



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



IMPATTO DELL'EMENDAMENTO DI KIGALI AL PROTOCOLLO DI MONTREAL NELLA SCELTA DEI REFRIGERANTI ALTERNATIVI

F. POLONARA
UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
UNEP TEAP - RTOC

POTENZIALE IMPATTO DELL'EMENDAMENTO DI KIGALI AL PROTOCOLLO DI MONTREAL NELLA SCELTA DI REFRIGERANTI ALTERNATIVI

Fabio Polonara^{1,5}, Lambert J.M. Kuijpers^{2,5}, Roberto A. Peixoto^{3,4,5}

¹Università Politecnica delle Marche, Ancona (Italy), ²A/genT Environmental Consultancy (Netherlands), ³Instituto Mauá de Tecnologia, Sao Paulo (Brazil), ⁴London South Bank University, London (UK), ⁵United Nations Environment Program, Refrigeration Technical Options Committee - UNEP RTOC

1. INTRODUZIONE

I clorofluorocarburi (CFC), gli idroclorofluorocarburi (HCFC) e le altre sostanze che distruggono l'ozono stratosferico (ODS, Ozone Depleting Substances) sono anche potenti gas ad effetto serra (GHG, GreenHouse Gases). La eliminazione di tali sostanze chimiche come dettato dal Protocollo di Montreal e la conseguente riduzione delle emissioni e delle concentrazioni atmosferiche hanno dato un enorme contributo alla protezione del clima, accanto all'intento originario del Protocollo di Montreal di proteggere lo strato di ozono. È stato stimato che il totale delle emissioni di ODS annualmente evitate sarebbe equivalente a circa 10 Gt di CO₂-eq nel 2010, pari a circa cinque volte l'obiettivo annuo di riduzione del Protocollo di Kyoto per il periodo 2008-2012 (Velders et al. 2007).

Secondo altri studi (Velders et al, 2012, 2014), la ricaduta positiva sul cambiamento climatico portata dal Protocollo di Montreal potrebbe essere ridotta o vanificata completamente nel futuro se le emissioni dei sostituti di ODS con elevati potenziali di riscaldamento globale (come alcuni HFC, idrofluorocarburi) continueranno ad aumentare. Sulla base di queste proiezioni, le parti del Protocollo di Montreal hanno, già nel 2009, cominciato a discutere sulla opportunità di aggiungere anche gli HFC ai piani di controllo propri del Protocollo di Montreal.

E' ben noto che idrofluorocarburi (HFCs) siano stati sviluppati come alternative agli ODS e siano stati ampiamente utilizzati negli ultimi 30 anni in diversi settori della refrigerazione, dell'aria condizionata e delle pompe di calore (RACHP). E' anche ben noto, però, che gli HFC sono gas con potenziale di effetto serra (GWP. Global Warming Potential) elevati o molto elevati, fino a 14'800. (UNEP, 2016)

I principali argomenti che sono stati considerati per favorire l'inclusione degli HFC come sostanze controllate nel quadro del Protocollo di Montreal sono i seguenti:

- Gli HFC sono stati sviluppati e promossi a seguito delle misure di controllo del protocollo di Montreal CFC e HCFC;
- Il quadro creato dal protocollo di Montreal per la fase di esaurimento dei CFC e degli HCFC nei settori in cui si utilizzano gli HFC sarebbe il metodo più appropriato ed efficace per il controllo della produzione e del consumo di HFC.

I paesi che, invece, almeno inizialmente hanno contrastato l'emendamento hanno usato come motivazione il fatto che gli HFC non sono ODS e quindi non potevano essere inclusi in un accordo internazionale stabilito per controllare l'uso di ODS.

Nelle discussioni che si sono svolte nel corso degli anni, altri argomenti sono stati utilizzati come ostacolo all'inclusione degli HFC nel Protocollo di Montreal, come il sostegno finanziario ai paesi in via di sviluppo, la disponibilità commerciale delle alternative agli HFC, il trasferimento di tecnologia e così via.

