

Il trattamento con il calore nella disinfestazione preventiva nei molini

🇬🇧 Heat treatment in preventive disinfestation of mills





The banning of methyl bromide in 2007 open the way for the use of new methods for the preventive disinfection of mills and food industries. In Italy and in the rest of Europe, the alternatives to this compound, having efficacy against all the vital stages of the insects, are the disinfections by gas (sulfuryl difluoride) and the treatments with the high temperatures (heat). After more than ten years of applications and research, in this report the author describes heat

disinfection using electric fan heaters, a methodology that has spread in Italy through some leading companies in the pest control sector. In 2018 alone in Italy 1.8 million cubic meters were disinfested with heat (numbers supplied by the pest control companies, including the double treatments on the same plant), given that it attests the applicability of the method and the extent to which it is possible to reduce the chemical and environmental impact in carrying out this type of disinfection.

ASPETTI TECNICI E RIFLESSIONI SULL'IMPATTO AMBIENTALE

TECHNICAL ASPECTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT



di **Paolo Guerra**
NoPest

Considerando le linee di indirizzo europee in materia di utilizzo di sostanze insetticide all'interno dei molini e delle imprese del food e tenendo presente le prassi operative per la riduzione dell'impatto chimico sull'ambiente e sulle matrici vegetali e alimentari, il trattamento con il calore riserva notevoli e indubbi vantaggi rispetto ad altre tipologie di disinfezione.

I Piani di Azione Nazionale (Pan) in ambito agricolo, così come le norme volontarie e cogenti sull'uso sostenibile dei pesticidi (prodotti fitosanitari e biocidi), inducono a valutare il tipo di disinfezione da adottare non solo in merito all'efficacia ma anche in relazione alle più aggiornate frasi di rischio riportate nelle schede tecniche, all'impatto sull'ambiente o, più in generale, all'ecosostenibilità del metodo.

Il trattamento con il calore si sta diffondendo [GRAFICO 1] e può trovare ulteriori, importanti sviluppi nel contesto alimentare, ma anche in quello mangimistico, urbano e zootecnico.

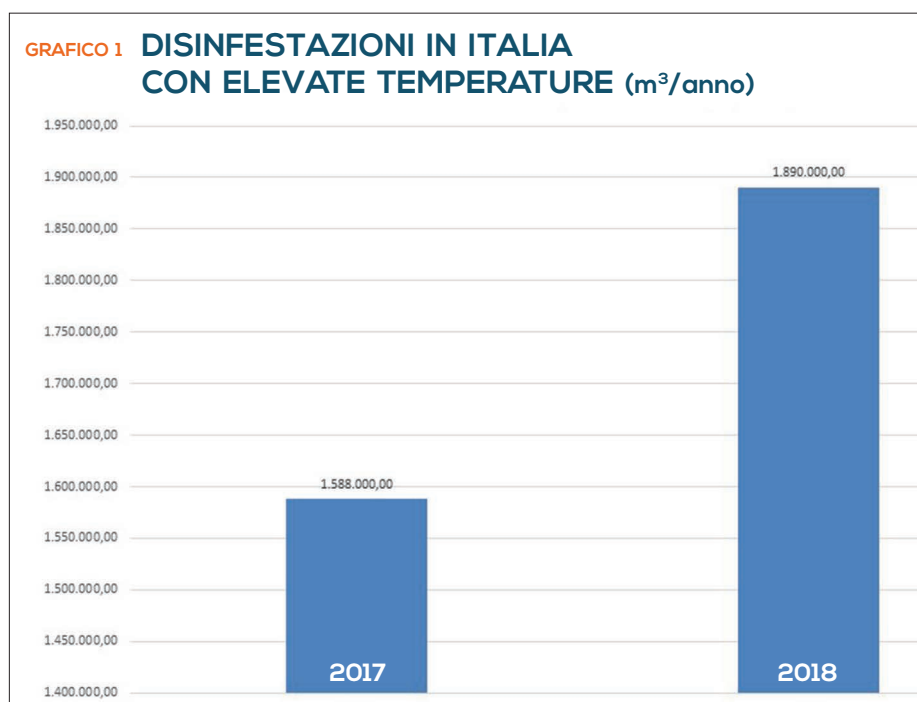


Quando si volessero prendere a riferimento altri metodi, basati sull'impiego di sostanze gassose ad azione ovicida, vale la pena ricordare che uno studio pubblicato nel 2016 sulla rivista *Science*, ha stimato come 1.000 chilogrammi di anidride carbonica possano causare la scomparsa di 3 m² di ghiaccio polare.

