto opportuno affidarsi al modello denominato Analytic Hierarchy Process (AHP) sviluppato negli anni '70 dal matematico iracheno naturalizzato americano Saaty (Saaty, 1974). L'approccio consente di confrontare più alternative in relazione ad una pluralità di criteri, di tipo quantitativo o qualitativo, e ricavare una valutazione globale per ciascuna di esse, permettendo di:

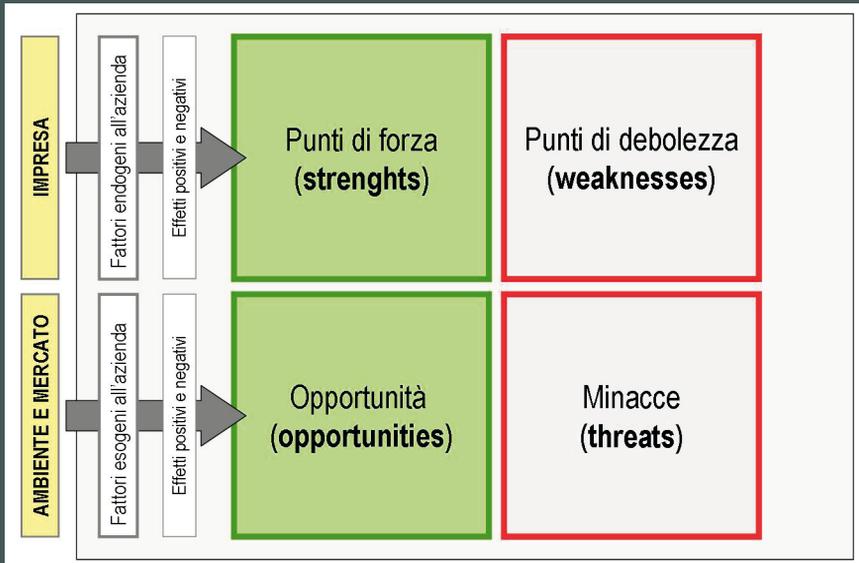


Fig. 5 - Schema di analisi SWOT.

		Variabili della matrice	FORZA	Indifferenza	DEBOLEZZA
ELEMENTI STRUTTURALI		Localizzazione valvola nel silo: posizione interna/esterna	Green	Yellow	Red
		Dimensioni: ingombri e volumi occupati	Green	Yellow	Red
		Intercambiabilità della valvola	Green	Yellow	Red
		Conformità alla normativa in vigore	Green	Yellow	Red
		Facilità e tempi di installazione	Green	Yellow	Red
ELEMENTI GESTIONALI		Efficienza e affidabilità di funzionamento	Green	Yellow	Red
		Velocità di ripristino delle condizioni di sicurezza del silo	Green	Yellow	Red
		Convogliamento e trattamento delle emissioni	Green	Yellow	Red
		Perdite di carico e volatilizzazione in atmosfera	Green	Yellow	Red
		Miglioramento delle condizioni di lavoro	Green	Yellow	Red
ELEMENTI ECONOMICI		Costo componente	Green	Yellow	Red
		Costi aggiuntivi di installazione	Green	Yellow	Red
		Costo manutenzione ordinaria e straordinaria	Green	Yellow	Red
		Valore aggiunto per la sicurezza dell'impianto	Green	Yellow	Red
		Valore di recupero del materiale	Green	Yellow	Red

Fig. 6 - Matrice di analisi per sistemi di valvole di controllo pressione di sicurezza.

ordinare le alternative secondo un asse di preferenza; selezionare l'alternativa globalmente migliore; assegnare le alternative a sottoinsiemi predefiniti.

Nello specifico i tre momenti fondamentali dell'AHP sono: *analytic*, si scompone il problema nei suoi elementi costitutivi; *hierarchy*, si strutturano gli elementi in modo gerarchico rispetto all'obiettivo principale ed ai sub-obbiettivi; *process*, si processano i giudizi ed i dati in modo da raggiungere il risultato finale, dal quale si deduce l'importanza di ciascun elemento nella definizione del problema complesso.

La tecnica di attribuzione dei pesi richiede di esporre un proprio giudizio relativamente all'importanza che assume un fattore rispetto ad un altro nel caratterizzare un livello gerarchico superiore; in sostanza è necessario rispondere, come nel caso indagato, alla domanda "Per la migliore sicurezza di un impianto di stoccaggio, sono più importanti gli elementi strutturali o quelli gestionali?".

La scelta gerarchica ha preso avvio dall'ipotesi di individuare quali siano gli elementi determinanti per l'installazione di sistemi distinti di valvole di controllo pressione nei silos di stoccaggio di polveri/granulati e di sfarinati di varia natura, secondo elementi distinti; in particolare, sono state individuate almeno tre aree di riferimento all'interno delle quali ricondurre gli elementi distintivi di un impianto (**fig. 7**):

- strutturali ed impiantistici;
- gestionali e di impiego di risorse naturali;
- economici e finanziari: costi del sistema e di gestione annuale.

L'approccio gerarchico permette di scendere di più livelli, al fine di porre in correlazione i singoli elementi che caratterizzano il sistema nel complesso, assumendo importanza diversa nella definizione del valore totale; pertanto, la preliminare scomposizione permette di conoscere, in un primo momento, gli elementi che caratterizzano l'ambiente distribuiti in livelli distinti e, in un secondo momento, di valutarli. Durante l'espressione dei giudizi nel confronto dei singoli elementi dello stesso livello, l'importanza di un fattore rispetto ad un altro è quantificabile secondo una scala di valori che varia da un minimo di 1 (importanza uguale) fino ad un massimo di 9 (importanza estrema).

I singoli pesi per ogni fattore sono elaborati sulla base dei giudizi espressi nelle matrici dei confronti a coppie, utilizzando la tecnica della media geometrica applicata al vettore peso di ogni singolo fattore; questo computo, seguito dalla normalizzazione in base decimale dei valori ottenuti e dal calcolo di alcuni indici statistici per la consistenza dei risultati, permette di avere un quadro generale dei pesi dei singoli fattori presenti in ogni livello gerarchico (**fig. 8**).

Si propone di seguito un esempio numerico riferito a tre fattori, per i quali si calcolano sequenzialmente pesi ed indici di consistenza (I.C.) (**fig. 9**).

