



Cambiamenti climatici: i ghiacciai si ritraggono, l'acqua diminuisce, i raggi solari intrappolati aumentano l'effetto serra



F-GAS 2017: RIVOLUZIONE NEL TRASPORTO REFRIGERATO

G. CAVALIER
TECNEA-CEMAFROID
AFF – ASSOCIAZIONE FRANCESE DEL FREDDO

F-GAS 2017: RIVOLUZIONE NEL TRASPORTO REFRIGERATO

G.CAVALIER

Tecnea-Cemafruid President (www.cemafruid.fr), President of transport and storage section of International Institute of Refrigeration (IIR) (www.iiriif.org), President of Association Française du Froid (www.aff.asso.fr)

E. DEVIN

Cemafruid general director (www.cemafruid.fr), President of Tests stations commission (CERTE) of International Institute of Refrigeration (IIR) (www.iiriif.org)

Introduzione

Più di 1,3 miliardi di tonnellate di prodotti alimentari sono persi ogni anno nel mondo, con un forte contributo all'aumento dell'effetto serra. Due terzi di queste perdite avvengono nella catena di approvvigionamento professionale, prima di arrivare al consumatore finale. Solo 400 milioni di tonnellate di prodotti alimentari (circa il 7% del totale degli alimenti) sono refrigerati ogni anno, mentre dovrebbero esserlo circa 1,8 miliardi di tonnellate (il 30% della produzione mondiale). La mancanza di refrigerazione è chiaramente una delle cause di queste perdite. Conservare i prodotti alimentari sarà una delle soluzioni utili per nutrire il pianeta per i prossimi 40 anni e per ridurre radicalmente la fame e la malnutrizione nel mondo.

Il trasporto refrigerato è un elemento chiave nella gestione della catena del freddo. Anche se è molto utilizzato nei paesi sviluppati (con una media di 1 veicolo per 450 abitanti), risulta ancora poco utilizzato nei paesi in via di sviluppo, con un numero di veicoli refrigerati 10 volte minore. La flotta cinese, per esempio, che è minore rispetto a quella francese del 2016 (tenendo conto che la popolazione cinese è 20 volte più numerosa rispetto a quella francese), è stata quadruplicata durante questi ultimi 10 anni! Inoltre, anche altri paesi del mondo sperimentano un forte aumento della loro flotta di veicoli refrigerati. Perciò, il settore del trasporto refrigerato è e sarà in fortissima crescita mondiale nei prossimi anni.

Tale crescita è direttamente interessata dalla recente evoluzione delle norme relative agli F-Gas in Europa e dall'Emendamento di Kigali al Protocollo di Montreal che introduce un processo di eliminazione graduale (Phase-Down) e una restrizione nell'utilizzo degli HFC. La F-Gas europea nel 2015 e più recentemente l'Emendamento di Kigali al protocollo di Montreal rivoluzionano i veicoli refrigerati per il trasporto e, più in generale, le unità di refrigerazione. Il trasporto refrigerato è costituito dai sistemi a compressione di vapore con evaporatori per più del 95% del totale dei veicoli, mentre il restante 5% è costituito dalle piastre o dai tubi eutettici. La maggior parte utilizza HFC, tra i quali il "condannato" R404A che è il refrigerante più utilizzato (ad esempio, più del 95% della massa di carico della flotta francese è costituita da questo gas).

In questo contesto rivoluzionario, i costruttori di unità per il trasporto refrigerato stanno lavorando da alcuni anni su alternative a breve, medio e lungo termine. Come per ogni rivoluzione, nuovi players tentano di sfruttare questa opportunità per entrare nel mercato e rafforzare la propria posizione con nuovi prodotti.

La situazione attuale del trasporto refrigerato

Il monopolio degli HFC con alto GWP è destinato a concludersi. Nel 2013 abbiamo annunciato gli imminenti cambiamenti per le unità di refrigerazione per il trasporto; nel 2015 abbiamo dato una visione globale delle possibili soluzioni a breve, medio e lungo termine; nel 2017 possiamo descrivere i recenti e importanti cambiamenti, oltre a quelli imminenti, che stanno interessando e interesseranno le unità di refrigerazione e le casse isotermiche. Questa rivoluzione (e il divieto di utilizzare gli HFC) sarà accelerata dall'aumento del costo del refrigerante R404A in Europa e dalla decisione di una delle principali industrie chimiche di fermare la distribuzione di questo refrigerante.

