

## **DIMOSTRAZIONE PRATICA DI MISCELE HFO A2L A BASSO GWP PER APPLICAZIONI DI REFRIGERAZIONE COMMERCIALE**

**Neil A. Roberts MInstR,**  
**Chemours U.K. Ltd.,**  
**Manchester, UK,**  
**[neil.a.roberts@chemours.com](mailto:neil.a.roberts@chemours.com)**

**Mark Hughes MInstR**  
**Chemours U.K. Ltd.,**  
**Manchester, UK,**  
**[mark.hughes@chemours.com](mailto:mark.hughes@chemours.com)**

### **Sommario**

Le normative ambientali come la direttiva F-Gas (EC 517/2014) che rendono necessaria la transizione a refrigeranti con un potenziale di riscaldamento globale (GWP) ancora più basso hanno incentivato l'introduzione di numerosi refrigeranti A2L infiammabili a basso GWP (<300). Misure di precauzione esagerate aumentano spesso il costo degli impianti senza che sia necessario e possono frenare la scelta di tali soluzioni importanti.

Questo documento presenterà un caso di studio nel quale è utilizzato un refrigerante A2L (R-454A) per applicazioni di refrigerazione commerciale in un supermercato dove è presente un impianto di concezione simile a quella dei refrigeranti A1 utilizzati comunemente per questo tipo di applicazione.

Saranno presentati gli aspetti quali la carica massima, la scelta dei componenti, la conformità alla norma EN 378 e ai regolamenti sulla sicurezza in vigore nel Regno Unito oltre alle prestazioni del sistema e le indicazioni sul costo dell'attrezzatura rispetto a tecnologie alternative basate su installazioni in funzione nei supermercati.

Il documento mostrerà inoltre che i requisiti di sicurezza per l'utilizzo di refrigeranti A2L, benché più severi che per i prodotti non infiammabili, sono molto meno onerosi che per i prodotti infiammabili di classe A3.

### **Introduzione**

La legislazione ambientale come la direttiva europea sui gas fluorurati F-Gas (EC 517/2014) insieme alla necessità di passare a refrigeranti a potenziale di riscaldamento globale (GWP) più basso ha incoraggiato molti rivenditori a rivalutare i loro piani futuri per i sistemi di refrigerazione. Con il phasedown degli HFC che implica la limitazione della disponibilità di refrigeranti con GWP elevati, e le restrizioni legate alla messa al bando finale che richiedono dei refrigeranti con un GWP <150 per i nuovi sistemi di capacità >40kW dopo il 2022, è necessario un'attenta riflessione sui refrigeranti e sulla tecnologia necessaria per raggiungere questi traguardi.

Molti rivenditori stanno investendo in sistemi a base di anidride carbonica o di idrocarburi come soluzioni di refrigerante a basso GWP, ma alcuni di loro non sono convinti che i benefici complessivi di queste scelte offrano la soluzione ottimale.

La catena di supermercati ASDA nel Regno Unito è uno di questi. Per Asda, era fondamentale scegliere una soluzione che non solo avesse un GWP inferiore, ma che potesse anche mantenere le prestazioni dei prodotti sostituiti. In particolare, l'efficienza energetica costituiva un elemento importante poiché le maggiori emissioni indirette dovute all'aumento del consumo energetico avrebbero potuto ridurre notevolmente qualsiasi

beneficio netto derivante dall'abbassamento del GWP. Come già accennato, una soluzione comune utilizzata da molti rivenditori è l'adozione di sistemi transcritici basati su CO<sub>2</sub>. ASDA ha esaminato attentamente questa opzione, concludendo che non soddisfaceva né i requisiti prestazionali (incluso il rischio operativo) né i criteri di sicurezza stabiliti per nuove tecnologie. Inoltre, ASDA ricercava, per quanto possibile, di non discostarsi dalle caratteristiche operative dei comuni HFC come l'R404A e l'R407F, e dalle miscele HFO A1 come l'R448A e l'R449A utilizzate per il retrofit di sistemi esistenti.

Con questi criteri di selezione, ASDA ha riconosciuto che c'erano 2 potenziali prodotti in grado di soddisfare i loro requisiti, l'R454A e l'R454C. Tuttavia entrambi questi prodotti sono classificati dalla norma ISO 817 come A2L, ovvero leggermente infiammabili.