Tenuto conto che il valore λ (lambda) è definito come prodotto tra il peso normalizzato di ogni singola componente e il valore della colonna relativa alla componente considerata e che n indica il numero di fattori, è possibile calcolare i seguenti indici:

$$\text{Indice di consistenza (I.C.)} = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3,0385 - 3}{3 - 1} = 0,01925$$

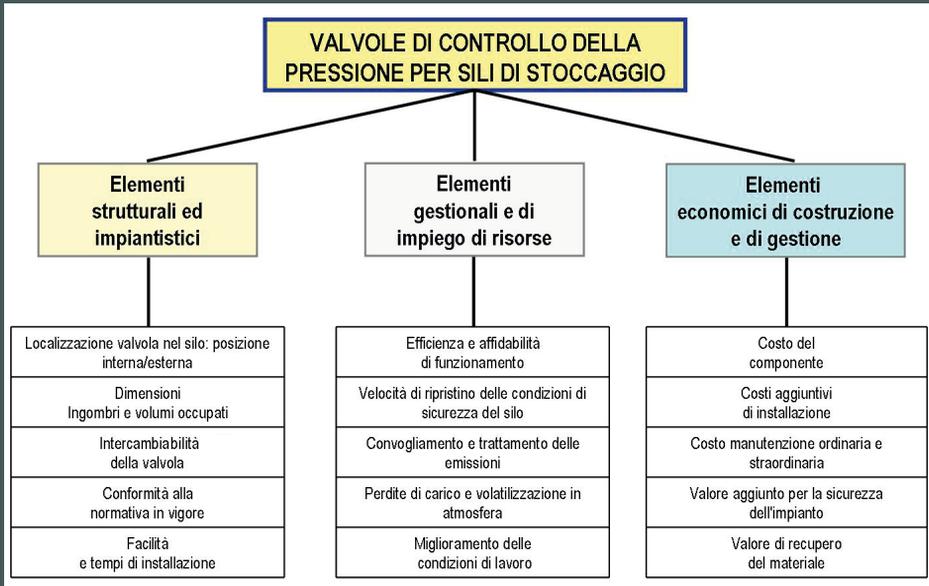


Fig. 7 - Caratteristiche dell'analisi gerarchica per l'attribuzione dei pesi.

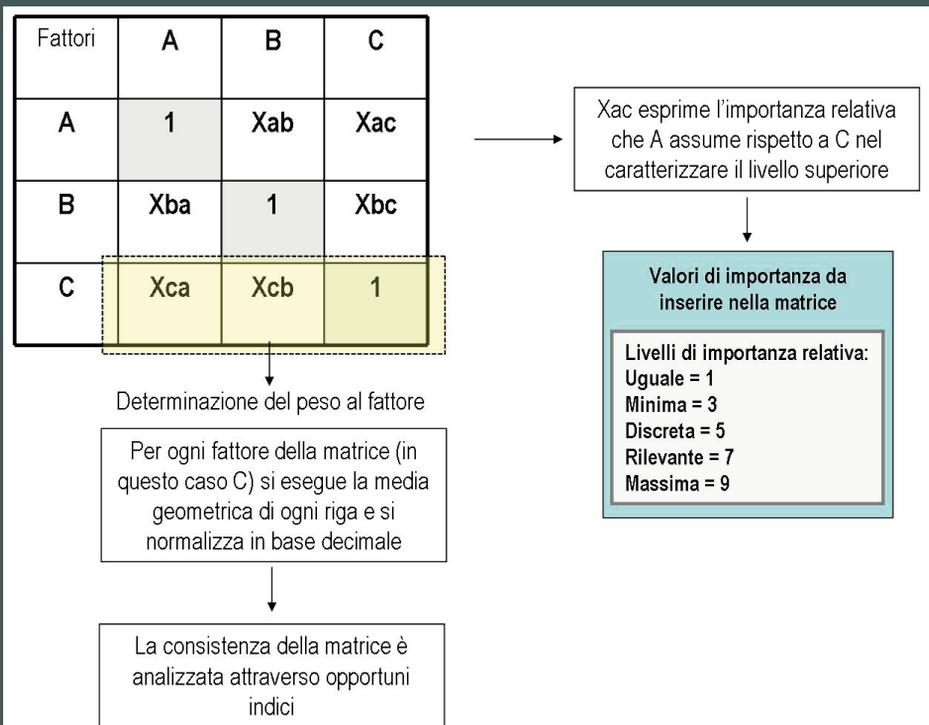


Fig. 8 - Composizione della matrice di confronto "a coppie".

$$\text{Rapporto di consistenza (R.C.)} = \frac{\text{I.C.}}{\text{valore della consistenza casuale}} = \frac{0,01925}{0,58} = 3,3319\%$$

dove il valore della consistenza casuale è facilmente desumibile da coefficienti determinati come costanti, come di seguito riportato:

Ordine della matrice

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Consistenza casuale

0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,43	1,49
---	---	------	------	------	------	------	------	------	------

Si ricorda che la matrice ed i relativi pesi calcolati sono accettabili solo se il rapporto di consistenza (R.C.) è inferiore al 10%.

APPLICAZIONE DELLA MATRICE SWOT AL CASO DI STUDIO ED ALCUNI RISULTATI

L'approccio modificato dell'analisi SWOT e la relativa tecnica di attribuzione dei pesi agli elementi presenti nella matrice sono stati applicati al caso di studio in esame. Il confronto è tra due sistemi alternativi di valvole di controllo della pressione per silos di stoccaggio di polveri e di sfarinati: il sistema innovativo presentato nella prima parte del contributo è comparato con la tecnica tradizionale che, principalmente, non consente di controllare le emissioni in atmosfera delle polveri in eccesso nel caso di sovra-pressione e di non recuperarle. In una prima fase della valutazione il con-

fronto è condotto costruendo la matrice SWOT senza applicare i pesi ai singoli elementi (**tab. 1**). Come si nota, per ben 10 elementi della matrice il sistema innovativo

dimostra dei punti di forza rispetto a quello tradizionale, per 2 casi è indifferente e per altri 3 presenta dei punti di debolezza. Nel complesso, rispetto ai 45 punti totali che sono il valore di indifferenza attribuito al sistema tradizionale, quello innovativo che consente il recupero delle polveri ed un miglior controllo delle emissioni raggiunge 59 punti, con un incremento superiore al 31%, dimostrando un netto miglioramento rispetto alle valvole tradizionali di controllo della pressione nei silos.

