

Rinfreschiamoci senza riscaldare il Pianeta 4.0

I refrigeranti e il clima secondo Legambiente



SOMMARIO

PREMESSA	4
I GAS FLUORURATI (F-gas)	9
PRODUZIONE, RIGENERAZIONE E MERCATO IN EUROPA	12
EMISSIONI IN EUROPA DEI GAS CLIMALTERANTI.....	15
LA REVISIONE ED IL NUOVO REGOLAMENTO EU SUGLI FGAS	23
IL MERCATO ILLEGALE DEGLI HFC	27
ALTERNATIVE AI GAS FLUORURATI	31
I REFRIGERANTI NATURALI	31
Ammoniaca (R717)	31
Idrocarburi (R290, R600a ed altri)	31
Biossido di Carbonio (R744).....	31
Gli HFO: teniamoli d’occhio, adottando un principio di precauzione ...	32
BIBLIOGRAFIA.....	34

A cura di:

Marco Mancini, Irene Colognesi e Andrea Minutolo – Ufficio Scientifico di Legambiente

Hanno collaborato:

Davide Sabbadin – Comitato Scientifico di Legambiente

Elisa Scocchera – Ufficio Scientifico di Legambiente

PREMESSA

Le **temperature sempre più calde** sono, ormai, una chiara e drammatica manifestazione dell'**emergenza climatica** che stiamo vivendo a livello globale. Temperature e umidità sempre più elevate, infatti, hanno aumentato rapidamente a livello globale la domanda di apparecchi di refrigerazione e raffrescamento e si prevede che, entro il 2050, due terzi delle famiglie del mondo potrebbero essere dotate di un **condizionatore d'aria, portando il numero complessivo dagli attuali 1,6 a 5,6 miliardi a livello globale (+250%)**.

Il funzionamento di questi impianti è possibile grazie all'uso di miscele di gas, spesso indicati con il nome di **F-gas¹**, ovvero una famiglia di composti chimici di origine sintetica dall'alta stabilità termica e inerzia chimica che li rendono particolarmente adatti ad essere impiegati sia come “fluidi frigoriferi” soprattutto nei settori della **refrigerazione e climatizzazione**, che come fluidi estinguenti nell'antincendio.

I gas fluorurati presero piede agli inizi degli anni Novanta quando, in seguito al protocollo di Montreal del 1987, molte sostanze sintetiche aventi effetti distruttivi sullo strato protettivo di ozono vennero messe al bando. Gli F-gas, presentando caratteristiche molto simili alle sostanze ozono lesive (ODS), ma non recando alcun danno all'ozono, si diffusero ampiamente: basti pensare che **le emissioni di gas fluorurati nell'UE-28, di cui oltre il 90% sono HFC, sono aumentate del 72% tra il 1990 e il 2014**.

I condizionatori che equipaggiano le nostre automobili e le abitazioni, i frigoriferi presenti nelle case, le celle frigorifere e gli impianti di refrigerazione dei supermercati che sono in grado di conservare le derrate alimentari per lunghi periodi, i frigoriferi per la conservazione e il trasporto di medicinali e cibo, sono solo alcuni esempi di come i gas refrigeranti vengono impiegati in molteplici settori.

Non v'è alcun dubbio circa il ruolo strategico che questi fluidi avranno nell'immediato futuro, migliorando la qualità della nostra vita.

Non tutti sanno, però, che i gas fluorurati di cui siamo “circondati” nella nostra vita quotidiana sono delle **sostanze chimiche persistenti e spesso climalteranti**; possono avere una lunga vita in atmosfera (in alcuni casi della durata di migliaia di anni) e sono definiti il tipo di gas serra più potente e duraturo emesso dalle attività umane.

Se dispersi nell'ambiente e rilasciati in atmosfera, alcuni di questi gas (CFC o HCFC) intaccano lo strato di ozono, altri (gli HFC) contribuiscono all'effetto serra vista la loro capacità climalterante da 2.000 a 23.000 volte superiore a quella della CO₂.

Proprio per le loro proprietà ozono lesive e per il loro elevato potere climalterante alcune sostanze sono state messe al bando già da diversi anni. In base al protocollo di Montreal i CFC sono vietati dal 1994 mentre sono andati in dismissione gli HCFC, il cui utilizzo era possibile solo - se rigenerati -

¹ Fanno parte di questa famiglia gas quali: HFC (idrofluorocarburi), PFC (perfluorocarburi), SF₆ (esafluoro di zolfo) e NF₃ (trifluoruro di azoto)

fino a fine 2014. L'Accordo di Parigi del 2015 ed il successivo Emendamento Kigali, in vigore dal 2019, richiedono di **abbandonare gli HFC in favore dei refrigeranti naturali**.

Sulle **nuove miscele emergenti, definite HFO**, nonostante il loro GWP (Global Warming Index) molto basso, ancora non si hanno informazioni precise circa l'impatto generato a livello ambientale e, prima del loro utilizzo in maniera massiva e diffusa, andrebbero studiate maggiormente.

Negli ultimi 28 anni, gli HFC sono gli unici gas che continuano a far registrare un aumento della loro concentrazione in atmosfera ed attualmente rappresentano il 4,4% delle emissioni climalteranti complessive in Italia.