Dopo quasi 8 anni di discussioni intense, le parti del Protocollo di Montreal hanno superato i principali ostacoli raggiungendo una decisione condivisa e nel 28° Meeting of the Parties, il 15 ottobre 2016 a Kigali, in Ruanda, hanno deciso di aggiungere 17 HFC al Protocollo (Gruppo I). I 17 fluidi sono elencati nell'allegato F del protocollo, con un proprio potenziale di riscaldamento globale, calcolato utilizzando i valori del rapporto IPCC AR4 (IPCC, 2007). L'allegato presenta anche il GWP di CFC e HCFC. Include anche l'HFC-23 (Gruppo II), refrigerante usato per le basse temperature, che scaturisce principalmente come sottoprodotto negli impianti di produzione di HCFC-22. Gli HFC sono dunque diventati sostanze controllate nel quadro del Protocollo di Montreal, con programmi specifici di controllo adottati per i paesi in via di sviluppo e per quelli sviluppati. I paesi sviluppati (n-A5) inizieranno a ridurre i gas HFC entro il 2019. I paesi in via di sviluppo (A5) seguiranno congelando i consumi nel 2024, con alcune eccezioni per le quali la procedura di congelamento dei consumi partirà nel 2028.

L'emendamento di Kigali entrerà in vigore il 1° gennaio 2019, a condizione che sia stato ratificato da almeno 20 parti del Protocollo di Montreal (o 90 giorni dopo la ratifica da parte della 20a parte, a seconda di quale evenienza avvenga più tardi).

2. L'EMENDAMENTO DI KIGALI

Nell'allegato F al Protocollo di Montreal i fluidi sono elencati in base ai propri valori di GWP, i quali verranno utilizzati per la conversione della quantità di HFC in massa in emissioni equivalenti di anidride carbonica (CO₂-eq) in tutti i rapporti che i paesi devono presentare per dimostrare l'effettiva attuazione della riduzione del consumo di HFC.

L'inclusione degli HFC tra le sostanze controllate dal Protocollo di Montreal non avrà ripercussione sugli obblighi che i paesi hanno con la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC). L'emendamento non avrà infatti alcun effetto di esentare le parti nei loro impegni di inviare alla UNFCCC le relazioni sull'inventario delle emissioni di HFC (come stabilito negli articoli 4 e 12 dell'FCFCCC). In altre parole, il consumo e la produzione di HFC saranno controllati nel quadro del Protocollo di Montreal, mentre le emissioni di HFC continueranno a essere riportate nell'ambito dell'UNFCCC.

L'emendamento di Kigali ha diversi profili temporali per la riduzione del consumo degli HFC e anche per l'anno di inizio del processo di phase-down. Ci sono due diversi profili per i paesi compresi nell'articolo 5 (paesi in via di sviluppo) e due profili per i paesi non appartenenti all'articolo 5 (paesi sviluppati).

La ragione per la quale nel calcolo del consumo nell'anno di inizio della procedura di eliminazione siano stati inclusi sia gli HFC che una quota di HCFC risiede nel fatto che gli HFC sono considerati utilizzati come alternative per una certa porzione di HCFC ancora da eliminare.

Nei rapporti che i paesi redigeranno per dimostrare il rispetto del Protocollo di Montreal le informazioni relative alla produzione, al consumo, alle importazioni, alle esportazioni e alle emissioni di HFC verranno sempre espresse in CO₂-eq e non in massa di HFC.

3. POTENZIALI IMPATTI SULLA SCELTA DEI REFRIGERANTI

L'emendamento di Kigali rafforza la spinta verso le applicazioni che utilizzano refrigeranti a basso valore di GWP e accelera l'innovazione per le tecnologie sostenibili nel settore RACHP.

Considerando ad esempio la sostituzione R-410A e HCFC-22, l'elenco delle alternative comprende le sostanze pure, quali HFC-32, HC-290, HC-1270, R-717, R-744 e alcune nuove miscele. Tali miscele hanno come componente le cosiddette idrofluoroolefine (HFOs), HFC insaturi, come l'HFO-1234yf e l'HFO-1234ze (E), insieme agli HFC tradizionali (saturi) per ottenere le caratteristiche desiderata dalla miscela: basso GWP, minore infiammabilità, compatibilità con il lubrificante. (UNEP, 2016).