In una seconda fase, si è ritenuto opportuno coinvolgere alcuni esperti del settore in grado di esprimere quali fossero gli elementi più importanti indicati nella matrice, al fine di poter attribuire a ciascuno di essi un peso relativo, partendo in modo gerarchico dalle tre aree principali (**fig. 10**).

Come si nota, le aree degli elementi relativi alla gestione economica ed alla gestione annuale del sistema di controllo hanno ottenuto il peso maggiore con un valore in entrambi

Fattori	A	B	C	Media geometrica	Normalizzazione PESI	Determinazione di <i>lambda</i> (*)
A	1,00	3,00	5,00	2,4662	0,6370	0,9767
B	0,33	1,00	3,00	1,0000	0,2583	1,1192
C	0,20	0,33	1,00	0,4055	0,1047	0,9426
TOTALE	1,53	4,33	9,00	3,8717	1,0000	3,0385

(*) Il calcolo di lambda si determina con il prodotto tra il peso normalizzato del fattore e la somma dei valori di colonna della matrice dello stesso; ad esempio per A = 0,637 • 1,53.

Fig. 9 - Esempio di applicazione del modello di stima dei pesi.

Tabella 1 - Applicazione della matrice SWOT.

Variabili della matrice	Valore	Indifferenza	DELTA
Elementi strutturali			
Localizzazione valvola nel silo: posizione interna/esterna	4	3	1
Dimensioni: ingombri e volumi occupati	2	3	-1
Intercambiabilità della valvola	2	3	-1
Conformità alla normativa in vigore	5	3	2
Facilità e tempi di installazione	3	3	0
TOTALE PARZIALE	16	15	1
Elementi gestionali			
Efficienza e affidabilità di funzionamento	5	3	2
Velocità di ripristino delle condizioni di sicurezza del silo	5	3	2
Convogliamento e trattamento delle emissioni	5	3	2
Perdite di carico e volatilizzazione in atmosfera	4	3	1
Miglioramento delle condizioni di lavoro	5	3	2
TOTALE PARZIALE	24	15	9
Elementi economici			
Costo componente	1	3	-2
Costi aggiuntivi di installazione	3	3	0
Costo manutenzione ordinaria e straordinaria	5	3	2
Valore aggiunto per la sicurezza dell'impianto	5	3	2
Valore di recupero del materiale	5	3	2
TOTALE PARZIALE	19	15	4
Totale generale	59	45	14

Applicazione del modello AHP al livello gerarchico 1: aree della matrice

	Struttura	Gestione	Costi		MEDIA	PESI	K	
Struttura	1,00	0,85	0,85	➔	0,8973	0,2982	1,0000	
Gestione	1,18	1,00	1,00		1,0557	0,3509	1,0000	
Costi	1,18	1,00	1,00		1,0557	0,3509	1,0000	
Totale: 1,0000								

ELEMENTI STRUTTURALI
Peso: 0,2982

ELEMENTI GESTIONALI
Peso: 0,3509

ELEMENTI ECONOMICI
Peso: 0,3509

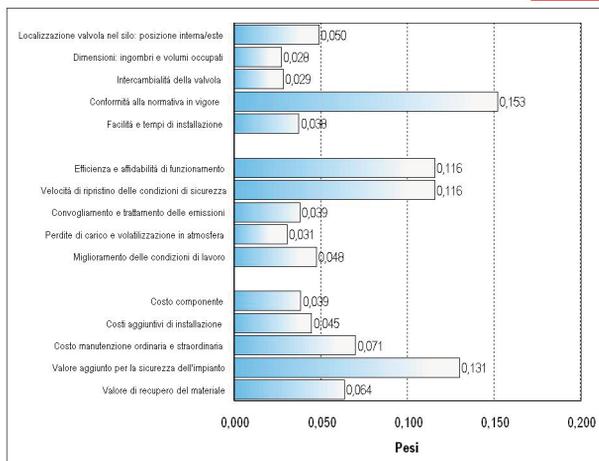


Fig. 10 - Attribuzione dei pesi mediante AHP.

i casi pari al 35% del totale e, nello specifico, gli elementi relativi alla conformità dell'impianto alla normativa (15,3% del totale del valore a disposizione) e l'incremento di valore di sicurezza del silo (13,1% del totale) sono risultati nettamente i più significativi nell'attribuzione dei pesi; a seguire è interessante rilevare che per importanza sul totale seguono gli elementi relativi all'affidabilità di funzionamento ed al tempo di ripristino delle condizioni di sicurezza.

Risultati

A questo punto si possiedono gli elementi per pesare i giudizi espressi nella precedente matrice SWOT (fig. 6), ricordando che, per effetto appunto dei pesi attribuiti agli elementi, il massimo punteggio raggiungibile per ogni alternativa è 5, il livello di indifferenza 3, e

il minimo 1, poiché il valore dei pesi ai 15 elementi presenti all'interno della matrice è scomposto su un totale pari a 1.

Nella **tab. 2** sono riportati i valori pesati della matrice SWOT per l'impianto dotato di valvola VHS, mentre nella **tab. 3** sono riportati i valori di confronto tra gli impianti indagati. Si propongono alcune riflessioni sui risultati ottenuti; il valore totale raggiunto dal sistema di valvole di sicurezza VHS è pari a 4,422, superiore al valore di indifferenza di un sistema tradizionale (pari a 3) di circa il 47%. Inoltre, per i primi quattro elementi della matrice (in ragione del peso attribuito e nello specifico: conformità alla normativa in vigore, incremento di valore per la sicurezza del silo, affidabilità di funzionamento della valvola, velocità di ripristino delle condizioni di sicurezza), le valvole VHS hanno registrato in ogni caso punteggi superiori a quelli dei sistemi tradizionali,

Tabella 2 - Applicazione della matrice SWOT con valori pesati al sistema di sicurezza di valvole VHS.

Variabili della matrice	Valori VHS “non pesati”	Pesi	Valori VHS “pesati”
Elementi strutturali		0,298	
Localizzazione valvola nel silo: posizione interna/esterna	4	0,050	0,200
Dimensioni: ingombri e volumi occupati	2	0,028	0,056
Intercambiabilità della valvola	2	0,029	0,058
Conformità alla normativa in vigore	5	0,153	0,764
Facilità e tempi di installazione	3	0,038	0,115
TOTALE PARZIALE	16		1,193
Elementi gestionali		0,351	
Efficienza e affidabilità di funzionamento	5	0,116	0,582
Velocità di ripristino delle condizioni di sicurezza	5	0,116	0,582
Convogliamento e trattamento delle emissioni	5	0,039	0,194
Perdite di carico e volatilizzazione in atmosfera	4	0,031	0,125
Miglioramento delle condizioni di lavoro	5	0,048	0,242
TOTALE PARZIALE	24		1,723
Elementi economici		0,351	
Costo componente	1	0,039	0,039
Costi aggiuntivi di installazione	3	0,045	0,136
Costo manutenzione ordinaria e straordinaria	5	0,071	0,355
Valore aggiunto per la sicurezza dell'impianto	5	0,131	0,654
Valore di recupero del materiale	5	0,064	0,321
TOTALE PARZIALE	19		1,506
Totale generale			4,422

Tabella 3 - Confronto tra valori pesati ottenuti per i sistemi di sicurezza indagati.