Alcuni numeri

Tra il 1990 e il 2018, secondo l'ultimo inventario delle emissioni climalteranti pubblicato da ISPRA nel 2020², mentre le emissioni totali di gas serra³, espresse in CO₂ equivalenti (eq.), sono diminuite del 17% circa scendendo da 516 a 428 milioni di tonnellate di CO₂ eq, **gli HFC, nello stesso periodo, hanno registrato un incremento impressionante pari al 4.000% passando da 0.4 a 16.6 Mt di CO₂ eq.**

Una cifra, e un impatto, destinato ad aumentare ancora viste le previsioni in aumento di apparecchi che utilizzano tali miscele e che saranno sempre più "indispensabili" per un'ottimale qualità della vita.

Ovviamente la CO₂, con 3,3 milioni di tonnellate emesse è il gas serra più importante e costituisce circa l'81% delle emissioni totali del 2019. Le emissioni di gas fluorurati costituiscono il 2.6% delle emissioni totali di gas serra nell'UE ed è interessante andare a vedere il contributo specifico alle emissioni nei principali Paesi europei (Italia, Francia, Germania, Spagna e Regno Unito). Prima dell'entrata in vigore del regolamento sui gas fluorurati (517/2014) che ha imposto una riduzione delle emissioni di queste sostanze, nel periodo 2010/2014 – ultimo anno prima dell'entrata in vigore del regolamento europeo – in Europa si era registrato un +11% di emissioni con l'Italia capofila (+21%) seguita dal Regno Unito (+13%), Francia (+3%); solo in Germania (-2%) e Spagna (-3%) si erano registrate delle riduzioni significative. A seguito dell'entrata in vigore del regolamento a livello europeo si è registrata una riduzione delle emissioni pari al 13%, con la Spagna capofila del miglioramento (-62% di emissioni), seguita da Francia (-22%) e Regno Unito (-6%). L'Italia inspiegabilmente ha continuato invece ad emettere ancora molti F-gas registrando anche per questo periodo un +8%.

Scendendo ancor di più nel dettaglio, nell'ambito delle emissioni dovute alla refrigerazione e all'aria condizionata le principali sottocategorie che maggiormente contribuiscono sono quella della

² <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-greenhouse-gas-inventory-1990-2018.-national-inventory-report-2020>

³ La CO₂ (anidride carbonica) è il gas serra più importante che rappresenta l'81,4% delle emissioni totali ed ha mostrato una decrescita del 20.5% nel periodo considerato. Altri gas importanti sotto il profilo delle emissioni climalteranti sono il metano (CH₄) - di cui la fonte principale è l'agricoltura e l'allevamento – e il protossido di azoto (N₂O) - di cui la principale fonte emissiva è l'industria -. Queste sostanze chimiche rappresentano rispettivamente il 10% ed il 4% delle emissioni totali in CO₂ eq, e sono diminuite la prima di circa l'11% e la seconda di circa il 32% (ISPRA, 2020)

refrigerazione commerciale (negozi e supermercati), degli impianti di aria condizionata delle automobili e degli impianti di aria condizionata fissi.

Anche in questo caso l'Italia non ha fatto una bella figura: nell'ambito delle emissioni dovute alla **refrigerazione e all'aria condizionata, l'Italia risulta essere il paese che maggiormente contribuisce a livello europeo alle emissioni da queste fonti, con ben il 17%**, seguita da Francia (16), Regno Unito (12) e Germania (10 che insieme costituiscono in 55% delle emissioni totali).

Per quanto riguarda la **refrigerazione commerciale l'Italia ha contribuito al 26% delle emissioni, con valori nettamente più elevati rispetto agli altri paesi** (Francia 12%, Regno Unito 10% e Germania 6%).

Evidentemente qualcosa nell'applicazione del regolamento non ha funzionato e l'obiettivo di riduzione delle emissioni dei gas fluorurati di due terzi entro il 2030 per tutti gli Stati membri anche grazie all'utilizzo di apparecchiature più rispettose per il clima (che sono già disponibili e in commercio) sarà difficile da raggiungere se non si recupera il tempo perso.

Con il Regolamento Europeo 517/2014 si prevedeva una **lenta dismissione degli HFC (phase down)** altamente impattanti per il clima, decidendo una riduzione percentuale dal 2015 al 2030 delle percentuali di utilizzo e vendita di questi F-gas, e la loro **sostituzione con altre sostanze come i refrigeranti naturali. Fanno parte di questa nuova tipologia di prodotto i gas refrigeranti naturali come la CO₂, alcuni idrocarburi, l'ammoniaca, l'aria o l'acqua che dovrebbero essere utilizzati al posto di tutti i gas fluorurati**, apportando miglioramenti sostanziali nelle prestazioni climatiche degli impianti di riscaldamento e raffrescamento e contribuendo notevolmente alla mitigazione del cambiamento climatico, uno dei punti principali dell'agenda di Legambiente.