Le unità di refrigerazione per il trasporto terrestre

La carica di F-Gas nelle unità attualmente circolanti per il trasporto refrigerato terrestre è costituita quasi interamente dall'R404A. Però, sono poche le nuove unità per il trasporto, vendute nei paesi sviluppati, ad essere equipaggiate con questo gas. Inoltre, non ci sono ulteriori sviluppi per questo refrigerante. La quantità di R404A impiegato nel trasporto refrigerato rappresentava circa 3.500 tonnellate nel 2015.

La maggior parte dei costruttori di unità per il trasporto refrigerato hanno scelto di sostituire, in breve termine, il refrigerante R404A con l'R452A: le caratteristiche termodinamiche sono uguali e tale sostituto ha una buona capacità di drop-in. La maggior parte delle unità esistenti sul mercato sono state "ricertificate" nel quadro dell'accordo ATP con il nuovo fluido, anche se le proprietà a lungo termine dell'R452A non sono ancora realmente conosciute. Se le prestazioni sono comparabili, non sono costanti e può verificarsi una lieve riduzione della capacità di refrigerazione. Tale riduzione è causata dalla principale differenza con l'R404A: l'R452A è una miscela con un glide di temperatura non trascurabile. La stessa situazione si incontra con l'R442A, scelto da alcuni costruttori poiché è una miscela di HFC e HFO e la sua compatibilità con gli olii esistenti è dimostrata. L'R442A è composto per il 30% da R-1234yf (2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en), per il 59% da R-125 (Pentafluorethan) e per l'11% da R-32 (Difluormethan). La sua formula chimica è quindi: $\text{CH}_2\text{F}_2 + \text{CHF}_2\text{CF}_3 + \text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$.

A causa del componente R32, il refrigerante R452 è leggermente infiammabile ed è stato classificato come un refrigerante A2L da ASHRAE. La composizione assicura però un compromesso accettabile tra GWP e infiammabilità.

Il refrigerante R442A viene considerato un buon drop-in grazie alla sua capacità volumetrica di refrigerazione e viene indicato come sostituto nelle unità di refrigerazione in servizio. Alcuni trasportatori hanno già deciso di sostituire sistematicamente l'R404A durante le operazioni di manutenzione, per evitare rischi nel breve periodo legati alla carenza di tale refrigerante o a costi extra per il suo acquisto.

Fino ad oggi non è stata proposta alcuna alternativa per sostituire gli altri HFC utilizzati nelle unità per il trasporto refrigerato terrestre, come l'R134 e l'R410.

Alcune soluzioni alternative sono disponibili con altre tecnologie, come le unità di refrigerazione criogeniche. Le apparecchiature a criogenia a iniezione diretta, testata negli anni '70 e sviluppata di nuovo alcuni anni fa, è stata nuovamente abbandonata per motivi di sicurezza. L'iniezione diretta di azoto nelle casse è infatti pericolosa per gli operatori. La criogenia indiretta, utilizzando N_2 o CO_2 , si sta sviluppando sul mercato con alcune soluzioni presentate da Air Liquide, Thermoking o Cryofridge. Non sarà mai una soluzione

universale e non sostituirà i sistemi a compressione in tutte le sue applicazioni, tuttavia presenta alcuni vantaggi quando la temperatura esterna non è troppo elevata.

La specificità dei container marittimi

La maggior parte del trasporto refrigerato marittimo è oggi realizzato con container marittimi. I container rappresentano l'80% del trasporto mondiale e costituiscono una parte sempre maggiore del trasporto refrigerato. La flotta mondiale di container marittimi refrigerati è di circa 2 milioni di TEU (indagine RTOC nel 2014).

L'R134A è il gas il più comune nel settore marittimo; la maggior parte dei costruttori lo utilizza per tutte le unità prodotte, perciò la rivoluzione non è così forte in questo settore. Il drop-in di R134A non è stato pianificato o organizzato fino ad oggi. Tuttavia, un'alternativa disponibile sul mercato è costituita dalla CO₂. Carrier propone infatti i suoi modelli Naturaline© che utilizzano tale fluido come refrigerante. Nonostante gli evidenti vantaggi per l'ambiente, questi modelli a CO₂ non avranno un forte successo per i costi extra legati a questa tecnologia, in un mercato (quello marittimo) fortemente concorrenziale.