Aspetto che non può esimerci dal ritenere che il Global Warming Potential (GWP), ovvero il potenziale di riscaldamento globale delle sostanze gassose impiegate attualmente nella disinfestazione, non solo imporrebbe di riconsiderare la decisione sulla messa al bando del bromuro di metile, ma quanto meno di trovare per il futuro alternative meno impattanti per l'ambiente.

Azione ovicida del gas

Facciamo alcune considerazioni sulle disinfestazioni preventive a carattere ovicida. Fermo restando gli aspetti ambientali e di ecosostenibilità, oggi decisivi per la scelta di un metodo di disinfestazione, per chiarire alcuni temi legati alla disinfestazione delle derrate vegetali e delle industrie molitorie e alimentari, vale la pena sottolineare che il termine "fumigazione" sottintende l'utilizzo di



metodologie di disinfestazione basate sull'impiego di prodotti gassosi in grado di eliminare tutti gli stadi vitali degli artropodi, compresi l'uovo e la pupa. Ciò è possibile grazie alla capacità di un gas, a determinate concentrazioni e con tempi adeguati (CXT), di superare i tegumenti protettivi delle uova e delle pupe attraverso i normali processi di traspirazione

per la maturazione dei loro stadi metabolici. Questo scambio gassoso non è perseguibile con le molecole degli insetticidi o dei biocidi, anche se la loro distribuzione o irrorazione è fortemente micronizzata. Va da sé che l'impiego di insetticidi in aerosol, sotto forma di nebbia calda o di fumi generati da barattoli auto svuotanti, non hanno alcuna efficacia ovicida. Per tale motivo, è pretestuoso, se non errato, definire "fumiganti" questi composti quando, in realtà, agiscono come dei "fumogeni".

Volendo approfondire tecnicamente questi aspetti, qualsiasi metodologia realmente alternativa a un gas è tale solo se è in grado di assicurare l'eliminazione di tutti gli stadi vitali degli artropodi infestanti, uova e pupe comprese.

Focus sull'ecosostenibilità

Fino al 2007 la sostanza gassosa impiegata per le fumigazioni nelle industrie alimentari - in virtù della propria efficacia contro tutti gli stadi vitali degli insetti infestanti (uova e pupe comprese) - era il bromuro di metile [FIGURA 1]. Si tratta di un gas tossico trasportato in bombole e tuttora regolato dal R.D. n. 147/1927.

Le motivazioni che portarono alla messa al bando di questo gas erano legate alla persistenza in atmosfera degli ioni bromo derivanti da questi processi di fumigazione e all'inserimento della sostanza



FIGURA 1 Bombola di bromuro di metile

nel Protocollo di Montreal fra gli agenti depletori dell'ozono. Tale implicazione sull'impiego del gas viene ricondotta al Global Warming Potential (GWP), ovvero al potenziale di riscaldamento globale, l'indice che ci restituisce la misura di quanto la molecola di un determinato gas contribuisce all'effetto serra. Questo indice si basa su una scala relativa che confronta ogni gas con l'anidride carbonica, il cui GWP è pari a 1.

Il GWP del bromuro di metile è pari a 5, con riferimento al quarto studio di assestamento (AR4) in un orizzonte temporale di 100 anni, sceso a 2 nella quinta revisione (AR5). La messa al bando di questo prodotto gassoso metteva l'Italia e le proprie industrie alimentari appartenenti alla filiera dei cereali in una situazione alquanto critica, in quanto la farina e la pasta, prodotte a queste latitudini ed esportate in tutto il mondo, erano esposte al rischio di infestazione.