Matrice SWOT	Impianto TSF	Tradizionale	DELTA
Localizzazione valvola nel silo: posizione interna/esterna	0,200	0,150	0,050
Dimensioni: ingombri e volumi occupati	0,056	0,084	-0,028
Intercambiabilità della valvola	0,058	0,087	-0,029
Conformità alla normativa in vigore	0,764	0,458	0,306
Facilità e tempi di installazione	0,115	0,115	0,000
Efficienza e affidabilità di funzionamento	0,582	0,349	0,233
Velocità di ripristino delle condizioni di sicurezza	0,582	0,349	0,233
Convogliamento e trattamento delle emissioni	0,194	0,116	0,078
Perdite di carico e volatilizzazione in atmosfera	0,125	0,093	0,031
Miglioramento delle condizioni di lavoro	0,242	0,145	0,097
Costo componente	0,039	0,118	-0,079
Costi aggiuntivi di installazione	0,136	0,136	0,000
Costo manutenzione ordinaria e straordinaria	0,355	0,213	0,142
Valore aggiunto per la sicurezza dell'impianto	0,654	0,393	0,262
Valore di recupero del materiale	0,321	0,193	0,129
Totale	4,422	3,000	1,422

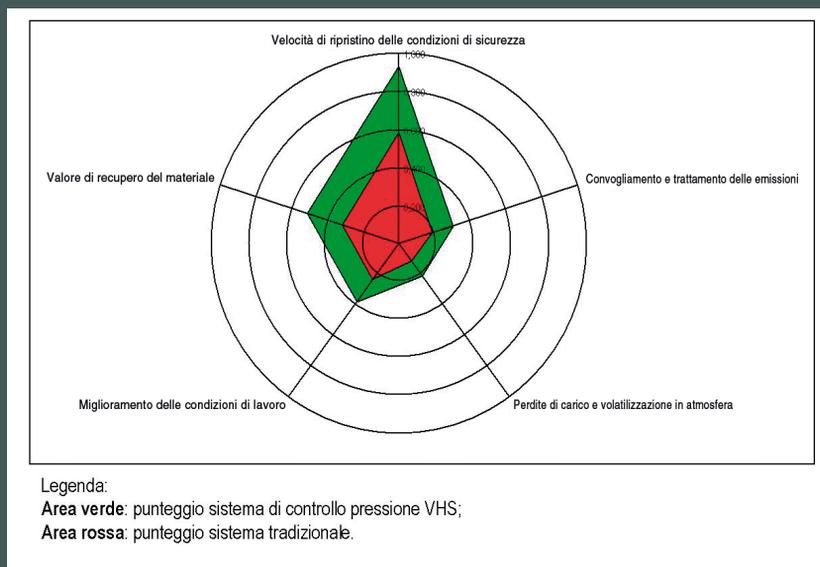


Fig. 11 - Comportamento dei due impianti a confronto per gli elementi ambientali e sociali.

umentando, pertanto, il valore del giudizio finale calcolato in precedenza, appunto per l'influenza del peso degli elementi della matrice.

ALCUNE CONSIDERAZIONI DI SINTESI

L'applicazione della matrice SWOT modificata al caso di studio, sia per i valori normali che per quelli pesati, ha indicato indubbiamente molti elementi a favore del sistema innovativo di valvole di controllo della pressione in silos di stoccaggio di polveri/granulati e di sfarinati di varia natura, sia nel caso di un'analisi senza l'attribuzione dei pesi alla matrice, sia qualora si siano determinati specifici valori di importanza alle variabili indagate. Soprattutto in un'ottica di impresa privata, è interessante notare che gli operatori hanno privilegiato nella pesatura dei fattori, soprattutto, il rispetto

della normativa sulle emissioni ed il conseguente valore aggiunto che il silo consegue per quanto riguarda la sicurezza di gestione: in entrambi i casi l'innovazione tecnologica si dimostra migliore dei processi tradizionali, come pure per gli elementi della matrice che hanno ottenuto i pesi migliori (rapidità di ripristino delle condizioni di pressione e affidabilità del sistema di controllo).

Viceversa, sono emersi alcuni elementi di criticità per quanto riguarda il costo del sistema e la rigidità di scelta nell'installazione, che risultano essere più onerosi per l'acquisto e di difficile surrogabilità nel caso si intenda sostituire le valvole VHS con altri sistemi (tab. 3).

Inoltre, in un'ottica pubblica, sono stati inseriti nella matrice alcuni elementi che intendono individuare i vantaggi nell'adottare un processo che tiene in considerazione le risorse naturali e l'ambiente di lavoro. Come si nota (**fig. 11**), anche in questo caso il sistema

di controllo delle valvole VHS presenta alcuni interessanti risultati positivi rispetto ai processi tradizionali, soprattutto per quanto riguarda: la riduzione dei rischi collegati ai problemi di sovra-pressione e di depressione, il controllo delle emissioni di polveri in atmosfera, il recupero di materiale incoerente (polveri e granulati) che esce al di fuori dei silos e, collegati ad essi, un miglioramento dell'ambiente lavorativo.

Lavoro svolto nell'ambito di un progetto di ricerca tra Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie della Facoltà di Agraria di Bologna e Wamgroup

BIBLIOGRAFIA

- Boral Concrete Australia. "Engineering and Maintenance Guideline". 21 April, New Berries, Victoria, Australia, 2004.
- Colombo G. "Manuale dell'ingegnere". Ulrico Hoepli, Milano, 2001.
- Ditz D., Ranganathan J., Banks D. "Green Ledgers: Case studies in corporate environmental accounting". Washington D.C., WRI, 1995.
- Hauert F., Vogl A., Radandt S. "Dust cloud characterization and its influence on the pressure-time-history in silos". Process Safety Progress, 115:178-184, 1996.
- Palrner K.N. "Dust explosion and fire". London Chapman and Hall, Londra, 1973.
- Pearce D.W., Turner R. Kerry. "Economia delle risorse naturali e dell'ambiente". Edizioni Il Mulino, Bologna, 1991.
- Roscelli R. "Misurare nell'incertezza". Torino, CELID, 1990.
- Saaty T.L. "Décider face à la complexité". Parigi, EME, 1974.
- Wamgroup. "Manuale di uso e manutenzione per valvole di controllo pressione VCP e VHS", Cavazzo, MO, dicembre 2011.

