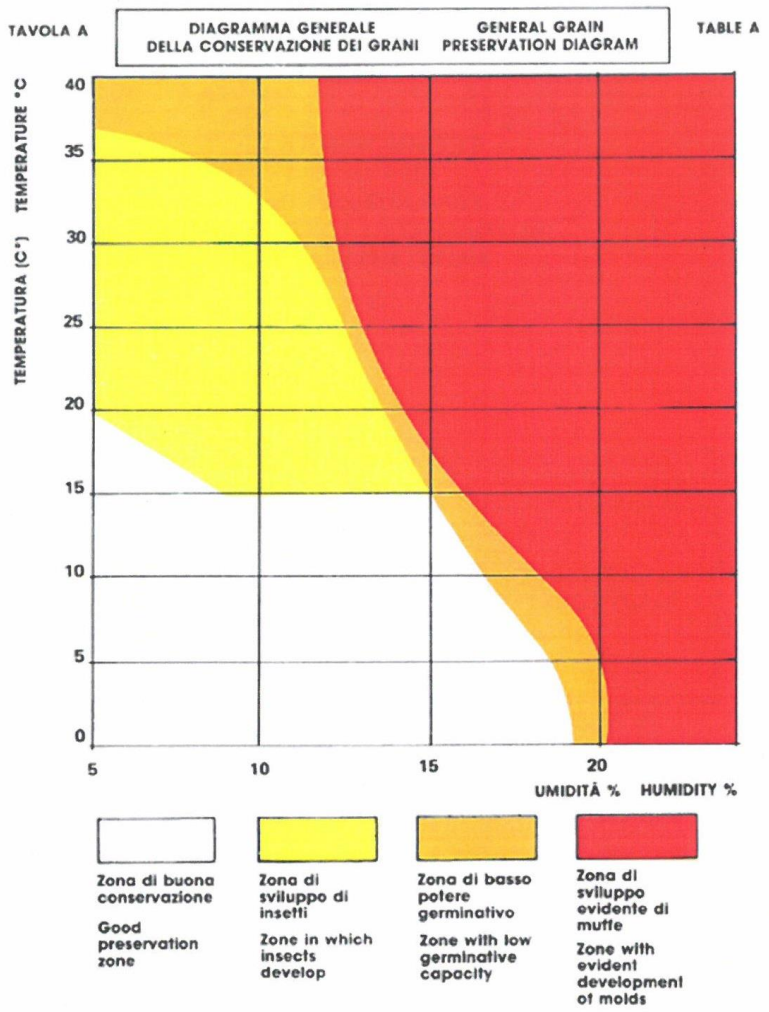
CONSERVAZIONE DEI CEREALI

1) Introduzione

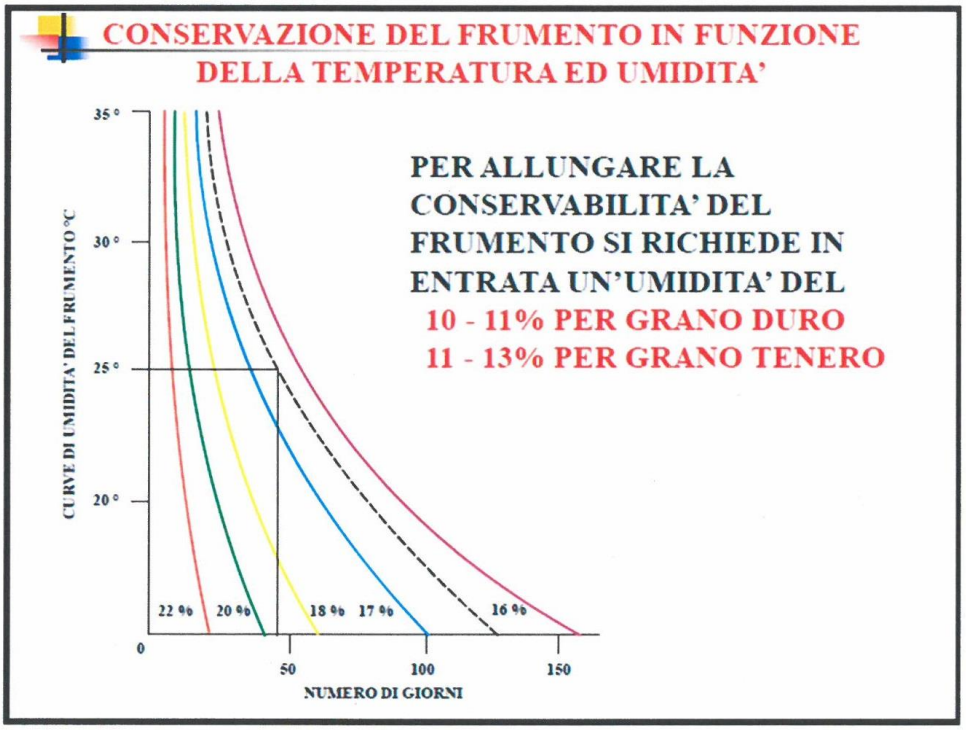
La conservazione dei cereali è legata a 4 fattori principali:

- Tenore di umidità del cereale;
- Temperatura del cereale;
- Durata della conservazione;
- Livello di prepulitura eseguito prima dello stoccaggio.

