

# GLI EFFETTI DELLE NORMATIVE NELLA PROGETTAZIONE DI POMPE DI CALORE CON REFRIGERANTI A BASSO GWP

Francesco Fadigà - G.I. Industrial Holding

## Introduzione

Il mercato del HVAC sta vivendo un periodo di grande fermento: il livello dell'asticella, in materia di impatto ambientale e di efficienza energetica, si sta alzando velocemente ponendo obiettivi via via sempre più sfidanti che impongono a tutti gli operatori del settore quali, produttori di apparecchiature, progettisti, installatori e manutentori, un cambio di mentalità e di passo: la rapidità di reazione rappresenta il catalizzatore per vincere la sfida.

## Il ciclo storico dei refrigeranti e la strategia di intervento

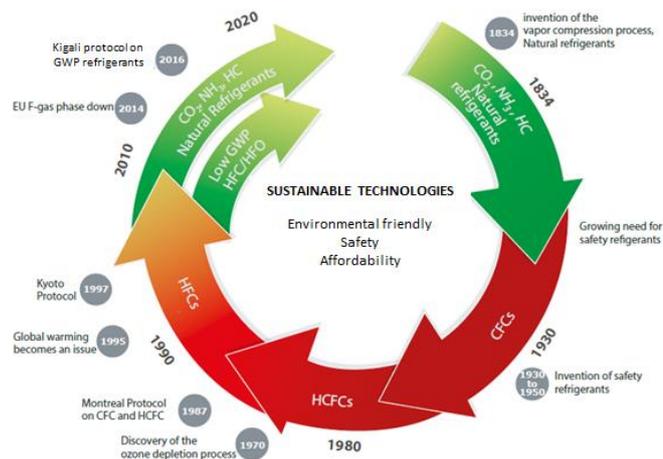


Figura 1: il ciclo storico dei refrigeranti

Il ciclo storico dei refrigeranti riportato in Figura 1, manifesta la necessità di adottare soluzioni atte a minimizzare l'impatto ambientale da parte delle tecnologie del HVAC, sfruttando quella che è stata la curva di apprendimento nei confronti dei fluidi frigoriferi.

Si è partiti, circa 200 anni fa, da refrigeranti infiammabili e tossici per sviluppare sostanze sintetiche sicure quali, i CFC e gli HCFC i quali però, essendo caratterizzati da elevati valori di ODP e GWP, si sono rivelati dannosi sia per la riduzione dello strato di ozono sia per l'incremento del riscaldamento globale.

Si è fatto un balzo in avanti sviluppando dei refrigeranti sostitutivi, gli HFC, i quali benché caratterizzati da valori di ODP pari a zero presentano però un valore di GWP ancora medio – alto.

Da una analisi completa di tali sostanze è emerso che, mentre l'impatto dovuto alle perdite degli HFC in atmosfera potrebbe non rappresentare uno dei fattori principali del riscaldamento globale, al contrario il loro crescente consumo, specialmente all'interno

delle apparecchiature per la climatizzazione, necessariamente renderà gli HFC il contributo maggiormente significativo al riscaldamento globale.

Ciò ha comportato, che le istituzioni imponessero l'adozione di misure di contrasto al fenomeno che si articolino su più piani:

- **RIDUZIONE IMPATTO DIRETTO.** Riduzione progressiva della quantità massima di HFC e di CO<sub>2</sub> equivalente che può essere immessa nel mercato, attraverso il meccanismo di assegnazione di quote ad ogni produttore/ importatore e la promozione dell'utilizzo di refrigeranti a basso GWP (Regolamento UE n° 517/2014 meglio nota come Direttiva F-Gas);
- **RIDUZIONE IMPATTO INDIRETTO.** Riduzione del consumo di energia primaria legato al funzionamento delle apparecchiature attraverso l'innalzamento dei loro valori di prestazione (Direttiva ErP -EcoDesign).

### Refrigeranti a basso GWP: le soluzioni ed i criteri di scelta

Nell'interesse comune è necessario fornire, nel più breve tempo possibile, delle alternative "sostenibili" ai refrigeranti attualmente in uso (R410A e R134a) anche qualora tali soluzioni dovessero rappresentare un punto di passaggio, risultando quindi applicabili e valide nel breve-medio periodo.

