

# GeneralGas

PASSIONATELY COOL



## Vincere la sfida in Bassa Temperatura

Il primo impianto frigorifero industriale al mondo con tecnologia in espansione diretta di **R455A** per surgelazione continua del pane: **una sfida tecnica ad alta efficienza.**



## CASE STUDY INDUSTRIALE

## Vincere la sfida in Bassa Temperatura

Il primo impianto frigorifero industriale al mondo con tecnologia in espansione diretta di R455A per surgelazione continua del pane: una sfida tecnica ad alta efficienza realizzata da MAFFEI TECHNOLOGY S.r.l. per Oropan S.p.A.



**OROPAN**<sup>Spa</sup>



Refrigerante	GWP	Applicazione	Produzione
R455A	146	Surgelazione pane	1.500 kg/h



La centrale frigorifera a servizio della nuova linea di surgelazione: una piattaforma industriale progettata per funzionamento continuo.



## Il contesto, la sfida

In un settore dove affidabilità, continuità operativa e stabilità di processo non ammettono compromessi, Oropan S.p.A. ha affidato a MAFFEI TECHNOLOGY S.r.l. la realizzazione del sistema frigorifero della nuova linea di surgelazione del pane. Non si trattava di un impianto dimostrativo o di una sperimentazione pilota, ma di un'infrastruttura industriale destinata ad alimentare una linea produttiva da 1.500 kg/h, operativa 24 ore su 24.

La sfida era particolarmente ambiziosa: impiegare il refrigerante **R455A brevettato e prodotto da Solstice Advanced Materials** e commercializzato con il nome "**Solstice® L40X**" – fluido A2L con **GWP 146** a base di **HFO** – in un'applicazione in bassa temperatura e di notevole potenza, laddove l'opinione di altri tecnici del settore riteneva questa soluzione troppo estrema per i requisiti di stabilità, affidabilità e continuità richiesti dall'industria alimentare.

Il risultato è un impianto frigorifero ad espansione diretta progettato per coniugare prestazioni elevate, efficienza energetica e controllo di processo. Il sistema comprende tre compressori a **vite BITZER**, 18 aero evaporatori, valvole di espansione elettroniche, condensazione evaporativa, raffreddamento olio ad acqua di torre e **sbrinamento a gas caldo a quattro tubi con recupero energetico totale**.

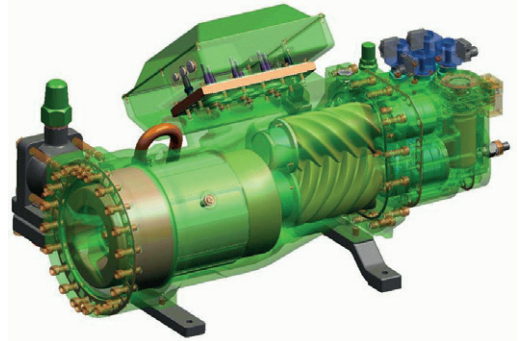
L'obiettivo non era soltanto raggiungere la temperatura di progetto, ma mantenerla nel tempo con precisione, equilibrio dinamico e **consumi energetici sorprendentemente contenuti**.

Durante il collaudo, l'impianto ha confermato la piena stabilità del processo, raggiungendo e mantenendo temperature di  $-37\text{ °C}$  all'interno delle celle del tunnel di surgelazione, con **temperature di evaporazione misurate fino a  $-45\text{ °C}$** .

A seguito di un accurato lavoro di bilanciamento fluidodinamico, ottimizzazione software e taratura dei controlli PID delle valvole elettroniche, il comportamento reale del sistema ha evidenziato **un assorbimento elettrico a regime inferiore di circa 80 A rispetto ai valori di riferimento BITZER** considerati in fase progettuale.

Questa realizzazione dimostra concretamente che R455A può superare i limiti delle applicazioni considerate fino ad oggi "ragionevoli", affermandosi come **soluzione affidabile ed efficiente** anche nella refrigerazione industriale e nella surgelazione continua di grande capacità.