Al fine di tutelare il settore e prevenire le infestazioni in altre filiere altrettanto esposte, come quella del dolciario, della frutta secca e dei prodotti coloniali, al ministero della Sanità, con procedura d'urgenza, fu registrato un nuovo composto gassoso: il difluoruro di solforile. Anch'esso trasportato all'interno di bombole in pressione [FIGURA 2] e gestito da personale in possesso della patente per l'abilitazione all'uso dei gas tossici, quindi indirettamente assoggettato al R.D. n. 147/1927, viene tuttora utilizzato per le proprietà tossiche nei confronti di tutti gli stadi vitali degli insetti infestanti. Anche questo composto determina un certo impatto sull'effetto serra: un recente documento pubblicato alla fine del 2015 dall'European Chemical Agency (Echa), stima per questo gas un GWP di 4.800 (in un orizzonte temporale compreso fra 100 e 378 anni).

Poco dopo la registrazione del difluoruro di solforile, sono stati introdotti ed effettuati anche in Italia i trattamenti di disinfestazione ad elevate temperature (calore).

Questo metodo si basa sull'impiego di aerotermini termostatici [FIGURA 3] alimentati elettricamente, posizionati



FIGURA 2 Valvole di fuoriuscita del fluoruro di solforile dalle bombole



FIGURA 3 Aerotermini per la disinfestazione con il calore

FIGURA 4 Adulto di *Tribolium spp*

all'interno dei locali da trattare in numero variabile in relazione alle volumetrie. Seguendo protocolli ormai ripetuti da anni, l'accensione degli apparecchi permette di raggiungere in poche ore valori di temperatura compresi fra i 45 e i 55° C, mantenendoli per circa 36-48 ore e garantendo, inoltre, la circolazione dell'aria calda, grazie alla velocità impressa dalle ventole. Questo tipo di disinfestazione si è diffuso rapidamente nelle industrie che operano nel contesto della produzione biologica,

di tipo integrato, nel baby food, e ha trovato un crescente interesse anche nelle aziende di tipo convenzionale per diversi, importanti fattori:

- riduzione dell'impatto ambientale;
- eliminazione del rischio di rilascio di residui chimici;
- contenimento dei tempi di bonifica e conseguentemente, anche dei tempi di riavvio delle produzioni;
- maggiore sicurezza per gli operatori e per i fruitori della disinfestazione;

- possibilità di trattare alcuni reparti circoscritti e proseguire con le lavorazioni in quelli adiacenti;
- nessuna necessità di evacuare i locali adiacenti.

Efficacia del calore

Gli insetti delle derrate comprendono diverse specie in grado di infestare non solo i prodotti ma anche i locali e i macchinari delle industrie molitorie; fra queste risultano frequenti: *Plodia spp*, *Ephestia spp*, *Tribolium spp* [FIGURA 4], *Oryzaephilus spp*, *Lasioderma serricornis*, *Stegobium paniceum* e *Sitophilus spp*.

A tal proposito, disinfestazione con il calore permette di eliminare efficacemente tutti gli stadi vitali (uovo, larva, pupa e adulto) degli insetti infestanti per disidratazione (fenomeno che avviene già a temperature >45° C), ma anche per una serie di alterazioni irreversibili sulla composizione lipidica, sulla coagulazione proteica e sull'eliminazione di taluni enzimi corporei che, oltre alla mortalità diretta, permettono di ottenere impor-

TABELLA 1 RISPOSTA DEGLI INSETTI ALLE DIVERSE TEMPERATURE

Specie	45 °C	50 °C	55 °C
<i>S. Granarius</i>	540 min (9 h) (L)	40 min (L)	30 min (L)
<i>S. Zeamais</i>	660 min (11 h) (L)	45 min (A)	30 min (A)
<i>C. Pusillus</i>	1.200 min (20 h) (L)	65 min (L)	20 min (L)
<i>T. Castaneum</i>	1.800 min (30 h) (L)	35 min (L)	20 min (L)
<i>L. Serricorne</i>	2.400 min (40 h) (L)	370 min (U)	45 min (U)
<i>R. Dominica</i>	6.000 min (60 h) (L)	380 min (L)	45 min (L)

U = uovo; L = larva; A = adulto Fonte: autori diversi

tanti effetti di tipo secondario. Già a temperature di 37-42° C, pur senza condurre gli insetti adulti ad una eliminazione immediata, si ottengono effetti sulla diminuzione della loro fecondità (ovvero sul numero delle uova deposte) e sulla minore fertilità delle uova che andranno a deporre (percentuale di schiusa o di uscita dell'uovo). Se variate di alcuni gradi, le temperature per uno sviluppo ottimale degli insetti provocano risposte molto diverse a seconda della specie [TABELLA 1], senza che questo comporti rischi per i materiali e i componenti presenti all'interno del molino (RIQUADRO A).