Per comprendere il legame che unisce questi fattori conviene fare riferimento a due tabelle (qui di seguito riportate). La tabella A mostra un grafico che lega temperatura e tenore di umidità dei cereali. L'area di colore bianco corrisponde alla "safety zone", ovvero si caratterizza per avere le condizioni che consentono una buona conservazione del cereale (T<15°C e U<18%). Aumentando la temperatura, ad umidità costante, si iniziano a creare le condizioni ottimali per la proliferazione di insetti infestanti. Aumentando il tenore di umidità, a temperatura costante, si rischia la germinazione dei chicchi e poi l'innesco della formazione di muffe. Se entrambi i parametri crescono la situazione è presto fuori controllo.



La tabella B mostra invece la relazione tra questi stessi parametri (le curve corrispondono a valori costanti di umidità) e la possibile durata della conservazione espressa in giorni. Se l'obiettivo è allungare la conservabilità del cereale, occorre mantenersi su basse temperature e bassi tenori di umidità.



Ad ogni varietà di cereale corrisponde naturalmente un diagramma specifico, ma la filosofia alla base dei legami è la stessa. Ci preme sottolineare che, con questi semplici cenni, *Technobins si pone l'obiettivo di fornire solo linee guida finalizzate a comprendere meglio i concetti di base della conservazione.* Per disporre di valori numerici precisi e reali (non solo teorici, ma coadiuvati da abbondanti prove sperimentali) è necessario consultarsi con specialisti del settore (biologi/botanici e farmacisti agricoli).
Esistono poi le regole del "commercio" dei cereali, che fissano i valori tipici di riferimento con cui si stabiliscono i prezzi dei medesimi prodotti nella "borsa cerealicola" nazionale ed internazionale. Ad esempio la Borsa Merci classifica:

- Mais → tenore di umidità 14% con corpi estranei fino al 2%;
- Frumento → tenore di umidità 13% (duro) – 14% (tenero) con corpi estranei fino al 2%;
- Semi di girasole e colza → tenore di umidità 9% con corpi estranei fino al 2%

Altro fattore che incide moltissimo sulla conservazione a lungo termine del cereale è il grado di pulitura della massa stoccata. Le impurità, costituite da corpi estranei e soprattutto dalle polveri, ostacolano il regolare flusso del prodottto durante le operazioni di movimentazione e il diffondersi del fluido di aerazione. Le polveri in particolare sono di ostacolo alla permeabilità della massa stoccata al flusso d'aria e possono generare percorsi preferenziali che inficiano i trattamenti destinati ad allungare la conservabilità dei cereali. La pulitura è quindi assolutamente indispensabile per garantire una durata di conservazione superiore a circa 3-4 mesi. Nello stoccaggio commerciale sono consigliati prepulitori ad aria (eliminano le impurità leggere) e prepulitori a tamburo rotante (eliminano le impurità con granulometria troppo fine o troppo grossolana). Solo in caso di particolari richieste in termini qualitativi si può ricorrere a pulitori a stacci vibranti.
Il processo chimico di respirazione dei cereali è espresso dalla formula seguente:

$$C_{12}H_2O_{11} + 12O_2 = 12CO_2 + 11H_2O + 1{,}567 * 10^{-3} kWh$$

L'ossidazione dei carboidrati genera quindi anidride carbonica, acqua sotto forma di vapore ed energia sotto forma di calore. La respirazione dei cereali dunque comporta una perdita di sostanza secca (calo di peso) e col passare del tempo crea quelle condizioni ottimali di umidità e temperatura che favoriscono la proliferazione di muffe e insetti infestanti. Basti pensare che oltre i 25°C i coleotteri si sviluppano in tempi rapidissimi e il ciclo di generazione del punteruolo si compie in soli 25 giorni.

Le muffe e gli insetti iniziano a consumare sostanza secca e comportano un ulteriore calo di peso, il processo si autosostiene fino alla completa degradazione dell'intero lotto di materia prima.