STOCCAGGIO

Sistemi di CONTROLLO della PRESSIONE per SILI industriali di stoccaggio - Parte terza

Analisi dei margini di convenienza per l'impresa

*Pressure control systems for industrial silos.
Part three - Cost-effectiveness analysis*

Parole chiave: tutela dell'ambiente, sicurezza e normativa, innovazione di processo e di prodotto, convenienza economica

Keywords: environmental protection, safety and legislation, process and product innovation, cost-effectiveness

ALESSANDRO RAGAZZONI^{1*} - DAVIDE PPAZZONI²

¹Dipartimento di Economia e Ingegneria agrarie - Università di Bologna -
Viale Fanin 50 - 40127 Bologna - Italia

²Divisione Valvole - Wamgroup - Via Cavour 338 - 41030 Ponte Motta Cavezzo - MO - Italia

*alessandro.ragazzoni@unibo.it

SOMMARIO

In questo ultimo contributo relativo alla valutazione di sistemi alternativi del controllo della pressione all'interno dei silos di stoccaggio di polveri e di sfarinati, si propongono alcuni approfondimenti sulla comparazione della convenienza economica ad adottare sistemi alternativi.

In modo puntuale si valutano quali siano i costi di installazione e di gestione di alcune valvole di controllo pressione presenti sul mercato, ponendo in luce i vantaggi e gli svantaggi secondo un approccio di convenienza per l'impresa. Si pongono a confronto un sistema di valvole di controllo e di sicurezza tradizionale (denominato VCP, con funzionamento "a molla") ed uno innovativo (denominato VHS, con la caratteristica di essere comandato da "pilota").

La comparazione è impostata non utilizzando valori assoluti monetari, ma gli stessi sono stati parametrizzati in "numeri indice", considerando il costo totale del sistema che richiede meno risorse finanziarie - per l'investimento iniziale e per la gestione - pari a 100.

ABSTRACT

This last study regarding the evaluation of alternative pressure control systems for powdery materials and flour storage silos offers insights on the comparison of the economic cost-effectiveness in adopting alternative systems.

At this point it was considered appropriate to assess one by one both installation and management costs of several pressure control valves present on the market, highlighting the benefits and disadvantages on the basis of a cost-effectiveness approach for the company. The evaluation model compares a traditional pressure and safety control valve system (called VCP, with spring-loaded operation) and an innovative one (called VHS, pilot operated safety valve).

The comparison is not assessed on absolute monetary values as they were turned into parameters, that is "index numbers", considering the total cost of the system which requires less financial resources - for the initial investment and management - equal to 100.

INTRODUZIONE

In questo ultimo contributo relativo alla valutazione di sistemi alternativi del controllo della pressione all'interno dei silos di stoccaggio di polveri e di sfarinati, si propongono alcuni approfondimenti sulla comparazione della convenienza economica.

Nei due precedenti numeri di *Tecnica Molitoria* si sono evidenziati e proposti elementi di approfondimento per quanto riguarda la normativa di riferimento, i principali aspetti tecnici progettuali ed una valutazione comparativa tra sistemi alternativi, in termini di efficienza tecnica e gestionale.

A questo punto si è ritenuto opportuno valutare in modo puntuale quali siano i costi sia di installazione che di gestione di alcune valvole di controllo pressione presenti sul mercato, ponendo in luce i vantaggi e gli svantaggi secondo un approccio di convenienza per l'impresa che deve adottarli nei propri impianti di stoccaggio.

ANALISI ECONOMICA

Prima della presentazione dei risultati, è sembrato opportuno presentare alcuni degli elementi di base teorica impiegati per l'analisi economica. In particolare, fare valutazioni sulla convenienza economica di investimenti in beni capitali (impianti industriali) risulta complesso, oltre che per la difficoltà di prevedere l'entità del successo commerciale dell'idea ad esso collegata, anche a causa della difficoltà di definire l'orizzonte temporale entro cui considerare l'investimento, che corrisponderà alla vita dell'impianto stesso. Essa, infatti, dipende dalla vita fisica dell'impianto, ma anche dal

modo di impiego, dalla possibilità che sul mercato compaia un impianto tecnologicamente più avanzato, dalla vita commerciale dei prodotti che con esso si realizzano, ecc. Di solito si effettuano delle stime prudenziali sulla vita dell'impianto, considerando il periodo di tempo più breve tra:

- a) la vita fisica - ossia il periodo di tempo entro il quale il bene fornisce le originarie prestazioni qualitative e quantitative durante l'esercizio delle proprie funzioni;
- b) la vita tecnologica (obsolescenza diretta) - ossia il periodo entro il quale la tecnologia incorporata dal bene non viene superata, rendendo conveniente la sostituzione;
- c) la vita commerciale (obsolescenza indiretta) - ossia il periodo di tempo entro il quale il prodotto realizzato attraverso l'investimento è collocabile sul mercato (l'elevata specificità della produzione di un impianto può comportare l'obsolescenza del prodotto).

Ai fini della presente analisi si è adottato un modello semplificato dedotto dal flusso di cassa annuale. I movimenti di cassa, ingressi ed esborsi, generati da un investimento sono appunto definiti "flussi di cassa" (rispettivamente in entrata e in uscita), mentre il "flusso di cassa netto", valutato in un generico istante di tempo t , è costituito dalla somma algebrica delle entrate (+) e delle uscite (-) che avvengono in quell'istante (**tab. 1**).

Tipicamente vengono distinte tre fasi nella vita utile di un investimento:

- 1) la fase iniziale: ad esempio, nel caso di investimento in impianti produttivi è costituita dall'acquisto e dall'installazione;
- 2) la fase di gestione: è costituita dalle attività di produzione e vendita, e dalle attività operative complementari;
- 3) la fase di disinvestimento: può consistere nel recuperare finanziariamente i fondi ancora immobilizzati nell'investimento (ad

Tabella 1 - Schema di rilevazione dei costi e dei ricavi per il flusso di cassa.