Siamo oggi anche agli albori della **revisione del Regolamento EU 517/2014**, per il quale stiamo richiedendo con un'azione sinergica insieme ad altre associazioni europee, che il tema degli F-gas non sia sottovalutato, gli sia dato il giusto peso ed importanza e che nella nuova revisione vengano tenute in considerazione raccomandazioni maturate nel corso del tempo dalla sua prima approvazione, affinché la sostenibilità entri in questo settore ancora di difficile comprensione per il cittadino comune.

Un altro aspetto da non sottovalutare, visto il numero crescente di unità di aria condizionata, è il loro impatto ambientale legato all'efficienza dei singoli apparecchi; un parametro di fondamentale importanza a cui spesso non viene dato peso. Durante le ondate di calore, infatti, è molto più probabile che i consumatori effettuino acquisti rapidi e impulsivi e si rivolgano a soluzioni economiche, inefficienti ed energivore come i condizionatori d'aria piccoli e portatili. Apparecchi che, per il loro funzionamento, devono essere azionati con una finestra o una porta aperta e che quindi comportano un notevole dispendio di energia rispetto ad altri apparecchi fissi o con unità esterne. È importante riportare tutti questi prodotti alla stessa etichetta energetica, evidenziando quindi come siano intrinsecamente meno efficienti di quelli centralizzati, introducendo il tema del GWP dei gas refrigeranti utilizzati nel prodotto come elemento informativo in etichetta.

Tutti gli aspetti e le sfaccettature riportate sono ancora più rilevanti per il nostro Paese, viste le condizioni climatiche del nostro territorio alla luce della crisi climatica in atto e perché l'Italia è tra i maggiori utilizzatori di gas refrigeranti. È necessario quindi puntare ad una maggior efficienza della filiera del recupero e della valorizzazione dei refrigeranti di scarto, coniugando la necessità di protezione dell'ambiente, mitigazione della crisi climatica e opportunità economica di un settore

sempre più importante. Anche perché la quota di emissioni di CO₂ derivante dai processi produttivi nel nostro paese è considerevole e particolarmente complessa da comprimere (al 2050 si stimano circa 15 Mton CO₂ eq). Quasi la metà di questo ammontare è riconducibile all'impiego degli F-gas nelle apparecchiature di refrigerazione e di condizionamento e nei sistemi antincendio.

Bisogna però fare dei passi in avanti da diversi punti di vista: culturale, poiché spesso non vi è consapevolezza di causare un danno ambientale liberando il refrigerante in atmosfera al termine della vita utile di un impianto e la mancanza di controlli strutturali e sanzioni non agevola il processo. Inoltre, i costi di smaltimento "legale" di tali rifiuti sono abbastanza elevati anche perché le ridotte quantità avviate allo smaltimento non consentono l'ottimizzazione della filiera.

Oggi è più che mai necessario introdurre delle azioni efficaci attraverso il coinvolgimento di tutti i soggetti coinvolti, dalle Istituzioni Nazionali (MiTE, MISE, Governo), dai produttori agli installatori e manutentori degli impianti, da tutti gli utilizzatori (industria, piccola media e grande distribuzione, cittadini, etc) fino ai soggetti che si occupano della raccolta, recupero, rigenerazione e delle forze dell'ordine atte al controllo dei gas fluorurati nel nostro Paese.

Le 10 azioni prioritarie che, come Legambiente, riteniamo necessarie sono:

1. attuare campagne di informazione e sensibilizzazione sia tra gli utilizzatori degli impianti/cittadini, che per gli installatori/manutentori, per far comprendere l'elevato impatto ambientale di queste sostanze e le corrette modalità di gestione;
2. ridurre, attraverso sistemi di incentivazione e agevolazione, gli elevatissimi costi di gestione del refrigerante a fine vita che oggi scoraggiano l'adozione delle prassi corrette di recupero e smaltimento;
3. incentivare la formazione obbligatoria dei tecnici non solo verso i gas sottoposti a patentino F-gas, ma anche verso le alternative a gas naturali (CO₂, ammoniaca e Hc), affinché possa diffondersi una consapevolezza maggiore anche del problema legato alle emissioni e l'impatto al cambiamento climatico di questo settore;
4. potenziare il sistema dei controlli e delle sanzioni, a partire dalle forze dell'ordine (in particolare delle dogane), per contrastare l'illegalità ambientale nel settore che è in forte crescita;
5. accompagnare la revisione del Nuovo Regolamento Europeo sugli F-gas a livello istituzionale (Commissione EU, Camera, Senato, MiTE), attraverso l'adozione di obiettivi e standard ambiziosi che permettano la decarbonizzazione del settore nel più breve tempo possibile;
6. incentivare la ricerca scientifica, tecnologica e la comunicazione rispetto ai vantaggi, l'efficienza e il ridotto impatto ambientale dell'utilizzo dei gas naturali, definendone meglio gli effetti che hanno per un settore strategico come la refrigerazione e il condizionamento, ed abbattere le barriere non tecnologiche che ne limitano la diffusione;