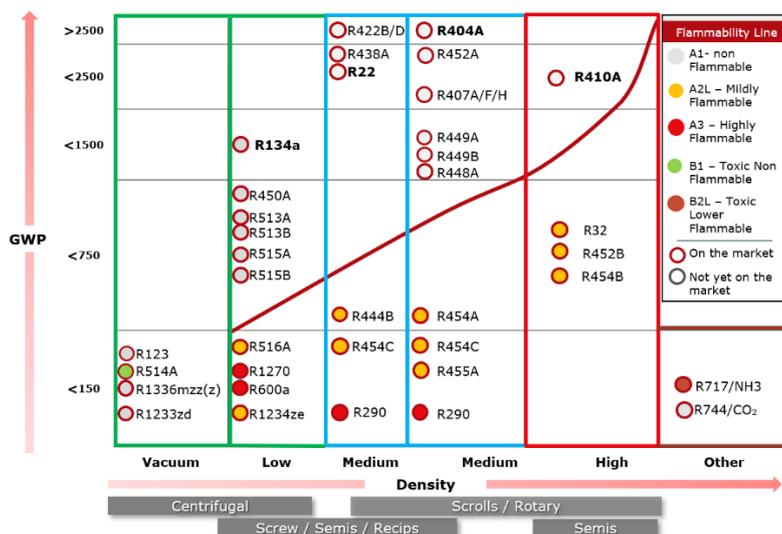


Figura 2: catalogazione dei refrigeranti

Nella Figura 2 è rappresentata una catalogazione dei principali refrigeranti del mercato, in base alla tipologia di compressore, al valore di GWP, alla densità ed al livello di infiammabilità / tossicità.

Ed è in tale tabella che vanno ricercate le nuove sostanze da utilizzare: come si evince da tale grafico per ridurre sensibilmente in GWP si incrocia la linea dell'infiammabilità e dobbiamo quindi confrontarci con refrigeranti che diventano o infiammabili o tossici.

Ma sulla base di quali strategie e ragionamenti?

Una valida metodologia di scelta di un nuovo refrigerante si basa, come illustrato in Figura 3, su tre parametri principale: il rispetto dell'ambiente, l'accessibilità e la

sicurezza. Più si riescono ad armonizzare tali parametri più il refrigerante avrà una valenza sul lungo termine.

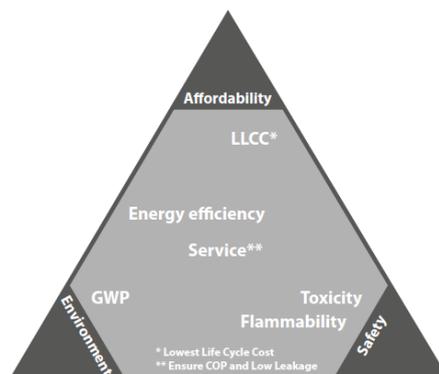


Figura 3: il triangolo della sostenibilità del refrigerante

### Le possibili alternative al refrigerante R410A

In Figura 4 sono riportate le possibili alternative al refrigerante R410A riportandone le principali caratteristiche e differenze: Si tratta di miscele di HFO e HFC, come nel caso del R452B e R454B, e di HFC puro come nel caso dell'R32.

Refrigerante	U.M.	R410A	R452B	R454B	R32
Descrizione commerciale	-	R410A	Opteon™ XL55 (DR55) Solstice®L41y	Opteon™ XL41 (DR5A)	R32
Categoria	-	MISCELA HFC	MISCELA HFO/HFC	MISCELA HFO/HFC	HFC
Composizione	-	R32 - 50% R125 - 50%	R32 - 67% HFO1234yf - 27% R125 - 7%	R32 - 68,9% HFO1234yf - 31,1%	R32
GWP <sub>100AR4</sub>	kg CO <sub>2</sub> EQ	2088	698	467	675
GWP <sub>100AR5</sub>	kg CO <sub>2</sub> EQ	1924	676	467	677
ODP	-	0	0	0	0
Classe di sicurezza	-	A1	A2L	A2L	A2L
LFL (Low Flammable Limit)*	Vol %	-	11,9	11,2	12,7
UFL (Upper Flammable Limit)**	Vol %	-	23,3	22,0	33,4
Burning velocity (velocità di propagazione della fiamma)	cm/s	-	3	3,7	6,7
Prestazioni: capacità frigorifera nominale vs R410A	-	100%	98%	96%	105%
Efficienza: EER vs R410A	-	100%	101%	100%	101%
Temperatura di scarico	°C	78	82	83	95