Costi	Ricavi
<p>Analisi dei costi di investimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Immobili e terreni - Impianto principale - Impianti ausiliari - Opere accessorie - Strutture complementari 	<p>Stima della quantità prodotta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prodotto principale - Sottoprodotti - Materiale di scarto recuperabile
<p>Analisi dei costi di gestione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variabili/fissi/misti - Diretti/indiretti - Speciali/comuni - Rilevanti/irrilevanti/differenziali/opportunità - Preventivi/consuntivi - Controllabili/non controllabili 	<p>Stima del prezzo di vendita del prodotto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - End user - Installatore - Commerciale <p>Confronto con competitori di mercato</p>
<p>Accumulazione dei costi relativi all'intero tempo di vita del progetto/prodotto</p>	<p>Mancati costi di produzione, ovvero contenimento spese di smaltimento dei rifiuti e di trasporto</p>

esempio, la vendita di una linea produttiva). È utile per una migliore comprensione caratterizzare le possibili cause di ricavi e costi in ciascuna delle tre fasi per l'investimento oggetto del presente contributo.

Fase iniziale dell'investimento

Nella fase iniziale dell'investimento le possibili economie o costi mancati (ricavi) possono essere:

l'uso alternativo di risorse in eccesso (ad esempio, manodopera) liberate dall'installazione di una nuova valvola di controllo della pressione;

la manutenzione straordinaria evitata sull'impianto di stoccaggio per merito del nuovo sistema;

l'eventuale valore di recupero (alla fine della vita utile) dell'impianto sostituito.

Viceversa, i costi sorgenti possono essere dovuti:

al costo di acquisto dell'impianto; in questo caso l'acquisto *ex novo* della valvola, ovvero l'incremento di costo rispetto ad una soluzione tradizionale;

alla modifica e/o al potenziamento degli impianti ausiliari; ad esempio, la richiesta di energia di diversa natura aggiuntiva per il corretto funzionamento e/o la pulizia ordinaria del sistema di valvole;

ad attività preliminari di studio/progettazione;

all'avviamento/addestramento del personale;

all'installazione dell'impianto;

alle perdite di produzione (costo implicito);

alla eventuale necessità di capitali aggiuntivi per l'esercizio (maggiori scorte di materiali, maggiori crediti ai clienti a seguito dell'incremento del volume di vendita, ecc.); in particolare, si può fare riferimento alla presenza continuativa di particolari necessari per la

sostituzione di parti del sistema di valvole per evitare il "fermo" dell'impianto di stoccaggio;

possono inoltre esservi altri costi, cosiddetti figurativi, in generale, l'impiego di altre risorse aziendali, che saranno, quindi, inutilizzabili per altri impieghi produttivi.

Fase di gestione

Nella fase di gestione i ricavi possono derivare da:

incrementi del recupero di materiali di risulta dal processo di controllo della pressione;

Viceversa, i costi sorgenti possono essere dovuti a:

aumento/diminuzione nell'impiego, sia in termini quantitativi che qualitativi, di risorse relative al lavoro;

interventi di manutenzione; è necessario calcolare con prudenza il numero di interventi di manutenzione necessari per il corretto funzionamento in sicurezza del sistema di valvole;

attività di controllo e monitoraggio del sistema;

tempi di inattività dell'impianto, dovuti agli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria alle valvole;

costi energetici;

costi di approvvigionamento (materiali e/o commesse a terzi).

Fase di disinvestimento

Nella fase di disinvestimento è tipico che l'impresa realizzi ricavi derivanti dal "valore di recupero" di attività fisse o circolanti connesse con l'investimento. Nel caso specifico delle valvole, se questo è possibile, i valori sono particolarmente contenuti, rispetto alle spese di gestione.

È importante, a questo punto, richiamare l'attenzione sulla presenza di eventuali "costi affondati" (*sunk costs*), cioè voci di costo riferite ad operazioni di gestione già impegnate dall'impresa (tipicamente prima di effettuare le analisi). Essi risultano costi irrilevanti rispetto alla decisione perché verranno sostenuti comunque, indipendentemente dalla decisione finale, e dunque non devono essere considerate nell'analisi, anche se si riferiscono in modo specifico ad attività connesse con l'investimento. È un costo affondato, ad esempio, il costo di progettazione di un nuovo prodotto che un'impresa desidera introdurre sul mercato, se la progettazione viene commissionata prima di effettuare l'analisi dell'investimento. Ciò può accadere perché solo attraverso la progettazione è possibile valutare i ricavi, i costi e gli esborsi necessari connessi con l'introduzione del nuovo prodotto: tuttavia, nonostante la progettazione sia evidentemente legata all'attività di investimento, il suo costo risulta irrilevante perché viene sostenuto comunque, sia nel caso in cui l'impresa decida di investire, sia nel caso in cui l'investimento venga rifiutato. Nel caso specifico della comparazione di sistemi distinti di valvole di controllo della pressione, si assume che l'installazione deve essere effettuata di almeno un prodotto, pertanto, le analisi preliminari risultano ininfluenti. Inoltre, è da sottolineare che l'attribuzione del valore a ciascun capitolo di spesa può seguire due approcci:

- a) Costi reali: in questo caso la redazione del conto economico si riferisce a dati rilevati e certi. È necessario, pertanto, che il valutatore abbia la facoltà di reperire i dati dalla contabilità di impresa, ovvero di rilevare direttamente presso l'azienda le informazioni necessarie;
- b) Costi stimati: viceversa, può spesso sus-

sistere la condizione in cui sia necessario stimare le voci di costo per mancanza di dati certi. Il criterio da mantenere è quello dell'estrema prudenza, con il quale evitare di proporre delle sottostime dei costi totali, che potrebbero alterare l'analisi della convenienza economica all'installazione dell'impianto. Ogni voce del flusso di cassa deve essere opportunamente validata dal computo metrico dell'opera e dell'azione necessaria alla realizzazione. È importante considerare che spesso ciascun impianto ha proprie peculiarità per le distinte condizioni che lo caratterizzano, di tipo: ambientale logistico, aziendale, dimensioni e portate, materiale stoccato, ecc.