A

I MATERIALI ESPOSTI AL CALORE

Dopo oltre dieci anni di applicazioni, in Italia le perplessità sulle interazioni fra i materiali e le elevate temperature sono abbondantemente superate.

Al di là degli aspetti inerenti la preparazione dei locali, estremamente semplificati rispetto ai trattamenti con gas, il tema sul quale i responsabili dell'industria molitoria tendono spesso a soffermarsi è legato alla risposta dei vari materiali una volta esposti al calore. In tal senso, i fattori da considerare sono correlati al coefficiente di dilatazione [TABELLA 2], da un graduale incremento delle temperature e dall'adeguata circolazione dell'aria calda all'interno dei locali [FORMULA]. Grazie alla costante crescita della diffusione di questo metodo nel nostro Paese, anche i trattamenti ripetuti all'interno delle stesse strutture non hanno evidenziato alterazioni sulle plastiche, che sono invece sensibili a temperature decisamente più elevate [TABELLA 3].

FORMULA CAPACITÀ DI TRASMISSIONE DEL CALORE SUI MATERIALI

$$Q = \alpha \times A \times t \times \Delta\theta \text{ (velocità aria su superficie } v < 5\text{m/sec)}$$

$$\alpha = 5,6 + 4v$$

DOVE: la quantità di calore insufflata **Q** sulla superficie di un corpo **A**, è strettamente dipendente dal coefficiente di trasmissione del calore α , dal tempo **t** di tale trasmissione, e dalla differenza di temperatura fra l'aria trasmessa e la superficie del materiale riscaldato $\Delta\theta$

CONSIDERANDO: che la temperatura dell'aria insufflata non deve superare i 60°C, si deve agire sui parametri α e **t**. α che contiene la velocità dell'aria, e **t** che varia in relazione agli altri parametri.

TABELLA 2 COEFFICIENTI DI DILATAZIONE DEI MATERIALI

Materiali	Coefficiente dilatazione
Calcestruzzo	$10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Mattone	$6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Legno	$15 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Acciaio	$12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Alluminio	$24 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Vetro	$9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Plastiche	$80 - 200 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Fonte: B. Keller, 2005

TABELLA 3 COMPORTAMENTO DEI MATERIALI PLASTICI ALLE ALTE TEMPERATURE

Plastica	Tipo	Risposta	Limite	Danno
Termoindurenti (duroplastiche)	Polisietere, teflon, bakelyte, epossidici (resine fenoliche, ureiche, melamminiche)	Non si ammorbidisce, non si scioglie	> 100 °C	Rottura causa punto vetrificazione
Termoplastiche	PVC, PET, PP, PA (polyammide), PE (hdpe, ldpe), PS (polistirene), PU (poliuretano)	Può ammorbidire	> 100 °C	Rottura causa punto vetrificazione e scioglimento
Elastomeri	Gomma naturale (caucciù), gomma sintetica (neoprene)	Sono morbidi per natura	> 100 °C	Rottura causa punto vetrificazione

B METODOLOGIE PER LA DISINFESTAZIONE CON IL CALORE

Esistono diversi approcci metodologici alla disinfestazione con il calore, alcuni dei quali dovrebbero essere valutati con grande cautela. Non tutti i sistemi di disinfestazione con il calore si fondano sull'impiego di aerotermi alimentati elettricamente. Alcuni si avvalgono di macchinari che producono l'aria calda da processi di combustione all'esterno dell'edificio [FIGURA 5], dove il calore è introdotto attraverso un singolo e lungo condotto traforato.

Altri metodi si fondano sull'impiego di apparecchi di piccole dimensioni posizionati all'interno dei locali da disinfestare, che producono aria calda sempre tramite un processo di combustione senza alcuna filtrazione.

Per ultimo sono stati utilizzati approcci che si fondano sul riscaldamento dell'acqua: l'aria calda e umida derivata da questo processo, ricca di vapore acqueo, è introdotta nei locali attraverso tubazioni direzionate manualmente da un operatore, oppure posizionando i condotti di immissione negli ambienti da disinfestare.