L'utilizzo ad esempio della fumigazione con bromuro di metile ha costi elevati e nel tempo troverà sempre maggiori ostacoli da parte delle autorità. La diffusione inoltre dei prodotti "biologici" ha comportato un aumento della sensibilità dei consumatori relativamente all'impiego di sostanze chimiche finalizzate al miglioramento della conservazione (e quindi anche dei gestori degli impianti di stoccaggio). La conseguenza è stata lo sviluppo di molteplici metodi di conservazione alternativi che cercheremo di illustrare brevemente nei concetti fondamentali.
Per conservare durevolmente il cereale è necessario per prima cosa abbassare la temperatura, dal momento che durante la campagna viene raccolto e immagazzinato a temperature solitamente comprese nel range 25°C-35°C. Nella prima fase si interviene il più delle volte con la ventilazione.
Technobins ritiene che questo intervento sia da effettuare *sempre e comunque* anche se si è pianificato di intervenire con altre tecniche complementari (refrigerazione, CO_2, NO_2, altri gas inerti, trattamenti chimici ecc..). Inoltre per certi tipi di prodotti e in certe condizioni ambientali e di durata di conservazione voluta la ventilazione può essere il solo trattamento necessario.

2) Ventilazione

Prima di tutto è necessario comprendere come distribuire il più uniformemente possibile il flusso di aria (o in generale del fluido impiegato) all'interno della massa di cereali insilata e senza generare significative perdite di carico. Tralasciando i capannoni orizzontali e riferendosi esclusivamente ai sili verticali, solitamente si ricorre a due sistemi:

- Canali di ventilazione per sili a fondo piano;
- Tegoli (o guaine) di ventilazione per sili tramoggiati.

Nel primo caso occorre realizzare un sistema di distribuzione dell'aria all'interno del basamento piano del silo. Il dimensionamento del numero di canali e loro disposizione spaziale è in funzione della superficie ventilante richiesta. Generalmente per una buona conservazione si impiega una superficie ventilante tra il 10 e il 20% di quella di base del silo. I canali possono essere completamente metallici (in lamiera zincata di forma sagomata ad U) oppure realizzati in laterizio o in cemento armato. La scelta è effidata al Cliente, sottolineando tuttavia che i canali metallici sono più facilmente pulibili e quindi caratterizzati da un maggior grado di igiene. In ogni caso Technobins fornisce i telai perimetrali che permettono in seguito l'appoggio dei pannelli di ventilazione, forati a tasche, per l'ingresso del fluido ventilante nel corpo cilindrico e che, contemporaneamente, impediscono la caduta al loro interno dei chicchi. Il fluido di areazione è forzato a circolare nella rete di canali attraverso un bocchello metallico al quale, ogni qual volta necessario, è possibile raccordare un elettroventilatore carrellato o fisso. La collocazione dei canali di ventilazione naturalmente deve evitare interferenze con quell'area di basamento addetta all'alloggio del trasportatore di scarico.

Figura 1: Panelli forati a tasche

Figura 2: Canali di ventilazione in laterizi e in calcestruzzo nella platea di fondazione

Figura 3: Canali di ventilazione metallici nella platea o utilizzando il cilindro come cassero

Nel caso di sili a fondo tramoggiato invece è necessario inserire nel cono un tegolo di ventilazione a fondo aperto in robusta lamiera, adeguatamente sostenuto. Il profilo triangolare della guaina funge da deflettore e non ostacola il flusso del cereale verso lo scarico. Un tubo collettore consente poi la connessione con un elettroventilatore fisso (o mobile), flangiato direttamente al cono metallico. A seconda della dimensione del silo (e quindi della colonna di prodotto sovrastante) e della portata d'aria richiesta questo tegolo sarà a 2 lobi (lineare) o a 4 lobi (a croce).