ANALISI DEI COSTI COMPARATI

A questo punto, si hanno a disposizione gli elementi per l'impostazione dello schema dei flussi di cassa dell'impianto di controllo della pressione dei silos di stoccaggio. Inoltre, ai fini dell'analisi, un approccio interessante da adottare può essere il modello dei costi comparati dedotti dal flusso di cassa. Nel caso specifico si pongono a confronto le spese da sostenere per l'esercizio e la manutenzione ordinaria dell'impianto, per due tecniche alternative di sistemi di controllo della pressione.

Il modello di valutazione pone a confronto un sistema di valvole di controllo e di sicurezza tradizionale (denominato VCP, con funzionamento "a molla") ed uno innovativo (denominato VHS, con la caratteristica di essere comandato da "pilota") (**fig. 1**).

La comparazione sarà impostata non utilizzando valori assoluti monetari, ma gli stessi sono stati parametrizzati in "numeri indice", considerando il costo totale del sistema che richiede meno risorse finanziarie (per l'in-

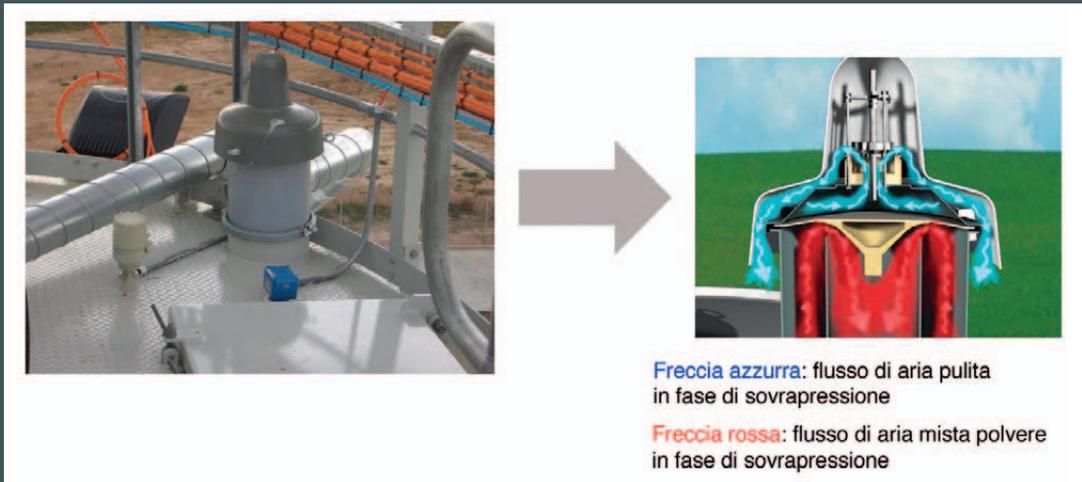


Fig. 1 - Foto (a sin.) e schema di funzionamento (a destra) della valvola innovativa con funzionamento “a pilota” (Fonte: archivio Wamgroup).

vestimento iniziale e per la gestione) pari a 100. Ogni voce di costo dei sistemi alternativi è confrontata con il costo totale annuale dell'impianto, che ha dimostrato una migliore performance per i flussi di cassa. In modo sintetico con tale approccio, si possono apprezzare le differenze di costo tra le diverse soluzioni.

Per l'utilizzatore finale è elemento decisivo conoscere i costi complessivi in un arco temporale definito: i valori devono comprendere sia quelli relativi all'acquisto sia alla gestione annuale. Di seguito, si riportano i risultati conseguiti, considerando il costo totale annuale comprensivo dell'acquisto ed installazione della valvola di controllo della pressione e degli interventi di manutenzione e di gestione (nel caso di interventi con scadenza pluriennale si è considerato una quota del costo totale ripartita sull'intervallo temporale). Il criterio di rilevazione dei costi totali è riportato in **tab. 2**.

RISULTATI

I risultati sono meritevoli di alcuni commenti di sintesi.

Come si può notare dalla **fig. 2**, considerando il costo totale del sistema innovativo di valvole di controllo “a pilota” denominato VHS pari a 100, il sistema tradizionale “a molla” (VCP) ha un costo totale di installazione e di gestione superiore del 76%. È molto interessante notare che le due voci di spesa più rilevanti sono determinate da:

- interventi per la manutenzione: per il sistema tradizionale VCP questo costo è pari a circa il 57% del costo totale della VHS (comprensivo di installazione e di gestione annuale);
- interventi per la pulizia del silo: la costante e frequente pulizia del silo richiesta dall'impiego della valvola VCP, comporta una spesa che è pari all'86,5% della spesa totale di installazione e di gestione della VHS.

Tabella 2 - Schema di rilevazione dei costi e dei ricavi per il flusso di cassa delle valvole di controllo pressione a confronto.

Flusso di cassa	Descrizione
RICAVI (+)	
Recupero materie prime	Per VHS si considera il recupero di una quota parte del materiale di scarico dalla valvola
COSTI (-)	
Acquisto valvola	Costi di acquisto per l'utilizzatore finale
Componenti di manutenzione	Per VHS, la sostituzione di parti del sistema avviene ogni 3 anni; per VCP, ogni due anni.
Energia elettrica	Per VHS, un consumo di 4 ore anno; per VCP, di 8 ore anno.
Interventi per la manutenzione	Per VHS, un tempo di manodopera pari a circa 4 ore anno; per VCP, di circa 8 ore anno.
Interventi straordinari	Per VHS, il rischio di intervento è pari al 5% del valore di sostituzione completo; per VCP del 15%.
Interventi per la pulizia silo	Per VHS, 4 interventi annui; per VCP, di 12 interventi annui.