Isolamento delle casse

La maggior parte dell'isolamento delle casse utilizzate nel trasporto refrigerato è costituito da schiuma PU, anche se si trovano ancora PSE. Le schiume PU erano inizialmente utilizzate negli anni '70 con i CFC (come l'R11), poi sostituiti dagli HCFC (come l'R141b) e infine dagli HFC (come l'R134A).

A partire dal 2005, la maggior parte delle schiume utilizzate in Europa sono costituite da idrocarburi, come il ciclo-pentano, o dalla CO₂. In numerosi paesi del mondo gli F-Gas continuano però ad essere utilizzati e la loro sostituzione nel breve periodo sarà una grande sfida. Le schiume PU senza F-Gas non sono ancora disponibili per tutti i costruttori dei paesi sviluppati e anche per l'Europa, dove vengono ancora utilizzate alcune schiume con R134A.

Prospettive a medio termine nel trasporto refrigerato

I costruttori di unità per il trasporto refrigerato non hanno interrotto la ricerca e lo sviluppo di alternative per il medio periodo. In seguito al nuovo Regolamento europeo F-Gas del 2015 e all'Emendamento di Kigali del 2016, la sfida europea diventerà globale, favorendo l'innovazione.

I fluidi alternativi

Prosegue la ricerca e lo sviluppo di nuovi fluidi in sostituzione degli HFC per il trasporto refrigerato e, soprattutto, per eliminare l'R404A.

L'alternativa più probabile nel medio termine sarà sicuramente la CO₂ o l'R744. Carrier Transicold, basandosi sulla propria esperienza nel trasporto refrigerato marittimo, ha già annunciato la realizzazione di test su nuovi semi-rimorchi. Inoltre, è stato presentato a Hannover nel 2016 il prototipo di un'unità di refrigerazione a CO₂. È molto probabile che nel corso dell'anno i sistemi a CO₂ a compressione di vapore siano sviluppati per gli autocarri e i rimorchi più potenti. Alcune ricerche mirano a trovare una soluzione per l'alta pressione del sistema a CO₂ transcritico. Un esempio è costituito dall'aggiunta di una piccola proporzione di HFO o di HC alla CO₂.

Pochi costruttori hanno testato gli idrocarburi nelle unità di refrigerazione a compressione. Transfrig in Sud Africa e Frigoblock in Germania hanno già realizzato test su queste tipologie di unità. Anche se esse costituiscono una buona alternativa dal punto di vista

termodinamico, sarà difficile utilizzarle per motivi di sicurezza. Il trasporto refrigerato ha vincoli molto più severi rispetto alla refrigerazione domestica o commerciale, settori dove invece gli idrocarburi sono già comunemente utilizzati.

Alcune imprese stanno effettuando test su nuovi fluidi come gli HFO o sulle loro miscele. Queste alternative sono già utilizzate per applicazioni nel condizionamento dell'aria, ma ci sono rischi per il loro utilizzo nel trasporto e nel condizionamento delle automobili. Altri test sono in corso su miscele di HFO e HFC e altri mix di HFC, ma ad oggi non ci sono segnali di soluzioni particolarmente interessanti.

Tecnologie alternative

Anche se non si ha una tecnologia alternativa “universale” attualmente in fase di test, alcune tecnologie potrebbero ben svilupparsi sul mercato.

I sistemi ad assorbimento sono in fase di test da parte di diversi costruttori. Alcuni sistemi termochimici per la refrigerazione sono già disponibili per piccoli container (come i dispositivi Coldway) e saranno sicuramente disponibili per i veicoli grazie ad un aumento della loro capacità di refrigerazione. Tali sistemi termochimici diventeranno una seria alternativa entro pochi anni, inizialmente per i van e successivamente (con molta probabilità) per gli autocarri.

È inoltre possibile che i sistemi criogenici estendano il loro campo di applicazione anche al trasporto. I costruttori stanno migliorando tali sistemi per aumentarne le prestazioni e permetterne l'installazione sui veicoli più piccoli.

Un'altra alternativa per alcune applicazioni può essere costituita dalla combinazione dei sistemi criogenici con quelli a compressione. Un progetto in fase di studio è la “Dearman machine”, per dimostrare le prestazioni e la capacità di refrigerazione di questa tecnologia.