Figura 4: Tegoli di ventilazione tipo lineare o a croce

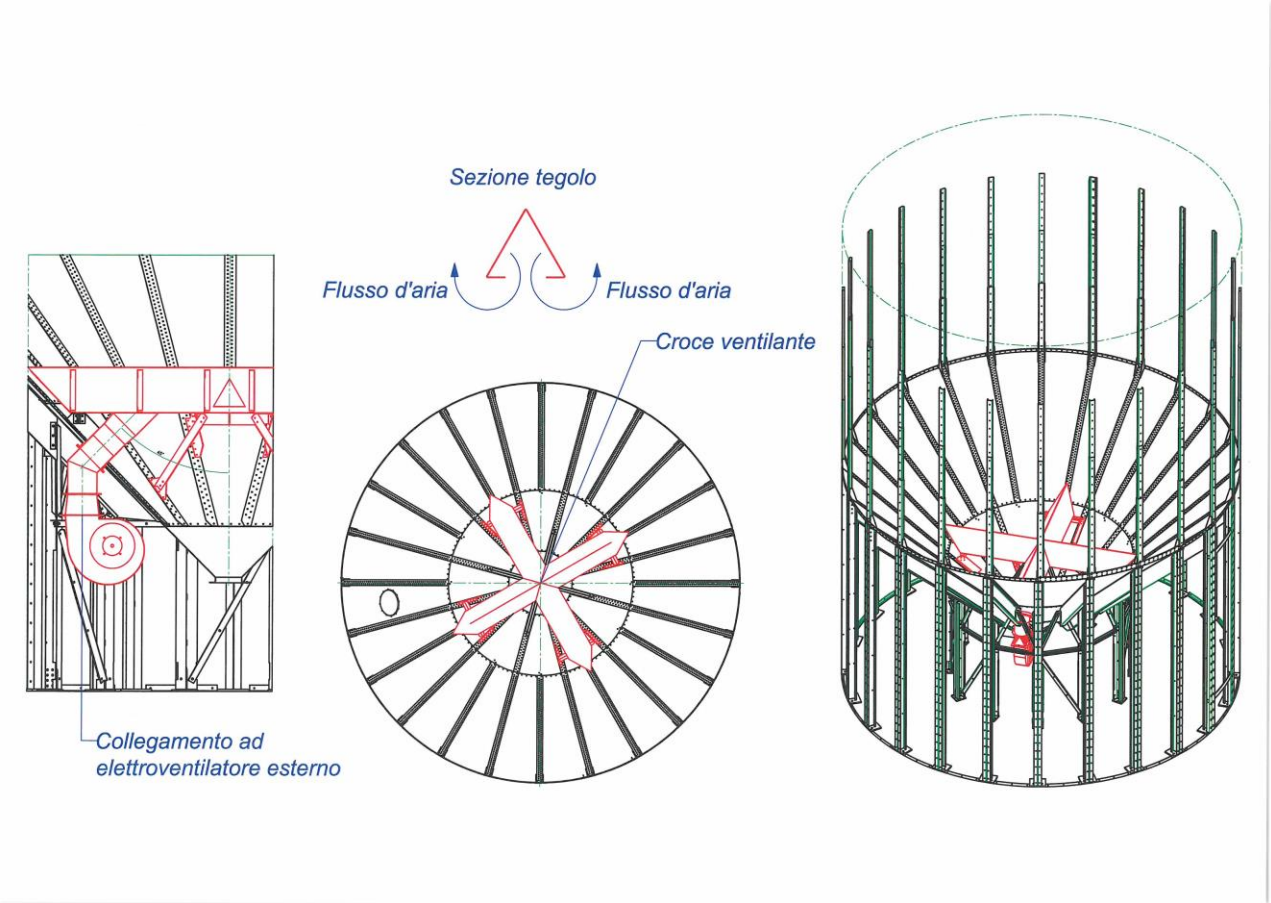


Figura 5: Schema guaina di ventilazione a 4 lobi per cono

Normalmente si utilizzano velocità di aria comprese tra 8 e 15 m/s per il condotto principale e tra 4 e 6 m/s per le guaine secondarie. *Tecnobins può offrire i sistemi illustarti nelle varie opzioni possibili.*
Ai fini del dimensionamento del ventilatore è necessario prima di tutto stabilire il tipo e modello del ventilatore. La buona tecnica consiglia di utilizzare i seguenti parametri:

- La portata richiesta è normalmente 10-20 m^3/h di aria per ogni m^3 di prodotto insilato (o volume di silo);
- Si impiega il valore maggiore per i prodotti con granulometria medio-grande (es. mais) e quando si desidera eseguire il trattamento nel silo in tempi contenuti;
- Si impiega il valore minore per i prodotti con granulometria medio-fine (es. colza) e quando si desidera eseguire un trattamento più "dolce" (meno intenso) e duraturo;
- La prevalenza (pressione espressa in mmH_2O) del ventilatore dipende dalla natura di dei grani e dall'altezza della cella di stoccaggio;
- Per chicchi grossolani la pressione necessaria è inferiore a parità di altezza del silo, pertanto il medesimo ventilatore applicato allo stesso silo fornirà portata differente a seconda del prodptto insilato;
- Come prima approssimazione si può considerare che occorrano circa 8-12 mmH_2O per ogni metro di altezza della colonna di cereale insilato;

Ad esempio se avessimo un silo di diametro 10 m con volume 1.200 m^3 (circa 15 m di altezza utile del cilindro) e con necessità media (es. 15 m^3/h per ciascun metro cubo di prodotto) uscirebbe fuori un ventilatore richiesto da 18.000 m^3/h. Dalla tabella dei ventilatori potrebbe emergere che, per assicurare una portata del genere, sarebbe necessario un modello da 7,5-11 kW di potenza installata. Vanno poi analizzate le varie opportunità fornite dai diversi costruttori sul mercato e la scelta tra motori a 2 o 4 poli (da preferire questi ultimi a causa della ridotta rumorosità). Naturalmente si consiglia di impiegare sempre motori efficienti, cioè ad alto rendimento energetico.

L'ultima valutazione (da effettuare assieme al Cliente) riguarda se dotare l'impianto di ventilatori mobili, da spostare da un silo all'altro quando necessario, o se dotare ogni silo di un proprio ventilatore fisso.