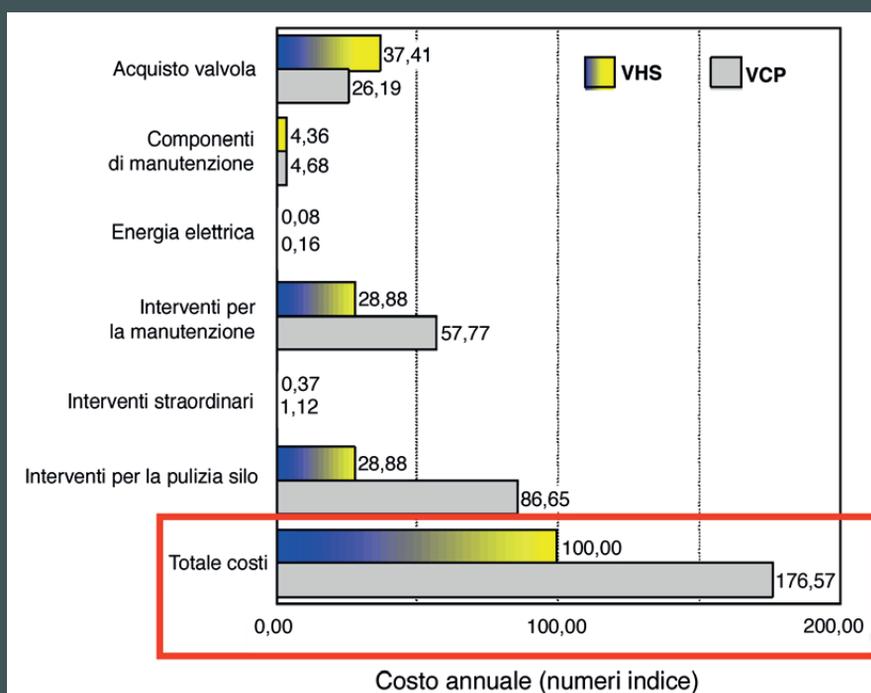


Fig. 2 - Comparazione dei costi totali di gestione di sistemi alternativi di valvole per il controllo della pressione dei silo di stoccaggio.

L'analisi è condotta considerando il costo totale della valvola VHS pari a 100 (numero indice). Pertanto i costi unitari di ogni voce di spesa dei sistemi a confronto sono rapportati al costo totale del sistema a minor costo che indicato base = 100.

Le rilevanti differenze di gestione dei silos che adottano sistemi di valvole di controllo alternative sono più evidenti se si accorpano i costi di acquisto/installazione dei sistemi e le spese di manutenzione e di controllo (fig. 3). Infatti, a fronte di un costo iniziale superiore della valvola VHS rispetto a quella tradizionale (il 37,4% sul costo totale per la VHS, contro il 26,2% della VCP), le importanti differenze si evidenziano nella gestione e nella ordinaria attività di pulizia del silo. Su un costo totale pari a 100 della VHS, il costo complessivo per la manutenzione del silo di stoccaggio che adotta il sistema VCP è superiore di più del 50%, senza considerare l'acquisto ed il montaggio della valvola.

CONCLUSIONI

In conclusione, si possono proporre alcune considerazioni di sintesi; dall'analisi si è rilevato che la dotazione di un'efficiente valvola di controllo della pressione del silo permette di ottenere importanti risultati di natura diversa:

- 1) aumenta sensibilmente il livello di sicurezza dell'impianto di stoccaggio, evitando problemi dovuti anche all'imperizia degli operatori;
- 2) si ottengono indubbi vantaggi di tipo ambientale, riducendo sensibilmente le emissioni in atmosfera di polveri di natura diversa;
- 3) il costo di acquisto ed installazione è sen-

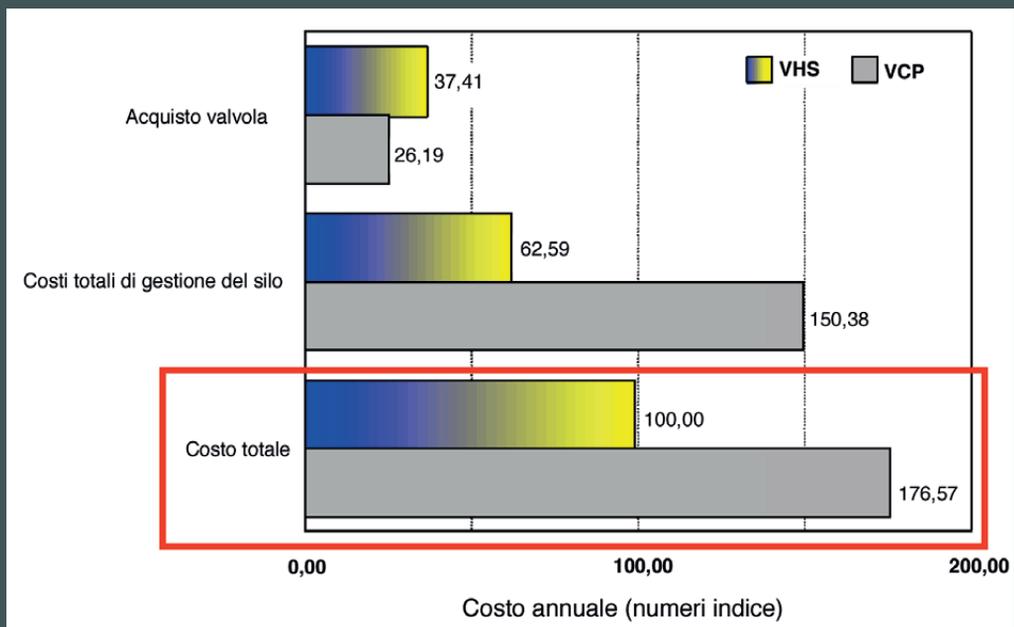


Fig. 3 - Comparazione dei costi di acquisto e di gestione di sistemi alternativi di valvole per il controllo della pressione dei silos di stoccaggio.

sibilmente inferiore alla spesa annuale complessiva per il controllo e la manutenzione delle valvole; inoltre, l'impiego di una valvola non efficiente e che richiede una gestione continuativa per la pulizia, porta ad una spesa totale annuale superiore del 76,5% rispetto ad un sistema innovativo che consente il recupero del materiale fuoriuscito dal silo;

4) l'adozione di un sistema efficiente può portare ad un risparmio annuale di spesa per l'assistenza e la pulizia del silo anche di tre volte.

Lavoro svolto nell'ambito di un progetto di ricerca tra Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie della Facoltà di Agraria di Bologna e Wamgroup

BIBLIOGRAFIA

- Bartolomeo M. "L'impresa privata e gli strumenti per l'analisi delle performance ambientali". In: A., Poli C. "Economie e politiche ambientali", Franco Angeli, Milano, 1996.
- Bartolomeo M. "La contabilità ambientale d'impresa". Il Mulino, Bologna, 1997.
- Bartolomeo M., Malaman R., Pavan M., Sammarco G. "Il Bilancio ambientale di impresa", Ed. Piro-la, Milano, 1997.
- ISTAT. "Indicatori e conti ambientali: verso un sistema informativo integrato economico ed ambientale". Roma, 1999.
- Musu I. "Economia e ambiente". Il Mulino, Bologna, pagg. 247-257, 1993.
- Wamgroup. "Manuale di uso e manutenzione per valvole di controllo pressione VCP e VHS", Cavezzo, MO, dicembre 2011.