FIGURA 5 Apparecchio per la produzione di aria calda tramite processo di combustione

La disinfestazione con il calore, alla stregua di quella effettuata con i gas, prende a riferimento le volumetrie dell'edificio, il numero e la suddivisione dei locali da sottoporre a trattamento e la tipologia di materiale che costituisce la struttura (pannellato, laterizio, cemento, lamiera, legno). In relazione a ciò, si determina il numero degli aerotermi (**RIQUADRO B**) da impiegare per assicurare un adeguato incremento delle temperature e un loro mantenimento.

Gli aerotermi alimentati elettricamente [FIGURA 6] assorbono 19 kw ciascuno (28 ampère) e sono dotati di un termoisolamento interno in grado di regolare il termostato e, conseguentemente, il distacco della resistenza una volta raggiunta la temperatura desiderata. Ogni apparecchio si collega tramite



FIGURA 6 Controlli su aeroterma durante la disinfestazione



FIGURA 7 Quadro intermedio di sicurezza fra aerotermini e quadri elettrici

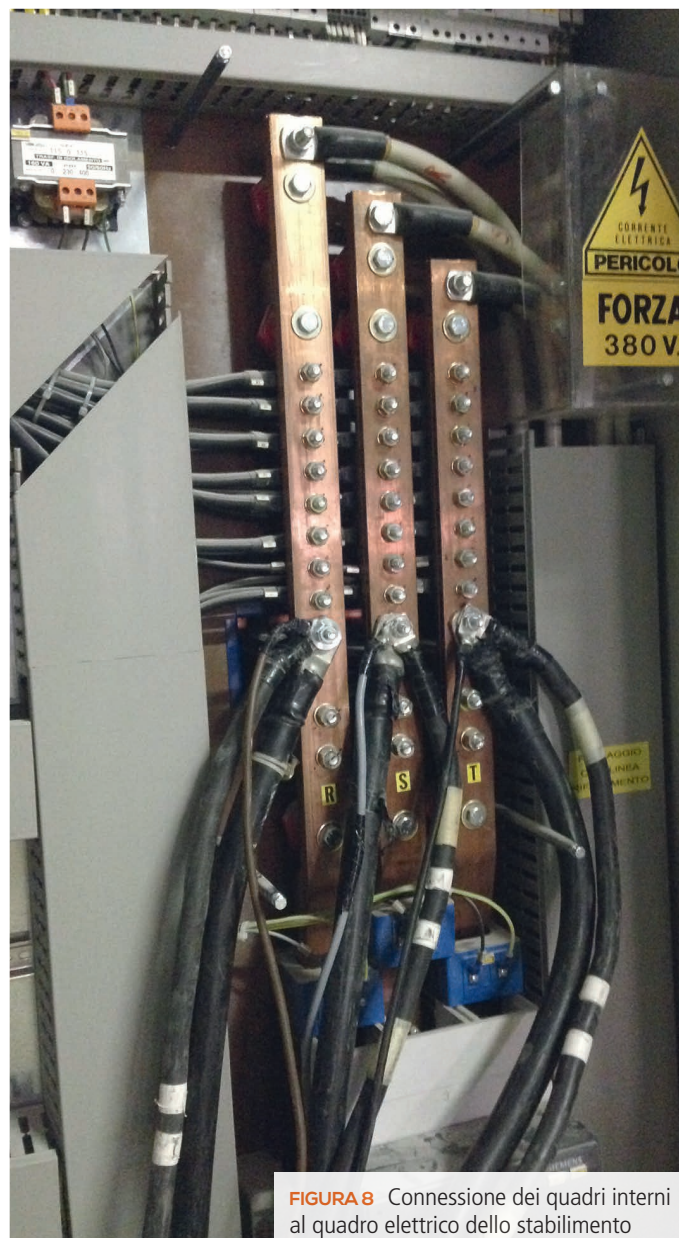


FIGURA 8 Connessione dei quadri interni al quadro elettrico dello stabilimento



FIGURA 9 Termometro per il rilievo della temperatura sulle superfici

prolunga a dei quadri di distribuzione intermedi **[FIGURA 7]** posizionati provvisoriamente durante la disinfestazione.

Questi si connettono a loro volta ai principali quadri elettrici presenti nello stabilimento, mediante cavi di maggiori dimensioni e agganciando i capi corda alle barre di rame **[FIGURA 8]**.