Figura 6: Ventilatore mobile per silo a fondo piano e ventilatore fisso per silo tramoggiato

Quando il diametro del silo è significativo, l'altezza del cumulo centrale è significativamente maggiore rispetto all'altezza delle aree perferiche, pertanto risulta la zona più difficoltosa da raffreddare (talvolta si notano anche 2-3°C in più rispetto al prodotto in prossimità del bordo cilindrico. Il consiglio è quello di estrarre una parte del cumulo fino ad ottenere una superficie superiore più regolare.
E' necessario analizzare l'equilibrio tra temperatura e umidità del prodotto con temperatura e umidità dell'aria atmosferica. La ventilazione corretta agisce esclusivamente sulla temperatura, riducendola, senza apportare variazioni significative al tenore di umidità della massa. Pertanto, a seconda delle aree geografiche e delle stagioni dovrebbe essere l'esperienza del gestore a suggerire come e quando ventilare il cereale. In varie aree italiane si ottengono ottimi risultati vantilando nelle ore notturne avendo cura di evitare periodi particolarmente umidi.
Operando con i ventilatori mobili è consigliabile procedere ad abbassare la temperatura un poco alla volta, progressivamente, alternando i sili uno dopo l'altro. In questa maniera si evita che qualche silo sia completamente trascurato nel breve periodo, scongiurando la possibilità di avere degradazione del prodotto per temperature eccessivamente alte. In linea di massima si suggerisce di agire alternativamente su ciascun contenitore con l'obiettivo di portarli tutti al di sotto dei 20-25°C entro 90 gg dal raccolto.

3) Fuoriuscita dell'aria insuflata

I sili impiegati nei centri di stoccaggio tradizionali hanno il tetto fissato al corpo cilindrico in maniera tale da permettere la fuoriuscita dell'aria interna e inoltre sono generalmente dotati di sfiati. Ciascuna apertura è protetta da dispositivi che impediscono l'ingresso indesiderato degli uccelli.

Figura 7: sfiato semplice con rete antiuccello

In alcuni casi i sili sono dotati di estrattori superiori con funzione anticondensa, chiamati comunemente “torrini”. Si tratta di dispositivi dotati di ventilatore assiale che richiama l’aria umida interna e ne facilita l’espulsione all’esterno. L’aria insuflata dal basso, infatti, mentre risale permeando il corpo dei grani si scalda e si umidifica. Una volta giunta a contatto col tetto in lamiera, può facilmente formare condense se quest’ultimo (raffreddato dall’atmosfera esterna) è caratterizzato da una temperatura inferiore a quella di rugiada. Il risultato è la comparsa di goccioline d’acqua sulla superficie interna del tetto, che ricadono sul cumulo di cereali e ne causano facilmente il danneggiamento. Tipico è il fenomeno indesiderato denominato “cappello”, il quale consiste nella avvenuta formazione all’apice del cumulo di un aggregato rigido e compatto di chicchi. Se non si è in grado di intervenire in tempi rapidi questo fenomeno può creare sia problemi di igiene che difficoltà in fase di estrazione alla bocca di scarico inferiore (intasamenti). Laddove sia avvenuto questo fenomeno, si consiglia di rimuovere il prodotto con un modesto ricircolo dopo un certo periodo di stoccaggio e dopo un controllo sia visivo che strumentale.

Figura 8: Torrini con girante per estrazione aria umida

4) Controllo della temperatura

Sinora si è detto come la temperatura sia un indicatore fondamentale nei processi finalizzati alla buona conservazione dei cereali. Ma come monitorarla efficacemente? Per farlo occorre un sistema di sonde termometriche a corda, immerse nel prodotto ed un software da integrare nel PLC di gestione dell’impianto per l’acquisizione dei dati rilevati. Ogni corda ha molteplici punti di misura lungo il suo sviluppo e, perciò, se fissata al tetto del silo consente di misurare la T a diverse altezze del cilindro. Ogni punto di misura è in grado di rilevare la temperatura all’interno di una sfera di diametro 5 m circa, quindi per controllare l’intero volume del silo è sufficiente installarne più di una e disporle equidistanti tra loro.
Il controllo a nostro avviso più importante è che le temperature, in seguito all’insilaggio e posteriormente ad una prima fase di stabilizzazione, *non aumentino*. Ciò sarebbe infatti un segno inequivocabile dell’innesco di reazioni biodegradative nel prodotto. Il controllo in tempo reale delle temperature consente anche di verificare immediatamente l’efficacia dei trattamenti di ventilazione stessi. Il consiglio è anche quello di tenere un “registro” (in formato cartaceo o elettronico a scelta) per fare tesoro delle esperienze e non affidarsi esclusivamente alla memoria.
Il software può garantire anche di inviare un segnale di allarme al gestore dell’impianto, da utilizzare poi come si ritiene più logico:

- Se la temperatura aumenta (oltre un certo livello rispetto al valore stabile) l’operatore può attivare la ventilazione, attivare un sistema di raffreddamento, oppure ricircolare semplicemente il prodotto o estrarlo per utilizzarlo;
- Se la temperatura aumenta oltre un livello assoluto si può ritenere questo allarme come un segnale di *previsione di rischio incendio*. In tal caso è possibile ad esempio attivare un sistema di inertizzazione del silo che elimina l’ossigeno (comburente) all’interno del silo, bloccando l’innesco o il propagarsi di eventuali combustioni (cosa da segnalare nella pratica dei vigili del fuoco).

I valori delle temperature a cui portare il prodotto nei sili non sono numeri da poter assegnare con faciloneria, ma devono derivare da qanto abbiamo cercato di spiegare finora e sono influenzati da tanti fattori:

- Tipo di prodotto e sua destinazione d'uso (ad esempio il mais per la produzione di corn flakes va gestito in maniera assai differente da quello ad uso zootecnico, l'orzo in una malteria dovrà mantenere il massimo potere germinativo);
- Dimensioni del silo;
- Area geografica di installazione;
- Durata prevista di conservazione;
- Altri trattamenti che vanno ad integrare la sola ventilazione quali i trattamenti chimici, refrigerazione, trattamenti con CO_2, N_2 o altri gas inerti.

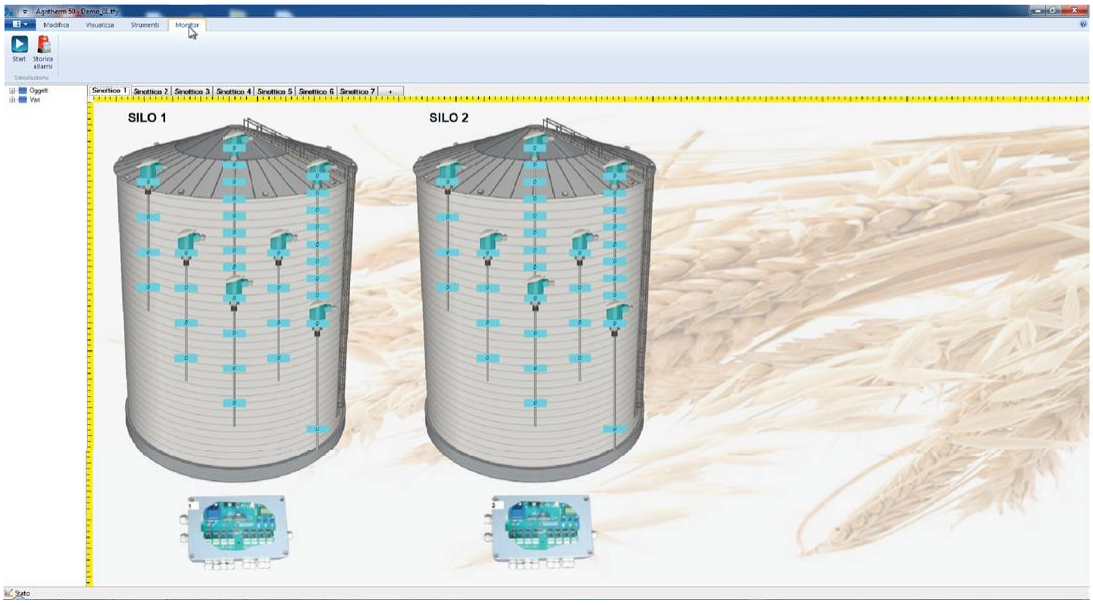


Figura 9: Software di visualizzazione delle temperature

Figura 10: Fissaggio sul cappello della sonda di rilevamento temperatura

5) Disinfestazione

Con questo termine sono intese quelle tecniche di difesa del prodotto insilato attraverso l'utilizzo di sostanze chimiche o fisiche; l'obiettivo è quello di eliminare gli insetti dalla massa di cereali. Al momento iniziale dello stoccaggio è importante valutare:

- La corretta pulizia del silo;
- Il grado di infestazione del cereale;