Non attraverso compromessi o semplificazioni, ma grazie a un progetto impiantistico coerente, rigoroso e profondamente ottimizzato in ogni dettaglio.



### DATI TECNICI IMPIANTO:

- Temperatura di evaporazione:	- 40	[°C]
- Temperatura di condensazione:	+ 40	[°C]
- Potenza resa per <u>ogni compressore</u> :	91.300	[W]
- Potenza assorbita stimata per <u>ogni compressore</u> :	79,7	[kW]
- Corrente assorbita stimata per <u>ogni compressore</u> :	136,1	[A]
- <b>Potenza resa per dalla centrale:</b>	<b>273.900</b>	<b>[W]</b>
- Potenza assorbita stimata dalla <u>centrale</u> :	239,1	[kW]
- Corrente assorbita stimata dalla <u>centrale</u> :	408,3	[A]
- <b>Refrigerante:</b>	<b>R455A</b>	<b>GWP 146</b>

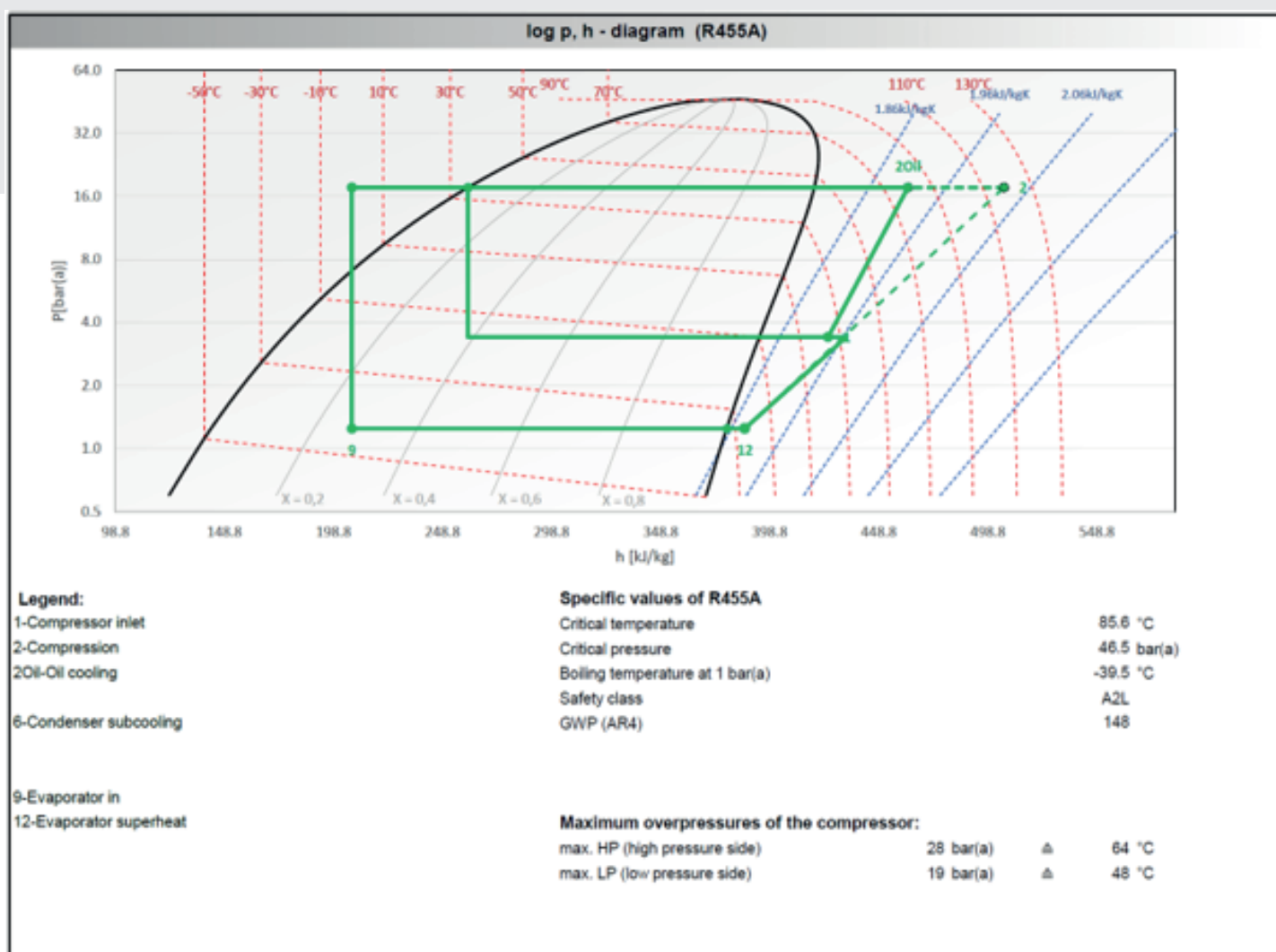
## Il contesto: Oropan, tradizione industriale e fiducia nell'innovazione