7. istituire un tavolo di lavoro permanente sulla sostenibilità del settore della refrigerazione e condizionamento volto all'affermazione dei gas naturali, e a far emergere le eccellenze del nostro Paese anche alla luce del Nuovo Regolamento Europeo;
8. incentivare la ricerca scientifica e la comunicazione rispetto agli impatti delle nuove miscele chimiche a basso GWP (HFO) per scongiurare futuri impatti ambientali e sulla salute dei cittadini a breve e lungo termine;
9. Green Public Procurement e mondo della refrigerazione e condizionamento sono legati da almeno due Criteri Ambientali Minimi per gli appalti delle amministrazioni pubbliche. Necessario accelerare la revisione affinché in essi siano considerati i temi della refrigerazione e condizionamento *green*, inserendo delle specifiche che riguardino oltre che l'efficienza energetica degli impianti, anche la tipologia di gas da utilizzare;
10. la formazione di un Consorzio, sul modello di quelli già in essere per il trattamento dei RAEE o degli imballaggi, per il recupero e il trattamento di tali tipologie di gas (F-gas) per agevolare il conferimento in appositi impianti per il recupero e la rigenerazione di queste sostanze e fornire il supporto ai manutentori e agli installatori di impianti evitandone la dispersione in atmosfera, con le conseguenze che ne derivano.

I GAS FLUORURATI (F-gas)

I gas Fluorurati, spesso indicati come **F-gas**, sono una famiglia di composti chimici di origine sintetica utilizzati in un'ampia gamma di applicazioni industriali; la presenza del legame tra carbonio e fluoro conferisce a queste sostanze stabilità termica e un'inerzia chimica che le rendono particolarmente adatte ad essere impiegate soprattutto nei settori della refrigerazione e climatizzazione, come fluidi frigoriferi, che nell'antincendio come fluidi estinguenti.

Fanno parte di questa famiglia gas quali:

- HFC (idrofluorocarburi)
- PFC (perfluorocarburi)
- SF₆ (esafluoro di zolfo)
- NF₃ (trifluoruro di azoto)

Gli **HFC** sono sicuramente tra i gas fluorurati più comuni e li possiamo trovare in varie applicazioni, ad esempio come refrigeranti negli impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e nelle pompe di calore.

I **PFC** sono invece utilizzati nel settore dell'elettronica e, per esempio, nell'industria cosmetica e farmaceutica.

L'**SF₆** viene usato principalmente come gas di isolamento e di spegnimento in apparecchi di manovra (commutatori) di alta tensione e come gas di protezione nella produzione di magnesio e alluminio.

NF₃ impiegato nella produzione di apparecchiature elettroniche quali schermi per televisori e pc.

I gas fluorurati di questa generazione hanno preso piede agli inizi degli anni novanta, quando in seguito al protocollo di Montreal del 1987 molte sostanze sintetiche aventi effetti distruttivi sullo strato protettivo di ozono vennero messe al bando, gli F-gas presentando caratteristiche molto simili alle sostanze ozono lesive ODS, ma non recando alcun danno all'ozono, si diffusero ampiamente, ciò ha fatto sì che le emissioni di gas fluorurati nell'UE-28, di cui oltre il 90% sono HFC, siano aumentate del 72% tra il 1990 e il 2014.

Proprietà degli F-gas	
<u>Formule chimiche:</u>	
HFC, PFC, SF ₆ , NF ₃	
<u>Tempi di permanenza in atmosfera:</u>	
HFC: fino a 270 anni	SF ₆ : 22 800 anni
PFC: 2 600 - 50 000 anni	NF ₃ : 740 anni
<u>Potenziale di riscaldamento globale (GWP):</u>	
HFC: fino a 14 800	SF ₆ : 22 800 anni
PFC: fino a 12 200 anni	NF ₃ : 17 200 anni

Figura 1: proprietà degli F-gas – Elaborazione Legambiente

I gas fluorurati pur non avendo effetti negativi sull'ozono, sono comunque dei potenti gas serra, hanno potenziali di riscaldamento globale (GWP - Global Warming Potential) molto elevati rispetto ad altri gas serra, il loro GWP è fino a 23.000 volte più forte di quello dell'anidride carbonica (CO₂). Il potenziale serra di un refrigerante si esprime attraverso questo indice, che quantifica l'effetto serra (in 100 anni) di un kg di gas rispetto alla CO₂. L'anidride carbonica è stata scelta dal Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) come gas di riferimento e il suo GWP è minimo e dunque usato come indice 1. Più alto è il valore di GWP, più quel gas particolare riscalda la Terra rispetto all'anidride carbonica.

Piccole concentrazioni atmosferiche possono avere effetti sproporzionatamente grandi sulle temperature globali. **I gas fluorurati in generale sono sostanze chimiche persistenti**, possono quindi anche avere una lunga vita atmosferica, in alcuni casi della durata di migliaia di anni, sono **il tipo più potente e duraturo di gas serra emessi dalle attività umane**.

Come altri gas serra di lunga durata, la maggior parte dei gas fluorurati sono ben miscelati nell'atmosfera, diffondendosi in tutto il mondo dopo essere stati emessi. Molti gas fluorurati vengono rimossi dall'atmosfera solo quando vengono distrutti dalla luce solare nell'alta atmosfera.

È importante rilevare che una volta immessi in atmosfera i gas subiscono modificazioni chimiche per effetto della radiazione solare, scomponendosi in altri gas che possono dare luogo a reazioni chimiche o semplicemente persistere più a lungo in atmosfera: alcuni componenti dei gas, infatti, sono più climalteranti dei gas stessi. Per questa ragione, intanto che la scienza analizza questo fenomeno, non è raro che l'IPCC modifichi il valore ufficiale di GWP dei singoli gas, spesso aumentandolo.