### Considerazioni sulla scelta del refrigerante

L'R454C, caratterizzato da un GWP pari a 148, è stato sviluppato per le applicazioni dove è richiesto un GWP inferiore a 150 in conformità alle nuove regolamentazioni F-Gas. Tale prodotto presenta un ottimo livello prestazionale e può essere utilizzato laddove si renda necessario un più basso GWP per i nuovi sistemi in sostituzione dei refrigeranti A1 con un più alto GWP, incluso l'R-404A. Per il progetto ASDA, che comprende sistemi di capacità inferiore a 40 kW, non era necessario scegliere un refrigerante con un GWP inferiore a 150 e l'R-454A era la soluzione adatta. Tale refrigerante presenta un GWP leggermente più elevato (238) ed è stato sviluppato per fornire una soluzione in linea con le caratteristiche prestazionali dell'R-404A e i suoi sostituti A1 per nuovi impianti. Il GWP di 238 è abbastanza basso da garantire un futuro sostenibile a lungo termine in nuovi impianti, rispettando i rigorosi requisiti operativi di ASDA. Le prestazioni teoriche rispetto all'R-404A sono mostrate di seguito (Figura 1).

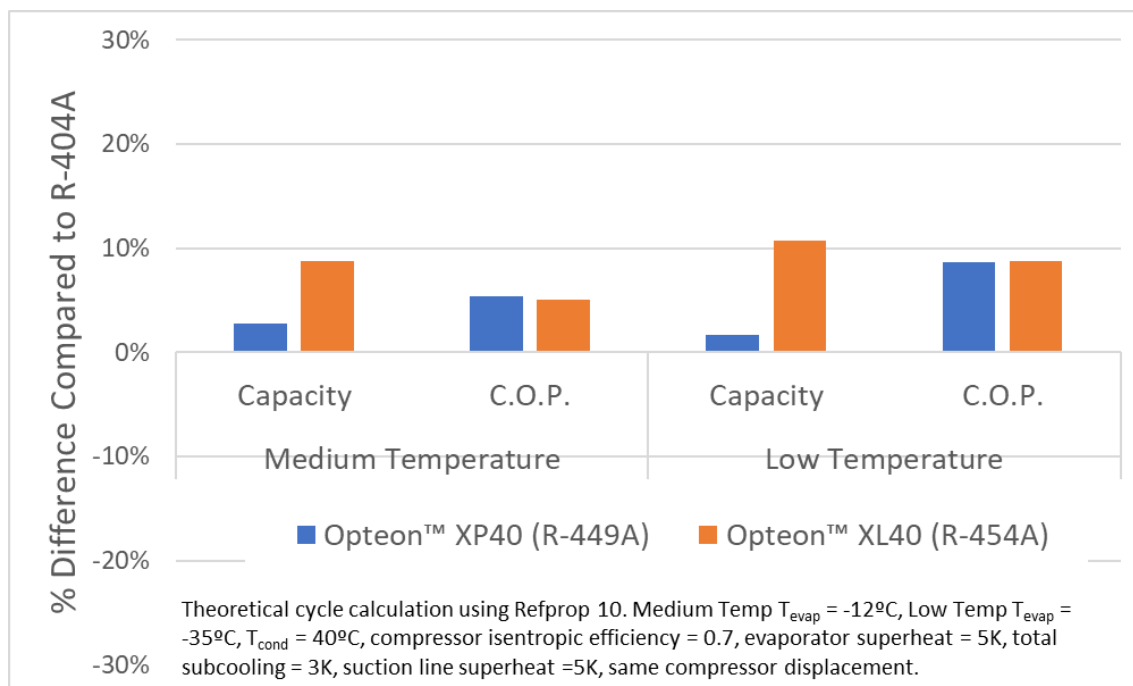


Figura 1 - Prestazioni teoriche dell'R-449A e dell'R-454A rispetto all'R404A

ASDA ha preso la decisione di testare il refrigerante in un impianto esistente in una zona ad accesso controllato: il Merchandising Center of Excellence (MCE) di ASDA a Leeds, per una durata di sei settimane. I risultati di questo primo test sono stati eccellenti. Non è stato necessario cambiare le impostazioni del sistema, che in precedenza funzionava con il refrigerante R-448A ed è stato stabilito quasi immediatamente che tramite una semplice ottimizzazione nella regolazione sarebbe stato possibile aumentare l'efficienza senza nuocere alle prestazioni del sistema. Sulla base di questi risultati, ASDA e i suoi partner sono passati alla fase successiva, ovvero un test nel nuovo MCE a Pentair, Leeds. Per questa prova, Hubbard Products ha progettato e sviluppato un nuovo sistema per garantire la conformità alle normative ATEX e DSEAR. Due impianti indipendenti sono stati incorporati in un unico sistema, e l'ottimizzazione del sistema ha permesso di ridurre al minimo la carica. L'obiettivo era quello di garantire che il singolo sistema corrispondesse alle dimensioni attuali e alla capacità dell'impianto a media temperatura di 80 kW, rispettando le indicazioni fornite dalla norma BS EN-378.