Oropan S.p.A. è leader nel settore dei prodotti da forno, con radici profonde ad Altamura e una visione industriale che unisce tradizione, qualità e innovazione di processo. La scelta di introdurre una linea di surgelazione continua ad alta capacità nasce da una necessità precisa: garantire qualità costante, efficienza produttiva e continuità operativa in un processo alimentare ad alta intensità.

Affidare il cuore frigorifero di una linea da 1.500 kg/h a una soluzione basata su R455A ha richiesto una decisione coraggiosa. Non si trattava semplicemente di scegliere un **refrigerante a basso impatto ambientale**, ma di accettare una sfida tecnica: dimostrare che una tecnologia considerata difficile, se non impraticabile, potesse sostenere una **produzione industriale reale, intensa, continua e critica contenendo i consumi di energia elettrica, favorendo il bilancio ambientale del produttore.**

La fiducia di Oropan S.p.A. ha reso possibile il passaggio dalla teoria alla realtà. Il progetto è diventato un banco di prova industriale nel senso più alto del termine: un impianto inserito in un contesto produttivo severo, dove ogni scelta progettuale doveva tradursi in **affidabilità, stabilità termica e riduzione dei consumi.**

**SOLSTICE®**  
**L40X (R-455A)**



## La sfida tecnica: portare R455A nella bassa temperatura industriale

Il refrigerante **R455A presenta un GWP di 146**, quindi drasticamente inferiore rispetto ai refrigeranti tradizionalmente utilizzati in applicazioni analoghe. Il confronto ambientale è immediato: rispetto a R449A il potenziale di riscaldamento globale si riduce di circa il 90%; rispetto a R507 e R404A la riduzione arriva nell'ordine del 96%.

Ma la sostenibilità da sola non basta. In un impianto industriale il refrigerante deve garantire portata, stabilità, controllo del surriscaldamento, gestione del glide, compatibilità con i compressori, sicurezza normativa e continuità operativa. R455A, classificato A2L, richiede inoltre un approccio progettuale attento alla **UNI EN 378**, alla carica, alla ventilazione, alla collocazione dei componenti e **ai requisiti di sicurezza**.

La vera sfida era **rendere questo impianto industrialmente efficiente ed affidabile**: capace di sostenere il carico termico del tunnel, reagire alle variazioni di produzione, mantenere i set-point durante le fasi di sbrinamento e durante i picchi di carico, nonché contenere i consumi, misurandoli e riportandoli al proprietario del sito produttivo.

## Architettura dell'impianto

Il sistema realizzato è una centrale frigorifera multi-compressore in espansione diretta R455A che alimenta un abbattitore a spirale per la surgelazione del pane. La configurazione è stata concepita per combinare potenza frigorifera, regolazione fine e massima efficienza nelle condizioni più severe.