Questo solleva il problema del calcolo dell'impatto di questi gas sul cambiamento climatico: ad oggi viene considerato sullo spazio di 100 anni, ma sappiamo dall'IPCC che sono i prossimi 20 anni che

saranno decisivi per riuscire a rimanere sotto 1.5 gradi: in questa più breve prospettiva temporale, l'impatto di molti HFC è estremamente più alto.

A causa del loro elevato GWP diversi gruppi di gas fluorurati sono coperti dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento climatico (UNFCCC) e sono stati inclusi nel protocollo di Kyoto.

Il campo di applicazione più ampio dei gas fluorurati è quello della refrigerazione e dell'aria condizionata, da queste due categorie dipende il 90% delle emissioni di HFC dell' EU-27+UK; la conservazione di cibo, vaccini e medicine oltre che la refrigerazione dell'aria negli ospedali e case di cura si basa quindi sull'impiego di F-gas, considerando l'elevato GWP di queste sostanze e l'aumento costante di raffreddamento dovuto all'innalzamento delle temperature, è assolutamente necessario sostituire i gas fluorurati con alternative meno dannose.

Questi gas sono regolamentati nell'UE dall'attuale regolamento 517/2014, il quale stabilisce diverse misure per ridurre l'uso e le emissioni di gas fluorurati con focus sugli HFC. In particolare, prevede uno schema di graduale riduzione (phase down) degli HFC per limitarne la quantità totale che può essere venduta nell'UE dal 2015 in poi e ridurli gradualmente a un quinto delle vendite del 2014 nel 2030.

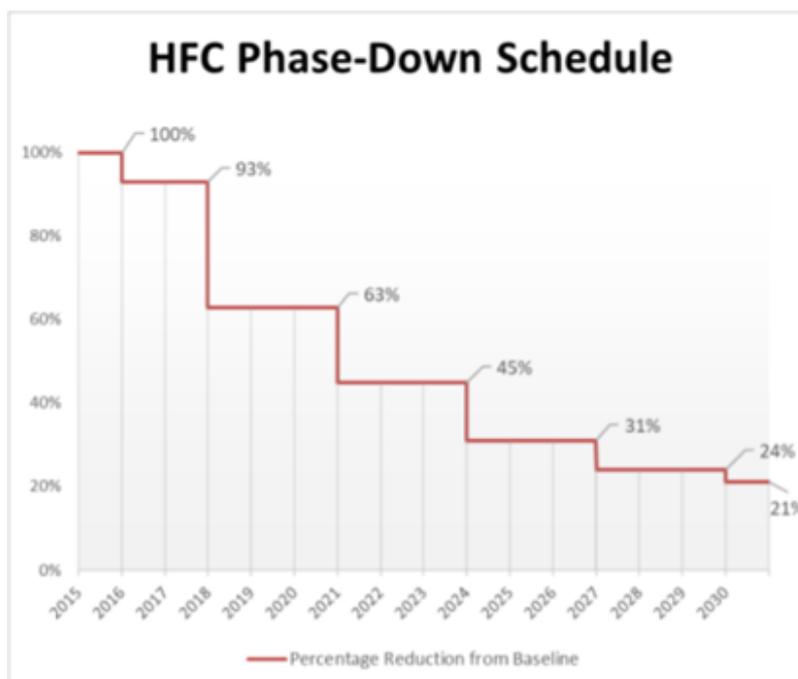


Figura 2: Schema del phase down

Inoltre, il regolamento prevede il divieto di utilizzo di gas fluorurati in diversi nuovi tipi di apparecchiature in cui sono ampiamente disponibili alternative meno dannose, come frigoriferi nelle case o nei supermercati, aria condizionata, schiume e aerosol. Vengono introdotti anche requisiti per prevenire le emissioni di gas fluorurati dalle apparecchiature esistenti richiedendo controlli, manutenzione, formazione adeguata e recupero dei gas alla fine della vita dell'apparecchiatura.

L'UE ha stimato che, grazie al regolamento sui gas fluorurati, le emissioni di gas fluorurati dell'UE "sarà ridotto di due terzi entro il 2030 rispetto ai livelli del 2014".

PRODUZIONE, RIGENERAZIONE E MERCATO IN EUROPA

Dal Rapporto EEA (Environmental European Agency) sui Gas fluorurati ad effetto serra del 2020 vengono riportati in sintesi i dati forniti dalle aziende sulla produzione, importazione, esportazione, rigenerazione e distruzione di gas fluorurati ad effetto serra nell'Unione Europea per gli anni 2007-2019. L'edizione 2020 del rapporto conferma il progresso dell'Europa nella graduale dismissione dei gas fluorurati. Ad eccezione del 2014, quando il consumo era probabilmente gonfiato a causa dell'imminente riduzione graduale, il consumo di HFC sta sperimentando una tendenza al ribasso.