Miglioramento dei sistemi esistenti e modifiche nella progettazione

Nel frattempo si cerca di ridurre la carica di refrigerante nelle attrezzature per la refrigerazione, migliorandone contemporaneamente le prestazioni. In questo modo è possibile ridurre le perdite di gas durante il normale funzionamento dell'impianto, in occasione delle manutenzioni o di eventuali incidenti.

Se il “phase down” degli HFC è il principale motore per lo sviluppo e il miglioramento delle tecnologie, non è l'unica forza motrice. Infatti, i costruttori sono sempre alla ricerca di miglioramenti, soprattutto nel campo del consumo energetico e in quello della potenza dei sistemi per la refrigerazione.

La tendenza principale è costituita dall'utilizzo di unità per la refrigerazione “no motor”, senza i motori diesel. Inoltre, le “full electric units” sono state sviluppate da nuovi costruttori sfruttando lo sviluppo delle batterie e dei compressori elettrici ad alta efficienza. L'installazione di un generatore sul motore del veicolo è stato proposto da anni da Frigoblock in Germania ed è ora disponibile anche da parte di altri fornitori. Infine, sono anche stati sviluppati sistemi idraulici utilizzando una connessione diretta con il motore del veicolo.

Prospettive a lungo termine per il trasporto refrigerato

Le alternative a lungo termine sono certamente meno conosciute, nonostante l'esistenza di diverse ricerche in corso. La rivoluzione nei refrigeranti avverrà presto. In una prospettiva a più lungo termine, l'obiettivo sarà la ricerca di una soluzione sostenibile nel tempo, in modo da ottenere un ricambio regolare dei gas refrigeranti ogni 10 anni! Queste ricerche introdurranno inoltre nuove tecnologie nel trasporto refrigerato, anche se i sistemi

a compressione di vapore continueranno a essere per molti anni la tecnologia più utilizzata nelle unità per il trasporto a temperatura controllata.

“Nuovi” refrigeranti naturali

L'utilizzo dei refrigeranti naturali (come la CO₂) sarà sicuramente sviluppato da diversi produttori, come già annunciato, ad esempio, da Carrier per gli autocarri e i rimorchi. Questa scelta sarà sicuramente seguita da altri costruttori, anche se appare difficile lo sviluppo di tutti i prodotti prima del 2025. Un set completo di unità indipendenti dovrebbe però essere disponibile prima del 2030. I refrigeranti naturali saranno inoltre largamente impiegati nel trasporto marittimo.

L'industria automobilistica sta sviluppando alcune soluzioni con la CO₂, che verranno sicuramente adottate anche per il trasporto refrigerato con unità a motore. Tale settore potrebbe però anche scegliere un nuovo refrigerante della famiglia degli idrocarburi fluorurati (HFO). Nonostante i problemi legati alla sicurezza, la soluzione scelta dall'industria automobilistica diventerà quella utilizzata per tutte le unità per il trasporto refrigerato per i veicoli leggeri. La produzione di massa di componenti per tale industria dà accesso a soluzioni realmente competitive anche per le unità per il trasporto refrigerato, che costituiscono circa il 50% della flotta totale. Le unità in servizio sono infatti circa 2 milioni, con 250.000 nuove unità per anno. Queste cifre sono però molto distanti dai numeri del condizionamento per auto, con 700 milioni di unità in servizio e 100 milioni di nuove unità costruite ogni anno nel mondo.

Per quanto riguarda le piastre eutettiche, l'utilizzo della CO₂ costituisce un'ottima soluzione, anche se il peso dei compressori può essere un problema per le macchine installate su piccoli autocarri con massa inferiore alle 3,5 tonnellate.

Alternative tecniche ai sistemi a compressione di vapore

I sistemi criogenici continueranno a essere sviluppati per applicazioni di nicchia. L'uso di nuovi materiali e nuove tecniche di produzione permetteranno un migliore controllo dei sistemi a ghiaccio secco, mentre la diffusione del freddo sarà sviluppata per i sistemi liquidi.

In una prospettiva a lungo termine, lo sviluppo di sistemi ad assorbimento offrirà alternative per alcune applicazioni utili per la distribuzione. I sistemi ad assorbimento, incluse le apparecchiature termochimiche, saranno certamente in grado di recuperare energia di scarto (per esempio, dagli scarichi dei veicoli), oppure di utilizzare l'energia solare.