Negli ultimi 3 anni (e quindi dopo la pubblicazione del rapporto RTOC, 2014) sono state proposte per essere sottoposti a test o sono stati sottoposti a test nei programmi industriali ben 80 miscele, la maggior parte delle quali contiene HFO. Molte di queste miscele sono in attesa di ricevere o hanno appena ricevuto il proprio numero e quindi sono state pubblicate sulle norme ISO 817 e ASHRAE 34 (UNEP, 2016).

Considerando la probabilità dello sviluppo di nuove molecole (refrigeranti puri), è necessario ricordare che in passato sono stati compiuti significativi sforzi per trovare nuovi fluidi, ma un recente studio (McLinden, et al.2015), dopo aver iniziato con un database di oltre 150 milioni di sostanze chimiche, ha scrutinato oltre 56.000 molecole di piccole dimensioni senza trovarne alcuna adatta allo scopo. Se ne può concludere che le prospettive di scoprire nuove sostanze chimiche che offrano prestazioni migliori rispetto ai fluidi attualmente conosciuti sono minime.

Considerando specifiche applicazioni RACHP, si può ricordare che l'HFC-32 è un'alternativa per l'impiego in una certa gamma di condizionatori d'aria di media grandezza, e c'è l'occasione per un'applicazione molto più ampia degli idrocarburi anche in refrigerazione commerciale.

Il problema dell'infiammabilità degli idrocarburi (refrigerante A3) è molto importante e sarà necessario affrontare una revisione della normativa internazionale. Questa è una discussione già in corso all'interno delle commissioni tecniche internazionali. Una volta che il problema dell'infiammabilità sia stato adeguatamente affrontato nella normativa è verosimile attendersi che macchine più grandi saranno equipaggiabili con idrocarburi rispetto a quanto non si possa fare attualmente. Tutto ciò in accordo con quanto riporta una recente relazione della Commissione Europea (CE, 2016) sulle barriere poste dai

codici, dagli standard e dalla legislazione all'utilizzo di tecnologie favorevoli al clima nei settori della refrigerazione, dell'aria condizionata, delle pompe di calore e dei materiali isolanti.

Nel caso dei sistemi di condizionamento per autoveicoli (Mobile Air Conditioning, MAC), una buona percentuale di essi utilizzerà l'anidride carbonica (R-744), anche se la maggioranza finirà per utilizzare l'HFO-1234yf.

Il settore dei chillers sarà probabilmente monopolizzato dagli HFO-1234ze e HFO-1233zd, mentre i refrigeranti naturali (l'R-744 in particolare) vedranno un utilizzo sempre maggiore nella refrigerazione commerciale in tutto il mondo - sia in sistemi in cascata (R-744 per bassa temperatura in cascata con un secondo refrigerante che può anche essere l'R-717) che in sistemi transcritici. I sistemi transcritici sono stati studiati in modo estensivo per ridurre la loro penalizzazione energetica a temperature ambiente elevate attraverso l'utilizzo di eiettori e compressione parallela (UNEP, 2016). In condizioni di temperature ambiente più basse i sistemi transcritici offrono già vantaggi legati al recupero e al riutilizzo di calore nei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

La selezione del refrigerante per il futuro sarà pesantemente correlata alla percezione della "certezza" a lungo termine del suo utilizzo, legata ad un basso valore di GWP, e poi saranno importanti i vantaggi commerciali, i costi, l'efficienza energetica, la sicurezza e gli aspetti di manutenzione. Al momento è probabile che i fluidi naturali (ammoniaca, CO₂, idrocarburi) avranno un futuro legato ad apparecchiature appositamente sviluppate per il loro utilizzo mentre i più costosi liquidi sintetici (HFO, HCFO, miscele HFC/HFO) saranno impiegati nelle macchine precedentemente pensate per gli HCFC e i gli HFC. Considerando le miscele di HFC/HFO, la questione è se saranno limitate ad apparecchiature dove non è prevista alcuna riprogettazione, o saranno impiegate anche nei nuovi progetti. È infine molto probabile che in futuro ci sia solo un numero molto limitato di miscele HFC/HFO (Kuijpers, 2017): l'industria RACHP non potrà accettare a lungo la presenza di un grande numero di miscele tra le quali scegliere quella più adatta per i propri prodotti.