La produzione dei gas fluorurati ha visto un forte declino a partire dal 2012⁴, con una lieve inversione di tendenza tra il 2014 e il 2016 dovuta soprattutto all'aumento nella produzione di F-gas con ridotto GWP. Il 2018 ha registrato una netta riduzione rispetto all'anno precedente e nel 2019 la produzione risulta essere diminuita di un ulteriore 3%, mentre viene invece registrato un aumento in termini di CO₂ eq. a causa di un elevato GWP delle sostanze prodotte, che può essere spiegato dalla disponibilità di dati più completi soprattutto per quanto riguarda la produzione di HFC-23 il quale ha elevato GWP (> di 12.000). La riduzione della produzione del 2018 è dovuta in buona parte a un rallentamento nella produzione di HCFC, i quali a partir da 2019 non vengono più prodotti.

A partire dal 2013 e in conseguenza dell'avvio del regolamento aumenta la rigenerazione dei gas fluorurati, soprattutto HFC. Nel 2019 sembrerebbe che vi sia una riduzione del 20% rispetto al 2019 nella rigenerazione, ma va notato che per le imprese coinvolte nella rigenerazione non vigono obblighi sulla rendicontazione, i dati risultano pertanto incompleti.

Dal 2014 in discesa anche le importazioni di gas fluorurati, sia in forma di sostanze sfuse che quelle contenute all'interno di prodotti e apparecchiature; nel 2017 le importazioni hanno registrato un picco alla nascita/immissione sul mercato degli HFC a basso GWP, per poi riprendere a scendere annualmente del 10% fino al 2019 soprattutto per una riduzione nell'importazione delle sostanze sfuse. Il ridotto commercio di F-gas come sostanze sfuse ha portato anche ad un calo degli export a partire dal 2017, a diminuire è stata soprattutto l'esportazione di HFC che è stata però compensata in termini di CO₂ eq. dall'aumento di quella degli SF₆.

Tra il 2008 e il 2015 risulta essere fortemente aumentata anche la distruzione dei gas fluorurati, i valori compresi tra il 2016 e il 2018 presentano una riduzione del 50% rispetto a quelli del 2015 per poi risalire drasticamente nel 2019, questo è dovuto alla dismissione dell'HFC-23 e soprattutto a un incremento nella rendicontazione.

Nei grafici successivi vengono riassunte la produzione, importazione, esportazione, recupero e smaltimento di gas fluorurati ad effetto serra nell'Unione Europea, il dato viene riportato per quantitativi in tonnellate nel primo grafico e in tonnellate di CO₂ equivalenti nel secondo.

Da considerare come nel 2014 risulti evidente il picco di importazione e fornitura di HFC in Europa, proprio in virtù dell'entrata in vigore del primo Regolamento F-gas 517/2014. Da notare come dal 2017 al 2019 l'importazione e la fornitura di HFC vada a diminuire. Dati sconfortanti vengono, invece, sul fronte del recupero di questi gas, operazione utile specialmente nella fase di transizione nel passaggio da una tecnologia ad alto impatto ambientale, la limitazione di pratiche illegali e

⁴European Environment Agency, 2020. *Fluorinated greenhouse gases 2020 – Data reported by companies on the production, import, export and destruction of fluorinated greenhouse gases in the European Union, 2007-2019.*

traguardando l'orizzonte verso i gas naturali ad impatto pari a zero rispetto al *climate change*. Inoltre, anche la distruzione di queste sostanze a fine vita, non presenta dei valori sostanziali, lasciando un gap rispetto al fine vita di questi prodotti.