L'allegato C della norma EN378-1:2016 stabilisce i criteri per determinare la carica di refrigerante massima consentita. Nell'allegato C, la tabella C.2 riguarda specificamente l'uso di refrigeranti classificati A2L. I calcoli che determinano la carica sono eseguiti assegnando categorie specifiche di frequentazione dei locali, classificazioni di Luogo ed Applicazione. "Altre Applicazioni" copre l'uso di refrigeranti A2L per la refrigerazione commerciale. Nell'allegato C.3 della norma EN 378:2016 sono previste disposizioni che consentiranno l'utilizzo di cariche maggiori di refrigeranti A2L per altre applicazioni, a condizione che siano implementate misure di sicurezza supplementari.

Devono essere adottate misure precauzionali supplementari quali la ventilazione (naturale o meccanica), valvole attivate da sensori di fughe di gas o allarmi di sicurezza in combinazione con un dispositivo di rilevamento delle perdite. Come si può vedere nella figura 2, l'applicazione delle misure protettive aggiuntive richieste è in relazione a un carico massimo superiore a 50 kg.

### **Considerazioni sulla valutazione del rischio e dell'infiammabilità**

Il rispetto della norma EN 378:2016 non preclude lo sviluppo di una valutazione del rischio. Sebbene tale requisito sia spesso trascurato, è sempre stato necessario eseguire valutazioni del rischio per qualsiasi apparecchiatura che utilizzi refrigeranti, a prescindere dalla classificazione di infiammabilità. L'uso di refrigeranti infiammabili comporta ovviamente potenziali rischi aggiuntivi e pertanto qualsiasi processo standard di valutazione del rischio utilizzato per i refrigeranti A1 deve essere rivisto per garantire che la valutazione dei rischi legati all'infiammabilità sia completa. Per il progetto ASDA sono state eseguite delle valutazioni individuali dei rischi in tutte le fasi, da quelle di progettazione e di produzione fino alle fasi di installazione/smantellamento, manutenzione e normale utilizzo. È stata applicata la metodologia di valutazione del rischio, incluso ATEX, con l'aiuto degli esperti dell'azienda di consulenza Business Edge. Le conoscenze acquisite stanno fornendo uno standard sia ad ASDA e ai suoi partners, sia agli utenti della refrigerazione commerciale più generalmente interessati all'applicazione della tecnologia A2L. All'interno dell'Unione Europea, la direttiva ATEX 137 sui luoghi di lavoro (1999/92/CE) è la disposizione principale da prendere in considerazione. Questa direttiva sarà implementata a livello nazionale in ogni paese e può assumere denominazioni

diverse, ad es. nel Regno Unito, la direttiva ATEX 137 esiste sotto il nome di DSEAR “The Dangerous Substances and Explosive Atmosphere Regulations”.