La refrigerazione magnetica ha visto un fortissimo sviluppo negli ultimi dieci anni. La prima applicazione è recentemente apparsa sul mercato come prototipo per gli armadi professionali per la conservazione a freddo. Sono inoltre stati annunciati sviluppi in altre applicazioni, come il trasporto refrigerato. Anche se sarà necessario aumentare la durata di tali apparecchiature, in modo da poterle utilizzare con elevate temperature esterne, questa tecnologia sarà sicuramente una possibile alternativa nel lungo periodo.

Lo sviluppo di diversi sistemi eutettici caricati in sito costituisce una soluzione competitiva nel lungo termine per la distribuzione. Tali sistemi permetteranno infatti di ridurre la massa del dispositivo, aumentando il carico utile del veicolo. I sistemi eutettici permetteranno inoltre l'utilizzo dell'energia nel modo più efficiente.

Ultimo ma non meno importante: l'isolamento

La più importante rivoluzione a lungo termine potrebbe avvenire nell'isolamento. Le schiume PU, dopo aver sostituito negli anni settanta i tradizionali isolanti in sughero, hanno dominato il mercato del trasporto refrigerato negli ultimi 50 anni. Durante gli anni c'è stato un miglioramento nelle caratteristiche delle schiume, soprattutto nella stabilità, nella resistenza meccanica e nella durata nel tempo. Tali miglioramenti non sono però stati altrettanto evidenti nelle prestazioni isolanti, nemmeno con l'introduzione negli anni '90 di nuovi agenti rigonfianti per ridurre l'impatto sul buco dell'ozono e sul riscaldamento globale.

I pannelli sottovuoto sono stati testati su sistemi per il trasporto refrigerato e già utilizzati per gli imballaggi. Tali pannelli rappresentano una possibile alternativa alle attuali tecnologie per l'isolamento. Nuovi materiali sono stati utilizzati in diverse applicazioni: gli aerogel, ad esempio, hanno elevate performance isolanti ma, ad oggi, ridotte capacità meccaniche. Questo nuovo materiale è stato inoltre sviluppato per gli imballaggi e testato in container per il trasporto marittimo, con risultati molto interessanti.

Conclusioni

La rivoluzione annunciata nel trasporto refrigerato è già in corso. Il bipartitismo tra i due refrigeranti più diffusi, l'R404A e l'R134A, è destinato a concludersi. Si può dire che il "re" R404A è già stato spodestato da suo "fratello" R452A, ma anche i suoi "cugini" hanno la possibilità di spartirsi parte del regno. Nel lungo termine, la famiglia dei "refrigeranti naturali" e soprattutto la CO₂ parteciperanno a tale rivoluzione e chiederanno più potere.

Alcuni rivoluzionari richiedono un cambiamento più radicale nelle soluzioni proposte per il trasporto refrigerato e un nuovo regime. Essi propongono infatti di sostituire la monarchia parlamentare dei sistemi a compressione di vapore con una repubblica della refrigerazione, nella quale tutte le tecnologie saranno le benvenute, dalla compressione all'assorbimento, da Peltier all'effetto magnetocalorico, fino alle temperature estreme dei sistemi criogenici!

I prossimi anni saranno sicuramente molto interessanti per il trasporto refrigerato! Stiamo vivendo tempi moderni!

Bibliografia

- [1] Données DATAFRIG® base de données des engins de transport sous température dirigée français de l'autorité compétente ATP Cemafrroid.
- [2] G. Cavalier, «Sustainability in Transport Refrigeration Systems», Reference Module in Food Science, First Edition, 2016, Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03176-0>.
- [3] G. Cavalier, « Le Parc d'engins de transport sous température dirigée en France en 2015 », in Revue générale du froid n°1156 – mars 2016
- [4] V. Lasserre, G. Cavalier, T. Suquet, T. Michineau, «Quelles solutions de «drop-in» pour remplacer le R404a dans le transport ?», in Revue générale du froid n°1150 - mars 2015
- [5] G. Cavalier, «Refrigeration technologies to reduce food loss», World Cold Chain Summit 2015, Singapore 2-3 dec. 2015
- [6] x. G. Cavalier & E. Devin, «The impact of the new F-Gaz on refrigerated transport and the possible solutions», XVIth European Conference, Milano June 2015