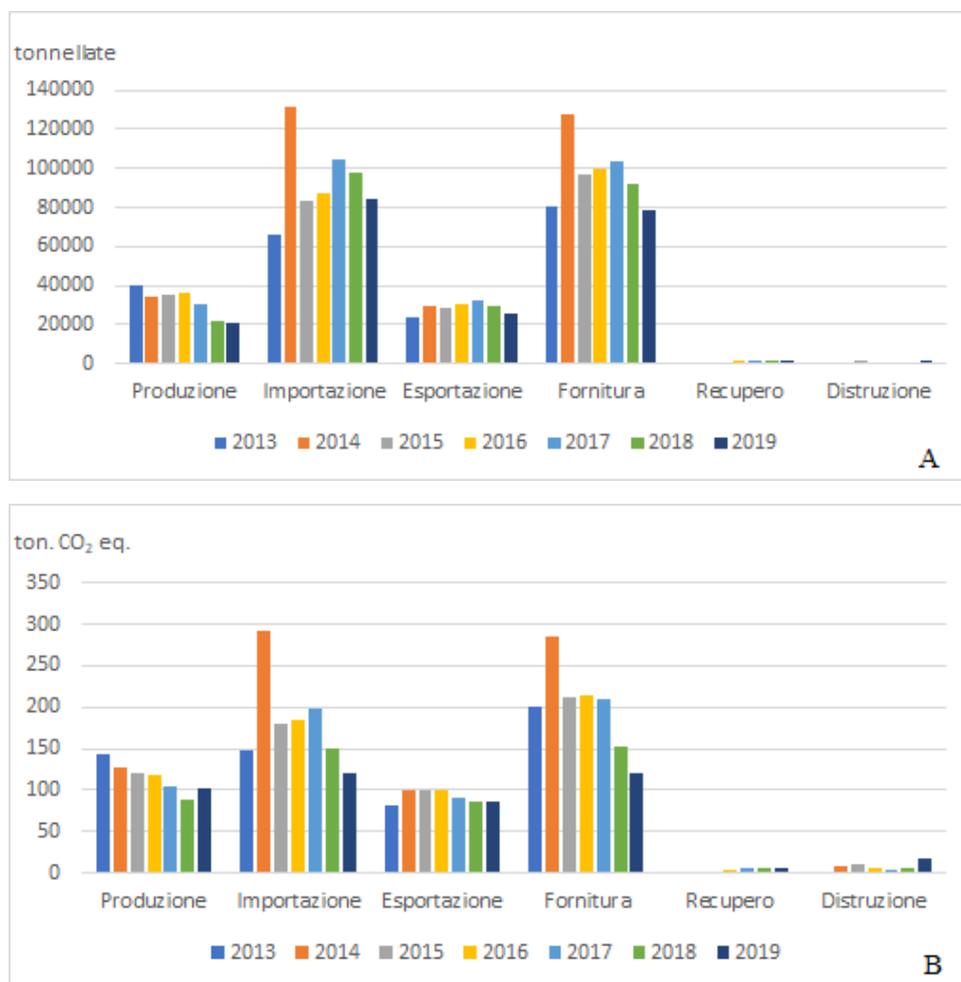


Figura 3: Andamenti della produzione, importazione, esportazione, rigenerazione e distruzione dei gas fluorurati nella UE per il periodo 2013/2019; dati riportati in tonnellate (A) e tonnellate di CO₂ equivalenti (B) – Elaborazione Legambiente

Refrigerazione, aria condizionata e riscaldamento sono senza dubbio le applicazioni più rilevanti degli F-gas forniti all'UE, queste applicazioni rappresentano oltre il 71% delle tonnellate di fornitura del 2019 e il 63% in CO₂ eq. (Figura 4).

A. Quantità espresse in tonnellate

APPLICAZIONI	2009	2018	2019	Var.% 2009/2019
Refrigerazione e Condizionamento d'aria (RAC)	58678	68676	55600	-5%
Antincendio	531	324	130	-76%
Aerosol	8425	9109	8964	6%
Schiume	11709	11083	11041	-6%
Apparecchiature elettriche	969	640	534	-45%
Produzione di semiconduttori	184	897	769	318%
Altre o non conosciute applicazioni	2185	1450	1255	-43%
Totale	84690	92179	78293	-8%

B. *Quantità espresse in tonnellate equivalenti di CO₂ (GWP)*

APPLICAZIONI	2009	2018	2019	Var.% 2009/2019
Refrigerazione e Condizionamento d'aria (RAC)	139,6	100,2	76,3	-45%
Antincendio	3,2	1,1	0,5	-84%
Aerosol	11,2	11,7	11,3	1%
Schiume	9,8	6,8	4,7	-52%
Apparecchiature elettriche	22,1	14,6	12,2	-45%
Produzione di semiconduttori	2,1	12,4	10,9	419%
Altre o non conosciute applicazioni	14,7	6	5,7	-61%
Totale	202,7	152,8	121,6	-40%

Figura 4: Applicazioni previste della fornitura totale UE di gas fluorurati, tabelle A e B – Elaborazione Legambiente

Rispetto al 2018, la quantità in tonnellate, di gas refrigeranti forniti all' UE, è scesa del 20% e del 22% in CO₂ eq. Il cambiamento nel valore di GWP può essere facilmente spiegato dal fatto che vengono man mano impiegati refrigeranti a GWP sempre più basso, mentre ciò non spiega, invece, la tendenza di riduzione anche delle quantità in tonnellate.

La riduzione nei settori dell'aria condizionata e della refrigerazione tra il 2018-19 indica che si stanno impiegando in questi settori gas refrigeranti non fluorurati, come i refrigeranti naturali, CO₂, ammoniaca, acqua e idrocarburi che non vengono riportati nei conteggi; mentre il potenziale importo di F-gas illegali non può essere quantificato.

Gli F-gas utilizzati per la produzione di schiume ammontano al 14% delle tonnellate disponibili nel 2019. I gas coinvolti in questo settore sono principalmente HFC, hanno GWP relativamente bassi; pertanto, le schiume rappresentano solo il 4% del GWP totale. Anche se in termini assoluti la quantità di gas utilizzati nel settore delle schiume è rimasta la stessa rispetto al 2018, il GWP degli f-gas utilizzati per questo scopo si è ridotto del 31%.

L'uso di gas fluorurati per aerosol, soprattutto di HFC-134a, è sceso del 2% rispetto al 2018, comportando una riduzione del 4% in termini di GWP. Gli aerosol costituiscono l'11% dell'uso totale o il 9% in CO₂ equivalenti.

Alcune applicazioni di nicchia fanno uso di F-gas a GWP molto elevato, questi F-gas sono SF₆, PFC e NF₃, impiegati nelle apparecchiature elettriche di vario tipo come pannelli fotovoltaici e semiconduttori; l'impiego degli F-gas in queste categorie sembra essersi ridotto del 15% rispetto al 2018, mentre tra il 2013 e 2014 vi è stato un aumento nella diffusione di tutte queste applicazioni, dovuto semplicemente al fatto che prima del 2014 le compagnie non erano tenute a rendicontare l'uso di NF₃.