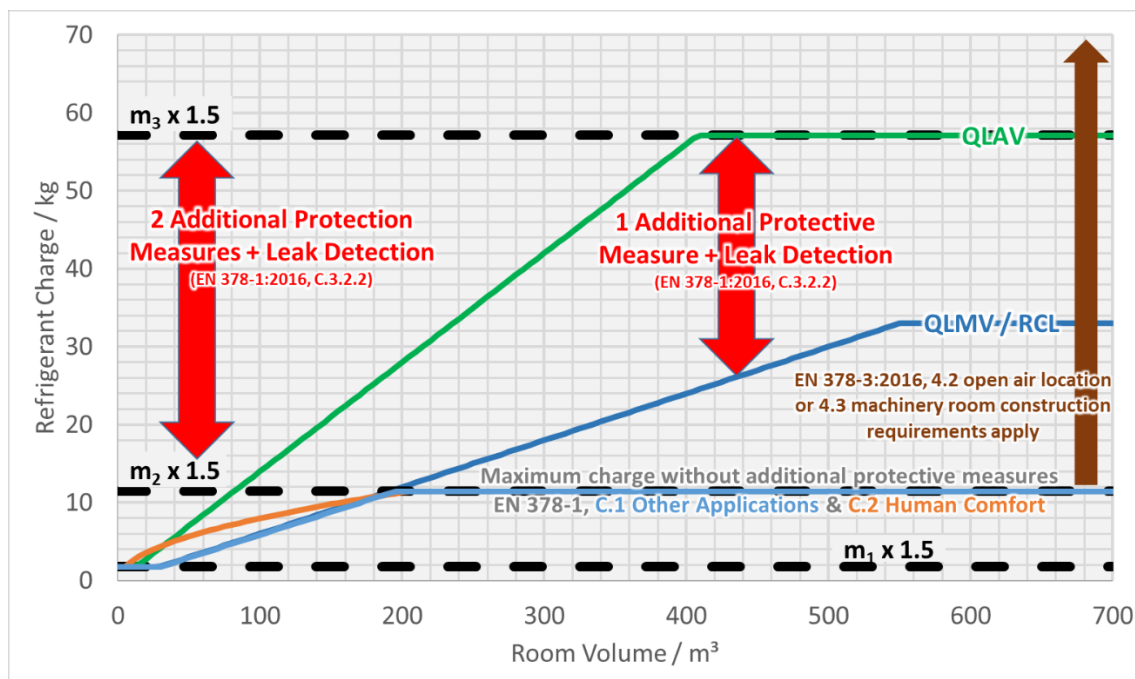


Figure 2 - Charge Size Calculations for R-454C within EN 378

È interessante notare che il regolamento DSEAR nel Regno Unito richiede una valutazione del rischio DSEAR (ATEX) per qualsiasi gas pressurizzato, sia esso infiammabile o meno, il che significa che il processo di valutazione del rischio quando si utilizza un refrigerante leggermente infiammabile non è fondamentalmente diverso dall'uso di un refrigerante non infiammabile, sebbene l'uso di un refrigerante infiammabile potrebbe aggiungere una certa complessità al processo. Va notato che in alcuni paesi possono esistere requisiti nazionali aggiuntivi e gli utenti dovrebbero assicurarsi che anche questi vengano presi in considerazione. I principi fondamentali alla base della valutazione del rischio, per quanto riguarda la formazione di possibili situazioni a rischio di esplosione, sono delineati nella norma EN 60079-10-1: 2015, che richiede l'identificazione di:

- possibili sorgenti di innesco,
- probabilità, frequenza e durata di ogni innesco,
- operatività dei sistemi di ventilazione,
- tipologia di zona (atmosfera esplosiva potenzialmente presente sempre, occasionalmente o non durante il normale funzionamento),
- estensione (dimensioni) della zona.

Le principali fonti di innesco da considerare per le applicazioni di refrigerazione sono quelle che producono energia sotto forma di calore, elettricità, meccanica e chimica. Un elenco completo e una descrizione delle potenziali fonti di innesco sono consultabili nella norma EN 1127-1: 2012.

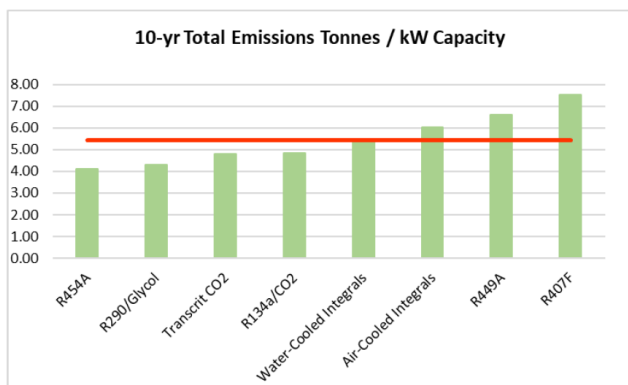
Una volta definite le zone, tutte le potenziali fonti di innesco all'interno della zona devono essere identificate e rimosse, o delle verifiche devono essere attuate per evitare che si verifichi un innesco nel caso sia presente una condizione di atmosfera esplosiva. Le proprietà di infiammabilità dei refrigeranti A2L sono significativamente diverse da quelle dei refrigeranti A3 come il propano. Molte fonti potenziali di innesco per il propano non lo sono per molti dei refrigeranti A2L. I risultati dei test eseguiti dall'Istituto di Climatizzazione, Riscaldamento e Refrigerazione (AHRI – rapporto n. 8017) mostrano chiaramente che molti apparecchi elettrici domestici e persino scintille di attrito e sigarette accese non possono essere considerati fonti di innesco quando si utilizzano refrigeranti A2L. Durante i test, si è in effetti constatato che le sigarette sono state spente direttamente dal refrigerante entro due minuti dal posizionamento all'interno della miscela di refrigerante infiammabile.