Figura 4: alternative al refrigerante R410A

La G.I. Industrial Holding, a seguito dell'analisi sviluppata in base ai criteri riportati nel "Triangolo della sostenibilità del refrigerante" (vedi Figura 3), ha puntato sull'utilizzo del R452B per i seguenti principali motivi:

- l'R452B è il fluido con le caratteristiche più simili al R410A:
  - è caratterizzato da pressioni massime di condensazione di poco inferiori a quelle del R410A e di circa 2 bar inferiori a quelle dell'R32;
  - ha temperature di scarico compressore più basse rispetto a quelle del R32, anche di 20°C-30°C in funzionamento in pompa di calore: ciò comporta che con l'R32 si debba utilizzare compressori appositamente progettati per tale refrigerante che utilizzino un olio lubrificante specifico;

- l'R452B è quindi compatibile, a differenza dell'R32, anche nell'uso in pompa di calore e in unità polifunzionali a 4 tubi, consentendo la realizzazione di una gamma completa di unità con compressori scroll da 50kW a 1500kW;
- l'R452B ha un GWP ed una burning velocity leggermente minore al R32;
- l'R452B è facilmente reperibile, essendo una miscela di refrigeranti ampiamente diffusi nel settore automotive e nel condizionamento, ed è fornito da diversi produttori: ciò garantirà stabilità del prezzo e di disponibilità di approvvigionamento;
- l'R452B permette di realizzare macchine frigorifere che, a parità di potenza frigorifera, presentano medesimi pesi ed ingombri in pianta di quelle realizzate con L'R410A;
- R452B presenta efficienze medie stagionali e resa frigorifera superiore rispetto al R454B che per contro ha un valore di GWP leggermente inferiore; allo stato attuale si presenta quindi come miglior compromesso per ridurre GWP mantenendo elevate efficienze ed economicità delle apparecchiature.

### **Sviluppo di unità con R452B: aspetti Applicativi, Economici e di Set Up industriale**

Tale scelta si configura come un "simil drop-in" ed ha comportato le seguenti attività:

- analisi e classificazione delle unità secondo EN 60079-10-1:2015;
- omologazione e qualifica tecnica e prestazionale di tutta la componentistica con il nuovo refrigerante;
- certificazione CE delle nuove gamme di prodotto;
- adeguamento del set-up industriale per l'utilizzo di tali refrigeranti.

Il tutto è stato realizzato tessendo una fitta rete di collaborazioni con i produttori dei refrigeranti e della componentistica al fine di sviluppare e validare i componenti come multi refrigerante. La selezione dei Fornitori/Partner è stata determinante per il conseguimento dell'obiettivo in termini di tempo e di prestazioni.

Il tema più "delicato", nella sostituzione del refrigerante R410A, è rappresentato dalla classe dei refrigeranti alternativi i quali ricadono, tutti, nella classe A2L cioè dei refrigeranti a Bassa Infiammabilità e Non Tossici.

"Bassa Infiammabilità" A2L significa che tali fluidi refrigeranti sono infiammabili unicamente in determinate condizioni di temperatura e concentrazione e presentano una velocità di propagazione della fiamma inferiore a 10 cm/s (0,36 km/h); tale concetto è recepito negli Standard dei refrigeranti (ANSI/ASHRAE 34-2016 "Designation and Safety Classification of Refrigerants" e ISO 817: 2014 "Refrigerants - Designation and safety classification") a loro volta richiamati negli Standard applicativi relativi alla sicurezza delle apparecchiature ed installazioni (EN 378:2017 "Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali; ISO 5149:2014 "Refrigerating systems and heat pumps -- Safety and environmental requirements Definitions, classification and selection criteria"; ASHRAE 15: 2016 "Safety Standard for Refrigeration Systems"). A tutt'oggi mancano però ancora alcune linee guida a livello

applicativo e Standard **specifici** che ne regolino il loro utilizzo ed effettuino necessarie differenziazioni ai fini pratici, rispetto all'utilizzo dei refrigeranti in Classe A2 (Moderata infiammabilità) e A3 (Alta infiammabilità).

Ad esempio la Direttiva PED (Pressure Equipment Directive) non distingue tra refrigeranti A2L a Bassa infiammabilità e refrigeranti Moderatamente / Altamente infiammabili (A2/A3) in quanto classifica le sostanza in 2 soli gruppi:

- Fluidi Gruppo 1 "Pericolosi": rientrano in questo gruppo, i fluidi refrigeranti A2L (R452B, R454B, R32), A2 (R152A) e A3 (R441A, R443A, R290);
- Fluidi Gruppo 2 "Non Pericolosi": rientrano in questo gruppo i fluidi refrigeranti R134a, R410A ed R513A.