Per ciò che concerne il primo punto, la linea guida di riferimento è la direttiva HACCP (acronimo di "Hazard Analysis and Critical Control Points" ovvero insieme di procedure mirate a garantire la salubrità degli alimenti, basata sulla prevenzione) in merito alle derrate alimentari. L'impiego di silos lisci e autopulenti quali gli spiralati Technobins è un grande vantaggio in quanto le pareti verticali, prive di ondulature o gradini, non permettono che parti del prodotto restino adese e causino inneschi di biodegradazione. Non sono richiesti perciò particolari interventi di pulizia o manutenzione, come invece per altre tipologie di sili.
Per ciò che concerne il secondo punto è necessario effettuare l'analisi dei campioni di cereale per individuare il numero di insetti presente in un chilogrammo di cereale (in linea di massima → N° 1 insetto/kg costituisce infestazione lieve, fino a N° 3 insetti/kg costituiscono infestazione sensibile e oltre N° 10 insetti/kg significano infestazione forte). Gli insetticidi si possono distribuire sul prodotto durante la fase di carico dei sili grazie a dispositivi in gardo di diffondere su uno strato sottile di massa cerealicola in transito del prodotto liquido, o in polvere o in pastiglie. Per poter eseguire dei trattamenti occorrono le autorizzazioni dei presidi sanitari e per certi tipi si utilizzano quasi esclusivamente ditte specializzate. I fumiganti (gas tossici, fosfine) possono essere impiegati anche su masse ferme di cereale o inserendo il prodotto chimico direttamente nel cumulo o attraverso una gassificazione forzata. Si tratta perciò di trattamenti che possono essere effettuati anche qualche mese dopo il carico nei sili.
Non bisogna dimenticare infine che i gestori degli impianti di stoccaggio devono simultaneamente condurre una lotta al proliferare di roditori e volatili.
Ultimo accenno anche alla disinfezione che consiste in trattamenti chimici o fisici finalizzati al controllo di contaminazioni batteriologiche o fungine sempre per garantire la sicurezza igienico-sanitaria della derrata alimentare.

6) Refrigerazione

La refrigerazione consiste nell'abbassamento della temperatura dei cereali insilati, impiegando aria refrigerata al posto della normale aria ambientale. L'ingresso dell'aria raffreddata nel silo di stoccaggio è permesso attraverso i medesimi dispositivi per la ventilazione visti in precedenza. Il raffreddamento dell'aria deve essere naturalmente effettuato a mezzo di gruppi frigo. Ne esistono molteplici in commercio, con svariate prestazioni e livello di automazione (l'equilibrio tra l'umidità dell'aria in ingresso e l'umidità del cereale va mantenuta nei valori corretti). Nel caso si opti per questo tipo di trattamento, Technobins consiglia comunque di effettuare prima la semplice ventilazione, che asporta una consistente fetta di calore ad un consumo (e quindi un costo) energetico inferiore.
Il suggerimento di Technobins è quello di avvalersi di specialisti del settore e di seguire scupolosamente le loro istruzioni (in passato si sono verificati numerosi casi di incidenti dovuti a malfunzionamento delle macchine refrigeranti, con il risultato di ampie porzioni di prodotto umidificato, impaccato ecc..).
Il principio alla base di questa tecnica è che l'abbassamento della temperatura inibisce fortemente la respirazione dei cereali, motivo di degradazione e quindi perdita di massa del cereale. Va fatto un programma distribuito nel tempo per traguardare la temperatura desiderata ni tempi prestabiliti in tutti i sili di stoccaggio dell'impianto. Le prestazioni dei gruppi frigoriferi si mantengono soddisfacenti se sono verificate le seguenti caratteristiche:

- Ottima distribuzione del fluido per avere pochissime perdite di carico tra gruppo frigorifero e massa cerealicola (ad esempio nella progettazione dei canali di distribuzione aria per sili a fondo piano, Technobins consiglia di mantenere una superficie ventilante superiore al 20%);
- Tenuta ottimale del cilindro del silo per fare in modo che ciò che viene insuflato all'interno risalga lentamente fino alla sommità e fuoriesca attraverso i dispositivi superiori, anziché disperdersi all'esterno a metà del percorso.

Figura 11: Gruppi frigoriferi per il raffreddamento di silos cerealicoli

I sili spiralati infatti, rispetto ai tradizionali sili a pannelli bullonati di lamiera ondulata, sono privi di bullonature (il cilindro è ottenibile o per saldatura in continuo delle giunzioni oppure per doppia aggraffatura).
E' fattibile anche abbinare la refrigerazione alla ventilazione e alla disinfestazione. Technobins consiglia naturalmente di conservare un registro (in formato cartaceo o elettronico) per tenere traccia di quanto fatto e migliorare di anno in anno con l'esperienza acquisita. Le considerazioni fatte finora, riferite allo stoccaggio al momento del raccolto (il più difficoltoso da gestire), valgono ovviamente anche per il cereale reperito dal commercio.