### **Dati sulle prestazioni iniziali della prova**

La sperimentazione nel nuovo MCE è iniziata a febbraio 2019 e consisteva in due sistemi appositamente costruiti da Hubbard utilizzando compressori forniti da Emerson approvati per l'uso con refrigeranti a miscela HFO. I sistemi fornivano <40KW e contenevano circa 40Kg di refrigerante. Un sistema utilizzava l'R-448A, una miscela HFO A1, e l'altra l'A2L a basso GWP R-454A. Oltre a un test comparativo delle prestazioni del refrigerante A2L, la configurazione è stata utilizzata come banco di prova per le valutazioni del rischio, tra cui DSEAR e in particolare per le misure volte a mitigare il rischio in tale sistema. Questi includevano la ventilazione, il rilevamento delle perdite e lo sviluppo di un protocollo di spegnimento nel caso venisse rilevata una perdita. Ciò ha anche offerto l'opportunità di ottimizzare la progettazione della vetrina espositiva per contenere i refrigeranti A2L, compresa l'installazione di apparecchiature per il rilevamento delle perdite.

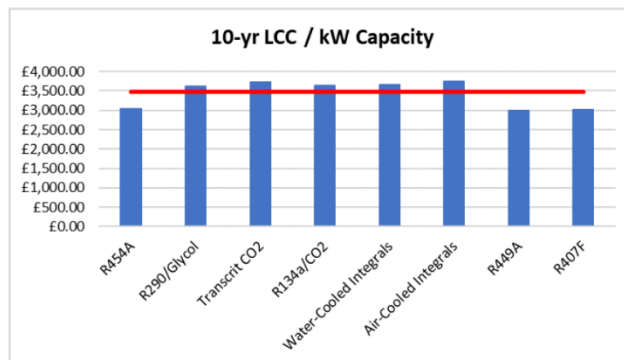
I dati relativi al monitoraggio del consumo energetico sono stati raccolti dai consulenti di Wave. Le misure sono state effettuate sui due sistemi a temperatura media in seguito all'ottimizzazione dei set point e basati su carichi comparabili per garantire un confronto valido su un periodo di funzionamento stabile. L'analisi dei dati effettuata da Wave ha mostrato un risparmio energetico del 3,65% sul sistema funzionante con Opteon™ XL40 R-454A rispetto a quello con l'R-448A. Ciò ha anche confermato che le miscele HFO A1 R-448A e R-449A mostrano prestazioni energetiche significativamente superiori rispetto all'R-404A nel funzionamento a media temperatura e l'implementazione del refrigerante A2L R-454A ha offerto un ulteriore sensibile miglioramento.

Considerando i benefici per il consumo di energia, la maggiore carica (e quindi un sistema con capacità maggiore) e le modifiche minori richieste per il sistema, uno studio molto recente commissionato da Chemours ha dimostrato che rispetto ad altre tecnologie con GWP bassi, l'utilizzo di miscele HFO A2L a bassissimo GWP fornisce le più basse emissioni totali e il più basso costo del ciclo di vita per kW di raffreddamento (figure 3 e 4) su un periodo di 10 anni.



Indicates the Average value (5.45)

Figure 3 - Total Emissions vs Technology comparison



Indicates the Average value (£3,483.20)

Figure 4 – Life Cycle Cost vs Technology comparison

## Conclusioni

Questo progetto ha dimostrato che l'utilizzo di miscele A2L a bassissimo GWP in sistemi di refrigerazione commerciale è un'opzione sicura e valida per sostituire i tradizionali refrigeranti ad alto GWP (ad esempio l'R-404A) che richiede modifiche minime del sistema.

Il rispetto delle normative ambientali come il regolamento F-Gas in Europa e l'emendamento di Kigali al protocollo di Montreal e degli standard e le norme di sicurezza come EN378 e ATEX non ostacola l'utilizzazione e non richiede necessariamente capitale aggiuntivo o costi di gestione eccessivi per ottenere la riduzione obbligatoria del GWP del refrigerante.

L'analisi di una serie di altre tecnologie, tra cui l'anidride carbonica e gli idrocarburi, ha dimostrato che le miscele A2L HFO a bassissimo GWP possono avere le emissioni totali più basse e i costi del ciclo di vita più bassi. Ciò significa che l'uso diffuso di questa tecnologia avrà non soltanto un maggiore impatto sulla diminuzione delle emissioni provenienti dai sistemi di refrigerazione e responsabili dei cambiamenti climatici ma anche il più basso impatto sui costi.