Il mancato riconoscimento di un differente livello di infiammabilità dei diversi refrigeranti, chiama in causa tutta una serie problematiche applicative, caratterizzate da risvolti particolarmente onerosi per le aziende di seguito sintetizzati.

L'appartenenza del R452B al Gruppo 1 congiuntamente con una pressione massima ammissibile PS > 40 bar, porta i recipienti in pressione (scambiatori di calore, ricevitori di liquido, ecc.) e le tubazioni ad una categoria PED superiore rispetto a quella associata all'R410A (gruppo 2).

Dalla Tabella 1, si evince che la stessa tubazione se utilizzata con:

- R410A risulta esclusa dalla PED (Articolo 4, Paragrafo 3);
- R290 (propano), fluido in classe A3 (altamente infiammabile/esplosivo) - Gruppo 1 ricade in Cat. I;
- fluidi A2L come R452B o R32 - Gruppo 1 ricade in Cat. II imponendo regole, controlli e metodologie di test molto più stringenti sulla tenuta e resistenza del piping.

Descrizione	u.m.	R410A	R452B	R290 (propane)
Gruppo		2	1	1
Infiammabilità		A1	A2L	A3
PS	bar	45	45	23
DN	mm	32	32	32
PSxDN		1440	1440	805
PED Cat		Art.4 Par.3	II	I

Tabella 1: caratterizzazione delle tubazioni

Quindi la tubazione utilizzata con il fluido meno pericoloso A2L prevede test molto più complessi ed onerosi rispetto a quelle utilizzate con fluido A3.

Di fatto ricadere con il piping in Cat. II impone, sulla base della norma EN 14276-2 richiamata dalla EN 378-2 Par.6.3, test di tenuta per tutto l'insieme e sul 100% della produzione ad una pressione, pari a

$$1,43 \times PS = \mathbf{64,3bar}$$
 (assumendo PS= 45 bar);

oppure

$$1,1 \times PS = \mathbf{49,5bar} + 10\%NDT$$
 (prove non distruttive sul 10% delle saldobrasature).

Le problematiche connesse a tali test addizionali sono:

- ri-sollecitazione a stress elevati da parte di componenti del circuito che hanno già subito tali prove;
- eliminazione, durante i test, delle valvole di sicurezza;
- impossibilità, in alcuni casi, di sezionare parti di circuito che lavorano a PS diverse e pertanto le unità devono essere modificate aggiungendo rubinetti (possibili fonti di perdita) al fine di poter essere testate;
- le schede tecniche dei compressori maggiormente utilizzati non autorizzano test alle pressioni precedentemente esposte precedentemente.

In aggiunta a tali argomentazioni tecniche, bisogna inoltre considerare che si è di fronte anche ad un aspetto psicologico legato all'utilizzo dei nuovi refrigeranti, ben rappresentato nella Figura 5: essendo tali refrigeranti ancora di recente diffusione il rischio percepito è di gran lunga superiore al rischio reale.

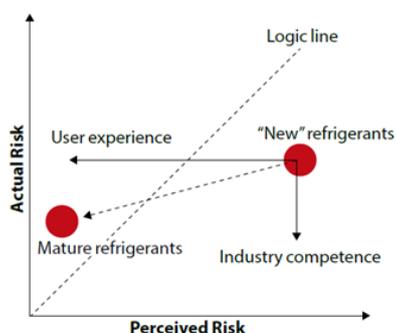


Figura 5: Matrice del rischio reale e del rischio percepito

## Conclusioni

La scelta di adottare l'R452B come alternativa all'R410A nelle macchine con compressori scroll ci ha permesso di dare una risposta rapida, efficace ed efficiente al mercato, attraverso una gamma "green" costituita da refrigeratori, pompe di calore, unità polivalenti che coprono un range che va dai 50kW ai 1500kW.

Sicuramente, di concerto con le associazioni culturali e confindustriali risulta necessario investire nelle seguenti attività:

- opere di armonizzazione e revisione degli standard esistenti a favore di una semplificazione per le apparecchiature con fluidi A2L;
- sviluppo di competenze specifiche da parte del mondo dell'industria;
- piani di informazione, formazione e sensibilizzazione nei confronti degli utenti finali.