Durante il trattamento è buona prassi che i tecnici incaricati alla disinfestazione controllino periodicamente i locali, osservando le temperature raggiunte e direzionando le macchine per omogeneizzare il calore. Con questa metodologia è possibile avvalersi:

- dei termometri in dotazione a ciascuno degli aerotermini;
- dei termometri manuali ad infrarossi tipo Testo Mod. 830-T1 **[FIGURA 9]**;



FIGURA 10 Termometro a infrarossi per rilievi sulle superfici



FIGURA 11 Registratore termo-igrometrico per rilievi negli ambienti

- di termoregistratori [FIGURA 10] tipo Mod. Escort disponibili anche per la registrazione dell'umidità RH iLog 60D32 [FIGURA 11];
- di termocamere ad infrarossi in grado di rilevare e rappresentare i diversi gradienti di temperatura [FIGURA 12].

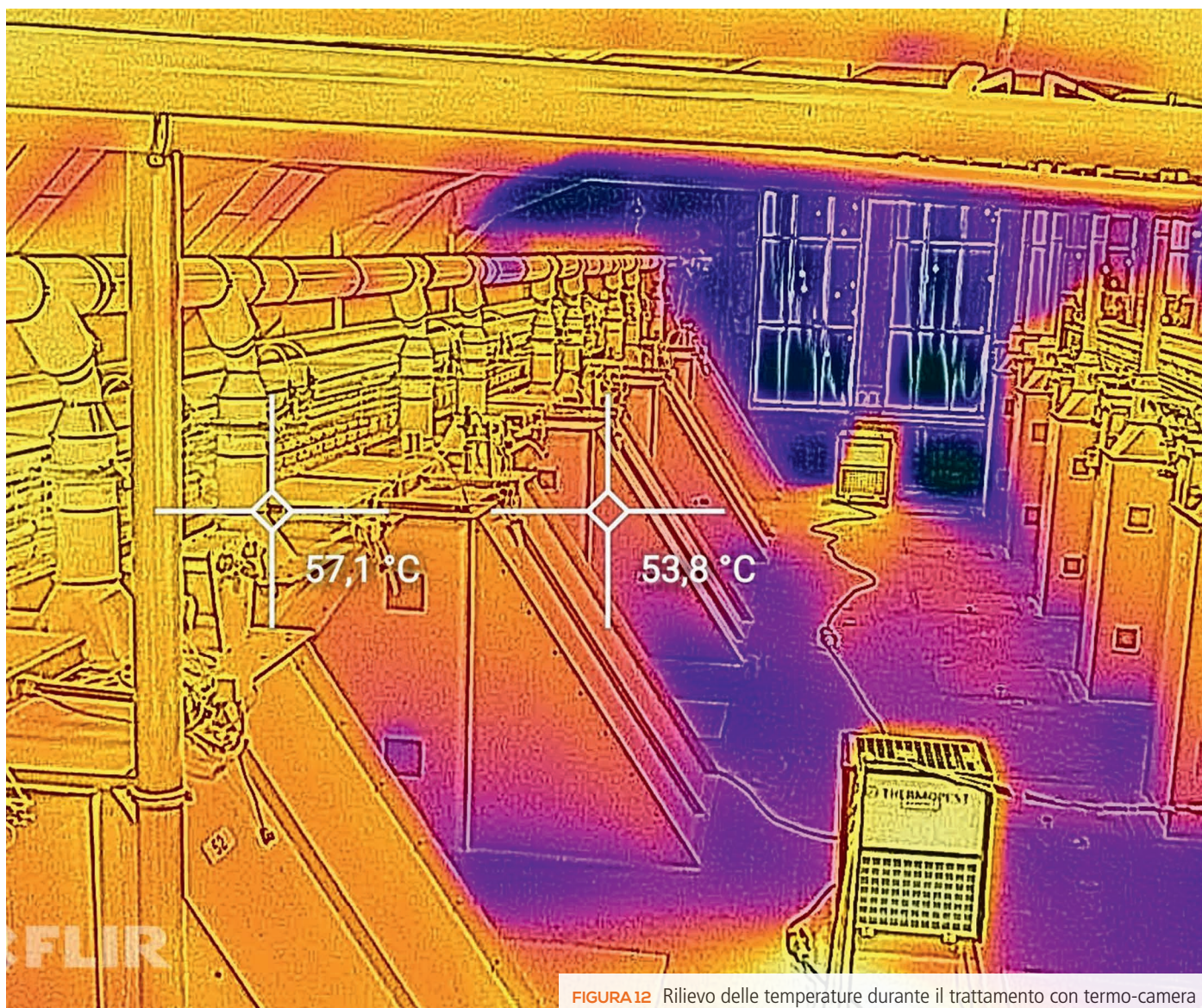


FIGURA 12 Rilievo delle temperature durante il trattamento con termo-camera

Diversamente dalle disinfestazioni ordinarie con i biocidi, per simili trattamenti si raccomanda l'esecuzione di un collaudo, una sorta di validazione della procedura del trattamento termico sull'effettiva mortalità di tutti gli stadi vitali degli insetti infestanti. Le parti interessate dovrebbero posizionare dei test biologici [FIGURA 13], cioè dei barattoli contenenti