7) Conservazione con atmosfera modificata

Utilizzando atmosfera modificata (a basso residuo di ossigeno) per un prestabilito periodo di tempo si impedisce la sopravvivenza degli insetti infestanti in tutti i loro stadi evolutivi (uova e larve comprese). Questi trattamenti non presentano alcuna tossicità e non lasciano alcun residuo all'interno dei cereali. Quest'ultimo è il principale motivo per il quale l'atmosfera modificata costituisce l'unico trattamento consentito nello stoccaggio di *merce biologica*. Gli effetti ottenuti sono analoghi (in alcuni casi migliori) a quelli ottenuti con trattamenti chimici. I gas comunemente impiegati sono azoto (N_2) e anidride carbonica (CO_2). Per garantire l'efficacia di questi trattamenti è necessario che l'atmosfera interna del silo arrivi ad essere costituita per il 99% da azoto oppure per il 60-80% di anidride carbonica. Al fine di garantire la morte di tutti i tipi di insetti è necessario che queste condizioni siano garantite per una *durata pari ad almeno un certo numero di giorni*. Technobins suggerisce come sempre di rivolgersi a specialisti del settore. Le modalità di effettuare il trattamento sono molteplici, anche in funzione del peso specifico del gas inerte impiegato rispetto all'aria comune (e quindi alla sua capacità di diffondersi verso l'alto o verso il basso). Si può insuflare quindi il gas dal basso, oppure dall'alto, altrimenti (nel caso frequente in cui il contenitore abbia notevoli perdite) si può ricircolare una certa percentuale di aria trattata e, monitorando costantemente il tenore di O_2 residuo, re-integrare la quantità di gas inerte perso.
Per ovvie ragioni il trattamento risulta più economicamente vantaggioso e qualitativamente efficace se il silo è *a tenuta*. I sili spiralati Technobins sono l'ideale per questo tipo di conservazione. E' di vitale importanza che la tenuta avvenga in ogni parte del silo:

- Nel corpo cilindrico;
- Nella parte inferiore (ancoraggio a terra) e nei passaggi per la ventilazione e per i trasportatori di scarico dei sili a fondo piano;
- Nelle tramogge dei sili a fondo conico (compresi serrande di scarico e dispostivi di ventilazione);
- Nella giunzione tra corpo cilindrico e tetto conico;
- Nel tetto del silo.

I "torrini" anticondensa diventano a questo punto indispensabili (dal momento che costituiscono l'unica via di uscita per compensare ciò che viene insuflato) e devono essere muniti di *valvole* per diventare a tenuta nella fase opportuna.

La gestione dei trattamenti è diversa nei sili a tenuta sostanziale rispetto a quelli tradizionali; in questi ultimi infatti gli esecutori dei trattamenti devono coprire superiormente la massa di cereali a mezzo di teli in nylon per realizzare la tenuta. Questa operazione comporta rischi significativi di incidenti (è necessario che i tecnici si calino dal portello di ispezione direttamente sul cumulo di prodotto e vadano a fissare il telo lungo la circonferenza del silo), è in antitesi con la filosofia alla base delle normative sui luoghi confinati (risulta difficile, se non impossibile, organizzare in totale sicurezza questo delicato intervento) e, infine, costituisce un costo non indifferente da ripetere ad ogni trattamento.
Gli impianti Technobins sono studiati in modo da rendere ottima la qualità del trattamento con costi competitivi in funzione delle modalità costruttive sopra citate. Ricordiamo che Technobins è composta da tecnici provenienti da Socama, azienda che fu la prima in Italia ad interessarsi alla problematica della della buona conservazione in ambito cerealicolo e che ha poi sviluppato numerose esperienze in merito.

Figura 12: Torrini completi di valvola di chiusura per tenuta

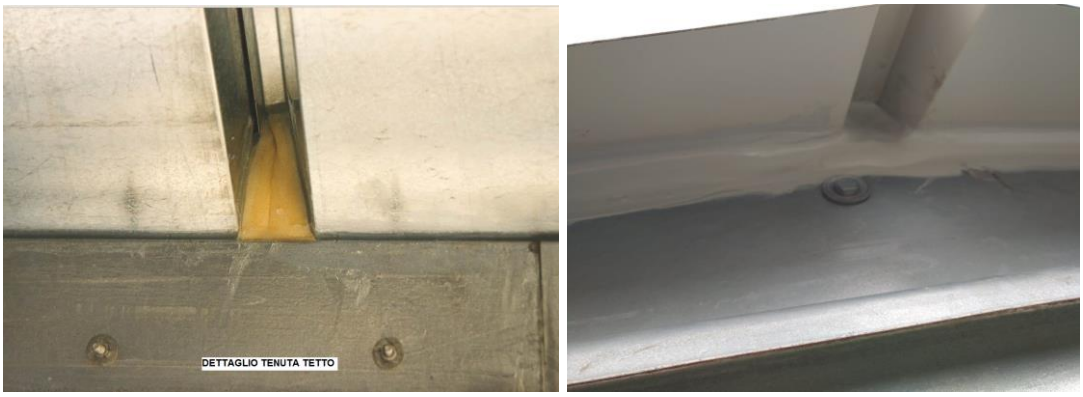


Figura 13: Sigillatura della giunzione cilindro-tetto