Elemento	Descrizione
<b>Refrigerante</b>	R455A, A2L, GWP 146
<b>Applicazione</b>	Tunnel di congelamento a spirale - Linea 4 Oropan
<b>Produttività linea</b>	1.500 kg/h di pane, funzionamento 24/7
<b>Compressori</b>	3 compressori a vite BITZER da 125 HP cad.
<b>Evaporatori</b>	18 aereo evaporatori in acciaio inox, alimentati da valvole elettroniche
<b>Condensazione</b>	Raffreddatore/condensatore evaporativo
<b>Sbrinamento</b>	Gas caldo centralizzato a 4 tubi, a recupero energetico totale
<b>Controllo</b>	PLC, con gestione sequenza intelligente attivazione valvole elettroniche, controllo remoto globale e taratura avanzata PID

## Il lavoro dietro le quinte: bilanciamento fluidodinamico, valvole e controllo

La differenza tra un impianto semplicemente dimensionato e un impianto realmente efficiente nasce spesso nei dettagli che non si vedono: corretto **dimensionamento delle sezioni di ogni tubazione** e simmetria impiantistica, velocità del refrigerante, perdite di carico, attento studio del ritorno dell'olio, grazie a **progettazione di sifoni, contro sifoni e capillari ritorno olio** con attento controllo di geometria delle tubazioni, scelta e posizionamento delle valvole, logiche di apertura e chiusura, con focus: stabilità del surriscaldamento e della pressione di evaporazione.

In questo progetto le sezioni e la struttura delle tubazioni sono state curate in modo eccezionale. La rete frigorifera è stata concepita per avere perdite di carico minime e favorire la geometria dei flussi per uniformare l'alimentazione degli evaporatori e consentire ai compressori di lavorare in condizioni più stabili. La qualità del bilanciamento fluidodinamico ha avuto un effetto diretto sul comportamento energetico dell'intero sistema:



*Progettazione e realizzazione di sifoni, contro sifoni e capillari ritorno olio*

Il software di controllo non si limita ad accendere e spegnere utenze. Le **valvole vengono attivate secondo sequenze definite** per evitare richieste **intensive** di massa refrigerante e **prevenire picchi di potenza** sui compressori. In questo modo il sistema accompagna il carico: la centrale lavora con **transitori più morbidi**, minore stress meccanico e **maggiore stabilità di processo**.

Un ulteriore livello di affinamento è stato introdotto attraverso **la modifica dei parametri PID** delle centraline delle valvole termostatiche elettroniche (EEV). La taratura del controllo ha permesso di adattare la risposta delle EEV alla reale dinamica degli evaporatori, **evitando oscillazioni, sovralimentazioni e instabilità** tipiche delle applicazioni con grandi volumi e carichi variabili.

Il risultato è uno degli elementi più significativi del progetto: a regime, dopo la fase di bilanciamento, l'impianto ha **mostrato un assorbimento oltre 80 A** inferiore rispetto ai valori di riferimento ricavati dalle tabelle BITZER considerate per il dimensionamento. **È la prova che la progettazione accurata, quando scende nel dettaglio del comportamento reale del circuito, può superare la semplice somma dei dati di catalogo.**





*Dettaglio delle dorsali e delle tubazioni: il bilanciamento fluidodinamico e la qualità della distribuzione sono stati determinanti per il risultato energetico.*

## Sbrinamento a gas caldo a 4 tubi: energia recuperata, non consumata

Uno dei punti più qualificanti dell'impianto è il sistema di sbrinamento a gas caldo centralizzato a 4 tubi. In un tunnel di surgelazione continua, lo sbrinamento non è un accessorio: è una funzione critica che incide sulla disponibilità dell'impianto, sulla stabilità della temperatura, sulla qualità del prodotto e sui consumi elettrici.