4. CONCLUSIONI

L'emendamento di Kigali costituisce un ulteriore, importante, slancio verso l'impiego di refrigeranti a basso GWP che aveva preso il via con la Direttiva F-gas. Esso comporta inoltre una serie promozione per l'innovazione nel campo delle tecnologie RACHP sostenibili.

Alcune tecnologie prive di HFC presentano barriere alla diffusione a causa di norme tecniche restrittive, in particolare per i refrigeranti infiammabili. Per consentire la transizione a refrigeranti infiammabili a basso GWP, è in corso una revisione delle normative sui limiti di carica attualmente utilizzati.

L'applicazione dei refrigeranti a basso GWP si accompagnerà sicuramente agli sforzi concentrati sull'efficienza energetica, o meglio, sulla riduzione del consumo di energia. Non ci si potrà concentrare solo sulle proprietà termo-fisiche del refrigerante, ma saranno determinanti anche la progettazione dell'apparecchiatura, la configurazione del sistema, l'efficienza dei componenti, i sistemi di controllo.

La scelta del refrigerante sarà quindi una combinazione di efficienza energetica, costi e prestazioni ambientali, inclusi gli aspetti relativi alla sicurezza associati alla tossicità del refrigerante e all'inflammabilità.

L'uso di refrigeranti puri, cioè HFO e refrigeranti naturali, compresi gli idrocarburi, può essere ragionevolmente ampliato dopo il 2019-2020, quando usciranno le modifiche alle normative.

Per il momento si può osservare che tutto il settore sta attraversando un momento di eccezionale dinamicità, guidato sia dalla ricerca dei miglioramenti in termini di efficienza energetica sia dalla necessità di trovare le migliori soluzioni possibili, anche per il lungo periodo, nel campo dei fluidi di lavoro compatibili con il cambiamento climatico.

5. Riferimenti

- IPCC, 2007. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Kuijpers, L., 2017. *HFC phase-down schedules under the “Kigali” amended Montreal Protocol; potential impacts to the choice of alternatives*. Ammonia and CO2 Refrigeration Technologies, 2017, Ohrid, Republic of Macedonia, IIR Commission B2 with B1 and D1.
- McLinden, M. O., Kazakov, A. F., Brown, J. S. & Domanski, P. A. , 2015. Hitting the bounds of chemistry: *Limits and tradeoffs for low-GWP refrigerants*. 24th Int. Congress of Refrig. Yokohama, Japan.
- UNEP, 2016. *Decision XXVII/4 Task Force Report – Further Information on Alternatives to ozone Depleting Substances*. Nairobi, Ozone Secretariat
- UNEP, 2017. *The Kigali Amendment to the Montreal Protocol: HFC Phase-down*. Retrieved online at: http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7809-e-Factsheet_Kigali_Amendment_to_MP.pdf
- Velders, G.J.M., Ravishankara A. R., Miller M. K., Molina M. Alcamo J., J., Daniel J. S., Fahey D. W., Montzka S. A., Reimann S., 2012. *Preserving Montreal Protocol Climate Benefits by Limiting HFCs*. Vol 335 Science. Retrieved at: www.sciencemag.org. Published by AAAS
- Velders, G.J.M., Andersen S. O., Daniel J. D., Fahey D. W., McFarland M., 2007. *The importance of the Montreal Protocol in protecting climate*. PNAS 2007 104 (12) 4771-4772; doi:10.1073/iti.1207104
- Velders G. J. M., Solomon S., Daniel, J. S., 2014. *Growth of climate change commitments from HFC banks and emissions*. Atmos. Chem. Phys., 14, 4563–4572,
- EC 2016. *Report on the Barriers posed by codes, standards and legislation to using climate-friendly technologies in the refrigeration, air conditioning, heat pumps and foam sectors*. Retrieved online at: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/COM-2016-749-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>