vari stadi vitali degli insetti tipicamente infestanti le derrate, comprese le uova. Ad un controllo immediato sulla mortalità degli adulti e delle larve svolto al termine della disinfestazione, deve seguire un secondo controllo dopo 25 giorni di incubazione per verificare l'effettiva mortalità delle uova e delle pupe. È ormai assodato che l'efficacia ovicida viene assicurata da un duplice effetto fisico: l'incremento delle temperature e la riduzione dell'umidità relativa (RIQUADRO C).



FIGURA 13 Test entomologici per collaudo della disinfestazione

C

L'IMPORTANZA DELL'UMIDITÀ RELATIVA

Grazie alla riduzione dell'umidità relativa nei locali si amplifica l'efficacia entomologica e si osservano riflessi positivi anche sull'aspetto microbiologico.

Infatti, oltre che dal calore, l'efficacia di una simile disinfestazione è data dalla riduzione dell'umidità che assume un andamento inversamente proporzionale [GRAFICO 2]. Il raggiungimento di temperature comprese fra 45 e 55 °C, accompagnato da una riduzione dell'umidità dal 58 al 15%, contribuisce ad esaltare l'efficacia sulle uova, agevolare la rimozione di residui di farine all'interno degli impianti e ad ottenere effetti secondari favorevoli sulla riduzione delle contaminazioni microbiologiche [GRAFICO 3].