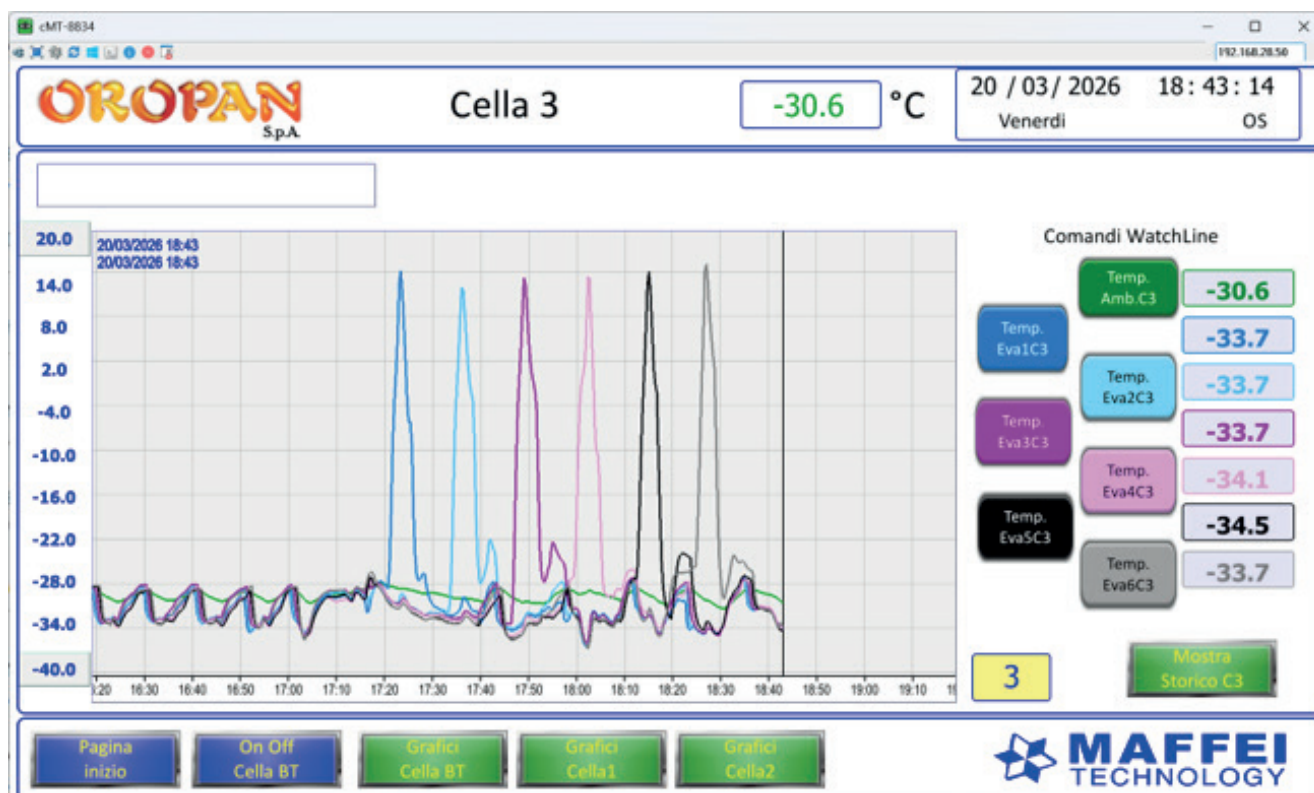
Nei sistemi tradizionali, lo sbrinamento elettrico richiede potenze dedicate elevate e introduce calore nel pacco evaporante attraverso resistenze localizzate. In questo caso, invece, il calore proviene dal gas caldo di mandata dei compressori: energia che, nel normale ciclo frigorifero, sarebbe comunque destinata alla condensazione e quindi ceduta all'ambiente.

La logica a 4 tubi permette di prelevare il gas caldo, indirizzarlo agli evaporatori da sbrinare mediante circuiti di valvole dedicati e reimmetterlo successivamente nel circuito di condensazione a temperatura più bassa. Il beneficio è doppio: la fase di sbrinamento avviene senza richiedere potenza termica elettrica aggiuntiva e, contemporaneamente, si riduce il carico da smaltire al condensatore.

Dal punto di vista energetico, il concetto è chiaro: il calore di sbrinamento è gratuito perché recuperato dal ciclo in funzione. Le resistenze restano limitate alle sole funzioni ausiliarie, come bacinelle e scarichi condensa, con consumo energetico drasticamente inferiore rispetto a uno sbrinamento elettrico convenzionale.

Il vantaggio non è solo economico. Il gas caldo distribuisce energia lungo l'intero sviluppo circuitale dell'evaporatore, sbrinando in modo più rapido, uniforme e completo. Questo riduce i tempi di indisponibilità delle batterie, migliora la pulizia termica dello scambiatore e consente al tunnel di mantenere la temperatura anche durante sequenze di sbrinamento articolate.

I test SAT hanno confermato proprio questo comportamento: durante i cicli completi di sbrinamento degli evaporatori, la temperatura ambiente del tunnel è rimasta stabile sul set-point, dimostrando che la funzione di sbrinamento è stata integrata nel processo e non subita come un'interruzione energeticamente penalizzante.



Tracciati di sbrinamento: la gestione a gas caldo consente cicli rapidi e stabilità della temperatura di processo.

# Raffreddamento olio e condensazione: efficienza anche nei sottosistemi

La ricerca di efficienza non si è fermata al circuito principale. **Il raffreddamento dell'olio dei compressori è stato realizzato tramite acqua di torre** e scambiatore a fascio tubiero, evitando il ricorso a sistemi di ventilazione elettrica dedicati. Anche in questo caso la filosofia è la stessa: utilizzare in modo intelligente ciò che l'impianto già rende disponibile, **riducendo le potenze accessorie** a favore del consumo energetico.

La condensazione evaporativa, controllata in modo proporzionale, contribuisce a mantenere pressioni coerenti con il carico reale e con le condizioni ambientali. La regolazione evita funzionamenti rigidi e inefficaci, riduce le perdite energetiche e consente alla centrale di seguire la domanda termica con maggiore precisione.

Queste scelte, sommate al controllo elettronico degli evaporatori e al bilanciamento della rete, spiegano perché il risultato finale non possa essere attribuito a un singolo componente. L'efficienza dell'impianto nasce dall'integrazione: compressori, valvole, tubazioni, torre di condensazione, gestione temperatura dell'olio, PLC e logiche di sequenziamento lavorano come un unico sistema.



## Risultati di collaudo: stabilità, assorbimento e continuità

Durante le prove SAT con temperatura di set abbattimento -30 °C, l'impianto ha evidenziato un **comportamento ideale** rispetto agli obiettivi progettuali. La rampa di raffreddamento ha portato i tre ambienti del tunnel in temperatura, con valori di cella esattamente a -30 °C, e il sistema ha **mantenuto stabilità** anche durante le fasi di **sbrinamento**.

Parametro	Valore / evidenza
Temperatura evaporazione misurata	circa -37,2 °C
Temperatura condensazione misurata	circa 40,2 °C
Temperature celle tunnel (C1-C2-C3)	C1 -30,2 °C; C2 -30,4 °C; C3 -30,7 °C
Assorbimento in transitorio iniziale a cella calda	381 A
Assorbimento in transitorio intermedio	373 A
Assorbimento a regime	223 A
Ore marcia al SAT	circa 76 h per ogni compressore
Evidenza di processo	temperatura stabile durante tutto il processo ed anche in tutti i cicli di sbrinamento

Il dato più interessante, in chiave industriale, è l'**assorbimento a regime**. In un impianto di questa taglia, alimentato da un refrigerante ritenuto complesso per questo campo di lavoro, raggiungere 223 A in condizioni stabilizzate è un risultato eccezionale. Ancora più significativo è il **confronto con le aspettative basate sulle schede tecniche**: il lavoro di ottimizzazione ha permesso di ridurre l'assorbimento di oltre 80 A rispetto ai riferimenti BITZER considerati.

Questo significa minore costo operativo, minore stress sui compressori, transitori più controllati e migliore qualità della regolazione. Ma significa anche qualcosa di più importante: **la tecnologia R455A, correttamente progettata e realizzata** in campo, non è soltanto compatibile con applicazioni industriali di grande potenza. Il costo economico di questa soluzione è paragonabile alle soluzioni classiche in phase-down con refrigeranti A1 (come R449A o R448A), con **consumi energetici migliorativi**.