GRAFICO 2 EFFICACIA MICROBIOLOGICA INGRESSO PRODUZIONE

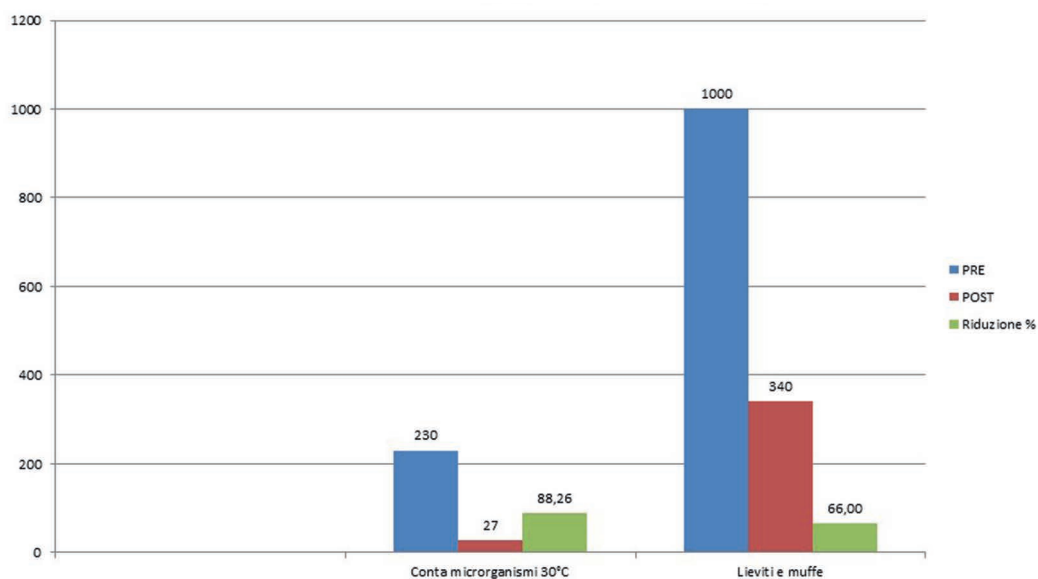


GRAFICO 3 ANDAMENTO TEMPERATURA E UMIDITÀ NEL TRATTAMENTO

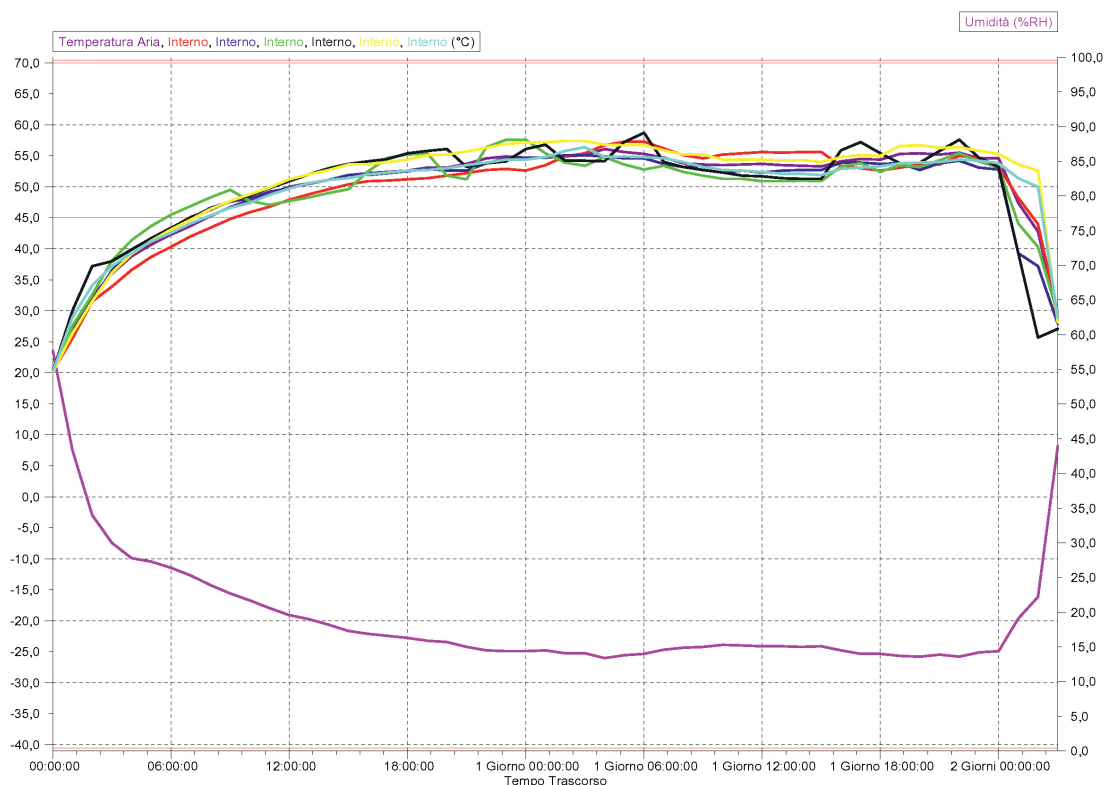




FIGURA 14 Polveri di diatomee distribuite perimetralmente

In relazione ai numerosi fattori sopra esposti, come si può osservare dall'immagine con termocamera [FIGURA 12], le temperature raggiunte non sono uguali per tutte le superfici e i materiali sottoposti a disinfestazione. Certamente la maggior parte degli insetti, e soprattutto delle uova, si trovano all'interno e intorno ai macchinari i quali, per la loro conducibilità termica, si espongono facilmente alle elevate temperature. I muri perimetrali, e alcuni punti solitamente localizzati ad angolo fra il muro e il pavimento, possono presentare temperature inferiori e costituire un punto di rifugio per alcuni insetti adulti. È pertanto buona prassi integrare la disinfestazione con il calore alla distribuzione di polveri inerti (diatomee o silicee) perimetralmente ai locali [FIGURA 14] e dirigere l'aria calda in questi punti nelle ultime ore di esposizione.

Paolo Guerra

Bibliografia e fonti sono disponibili presso l'autore