## Perché questo impianto è un riferimento nel settore

Questo progetto è un successo importante per tutto il settore per almeno quattro ragioni.

La prima è **ambientale**: l'utilizzo di R455A (GWP 146) consente una riduzione drastica del GWP rispetto ai refrigeranti tradizionali, soddisfacendo il regolamento F-Gas, guardando all'immediato futuro industriale del settore.

La seconda è **tecnica**: un refrigerante classificato A2L a bassissimo GWP, viene qui impiegato in bassa temperatura industriale su una linea alimentare di notevoli dimensioni a produzione continua, quando progettazione e controllo vengono affrontati con competenze avanzate.

La terza è **energetica**: il risultato misurato a regime, insieme allo sbrinamento a gas caldo a recupero totale e al raffreddamento olio ad acqua di torre, conferma che sostenibilità e prestazione possono procedere nella stessa direzione.

La quarta è **industriale**: Dropan S.p.A. ha affidato a questa tecnologia il **cuore frigorifero di una linea strategica**. La scelta ha trasformato una sperimentazione inizialmente percepita come rischiosa in una piattaforma operativa critica per il processo ma concreta, continua e validata, mostrando efficienza e qualità nel raffreddamento.



*La centrale durante il pre-commissioning: integrazione tra compressori, torre evaporativa, distribuzione refrigerante e controllo automatico.*

## Conclusione: un nuovo standard è possibile, a basso impatto ambientale, elevata sicurezza, efficienza ed efficacia!

Ogni innovazione industriale autentica nasce quando una tecnologia smette di essere una promessa e diventa processo produttivo. Nel caso della nuova linea di surgelazione Oropan, **R455A è stato portato al limite**, integrato, controllato, bilanciato e validato in un'applicazione reale con criticità evidenti, sfidando le iniziali perplessità legate ad una applicazione mai realizzata prima con queste caratteristiche di **elevato spessore tecnico e prestazionale**.

Il progetto dimostra che la bassa temperatura industriale **può evolvere verso refrigeranti a bassissimo GWP senza rinunciare a potenza, continuità ed efficienza**. Dimostra anche che il successo non dipende da un singolo prodotto, ma dalla qualità dell'ingegneria che possibile grandi imprese.

Per il produttore del refrigerante, Solstice Advanced Materials, questo impianto rappresenta una prova sul campo di valore eccezionale: **R455A può sostenere un'applicazione severa in temperature di espansione molto basse**, e di notevole potenza. Per Oropan, rappresenta una **visione realizzata**: investire in una **tecnologia sostenibile** senza limitare il cuore della produzione. Per MAFFEI TECHNOLOGY S.r.l., è la conferma di una competenza progettuale capace di trasformare un'ipotesi considerata difficile in un risultato industriale misurabile.

La conclusione più forte è semplice: ciò che molti ritenevano non praticabile oggi lavora, produce e surgelazione dopo surgelazione dimostra che **un nuovo standard è possibile**.

*Ing. Emanuele Maffei*

### **Fonti tecniche utilizzate per la redazione**

- Relazione tecnica impianto di surgelazione Nuova Linea 4.
- Allegato tecnico MAFFEI Technology e relazione di progetto PRJ-ORP-24-11.
- Analisi rischi UNI EN 378 per installazioni con refrigeranti A2L.
- Schede tecniche compressori BITZER e aeroevaporatori LU-VE in R455A.
- Verbali SAT del 19/03/2026 e 20/03/2026.
- Dati integrativi forniti da MAFFEI Technology su bilanciamento, assorbimenti, logiche PLC e tarature PID.



*Per ulteriori informazioni tecniche e commerciali.*

**Marketing**  
marketing@generalgas.it

**Stefano Fedeli**  
s.fedeli@generalgas.it  
mobile +39 342 396 3799

**Andrea Ulivi**  
a.ulivi@generalgas.it  
mobile +39 342 842 6178

 [www.generalgas.it](http://www.generalgas.it)