Va sottolineato che oggi esistono tecnologie mature per sostituire il molto inquinante SF₆ basate su prodotti molto meno impattanti e addirittura sul vuoto pneumatico.

EMISSIONI IN EUROPA DEI GAS CLIMALTERANTI

L'agenzia europea dell'ambiente (EEA) ha pubblicato nel maggio 2021 il rapporto annuale sulle emissioni di gas serra (EEA 2021. *Annual European Union Greenhouse inventory 1990-2010 and inventory report 2021*) che offre un quadro delle emissioni a livello europeo per l'arco di tempo che va dal 1990 al 2010.

Le emissioni totali di gas serra in Europa (escluso LULUCF, cioè senza considerare l'apporto che può dare l'uso del suolo, i cambiamenti ad esso associati e le foreste) ammontano a 4.067 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente al 2019, inferiori ai livelli del 1990 di circa il 28% il che significa ben 1.602 milioni di tonnellate di CO₂ in meno rispetto all'anno di riferimento.

Certamente la CO₂ è il gas serra più importante, con i suoi 3.296 milioni di tonnellate costituisce l'81% delle emissioni totali del 2019; mentre le emissioni di gas fluorurati costituiscono il 2.6% delle emissioni totali di gas serra nell'UE e al 2019 queste ammontano a 106 Mt CO₂ eq. il 46% in meno rispetto ai livelli del 1990.

GREENHOUSE GAS EMISSIONS	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Net CO ₂ emissions/removals	4 276	3 909	3 866	3 996	3 624	3 485	3 421	3 329	3 173	3 214	3 199	3 248	3 167	3 029
CO ₂ emissions (without LULUCF)	4 494	4 218	4 185	4 322	3 956	3 814	3 758	3 667	3 492	3 530	3 513	3 526	3 446	3 296
CH ₄	729	673	612	552	496	486	483	472	464	464	458	460	451	443
N ₂ O	407	367	325	305	259	254	253	253	256	257	256	261	257	255
HFCs	29	43	53	73	99	103	106	110	112	106	106	105	99	94
PFCs	26	17	12	7	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3
Unspecified mix of HFCs and PFCs	6	6	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2
SF ₆	11	15	10	8	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7
NF ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (with net CO₂ emissions/removals)	5 485	5 031	4 881	4 943	4 490	4 339	4 274	4 174	4 015	4 052	4 030	4 085	3 985	3 833
Total (without CO₂ from LULUCF)	5 702	5 340	5 200	5 269	4 821	4 668	4 611	4 512	4 335	4 367	4 345	4 363	4 265	4 100
Total (without LULUCF)	5 669	5 305	5 166	5 236	4 790	4 637	4 578	4 481	4 303	4 335	4 312	4 327	4 233	4 067

Figura 5: Panoramica sulle emissioni di gas serra in EU-KP dal 1990 al 2019 espresse in tonnellate di CO₂ equivalente.

Analizzando la situazione generale rispetto ad alcuni paesi Europei (Figura 6) si può osservare come sia in corso un generale miglioramento nelle emissioni.

La situazione della **Francia** è interessante, poiché mentre nel periodo 2010-2014 mostra una riduzione evidente delle emissioni climalteranti, registra negli stessi anni un incremento delle emissioni dei gas fluorurati. Nel periodo successivo (2014-2019), invece, risulta maggiormente evidente l'attuazione delle politiche del regolamento F-gas entrato in vigore nel 2014, con una riduzione delle emissioni del 22%.

La **Germania** invece, che nel periodo 2010-2014 dimostrava di essere virtuosa rispetto alle emissioni di F-ga (-2%), nel periodo 2014-2019 diventa uno degli stati Europei presi in considerazione con la percentuale di emissione più alta (5%).

L'**Italia**, nei due periodi presi in considerazione per l'elaborazione delle emissioni, dimostra un trend positivo rispetto alla tendente diminuzione delle emissioni tutti i gas serra in senso generale, della CO₂, mentre c'è ancora molto da fare rispetto alle emissioni di F-gas(+21% nel periodo pre Regolamento 517/2014 e +5% rispetto alle emissioni di F-gas nel periodo 2014-2019), questo probabilmente per una scarsa conoscenza degli effetti che questi gas possono avere, per un parco impianti di refrigerazione prossimi al rinnovo e a manutenzioni specifiche e per questioni legate a problemi di gestione non sostenibile di queste sostanze altamente climalteranti.

In **Spagna** confrontando i dati dei due periodi presi in esame, evidenzia una buona attuazione delle politiche volte alla salvaguardia dell'atmosfera che nel 2019 porta alla ulteriore riduzione delle emissioni di F-gas del -62%.

L'**Inghilterra** ha un comportamento simile alla Francia, seppur con problemi di emissioni sostanziali di F-gas (+13%) nel periodo 2010-2014, presenta una generale riduzione delle emissioni e un miglioramento al 2019 anche per quanto riguarda i gas fluorurati (-6%).

Emissioni anno 2014	Tutti i gas serra	CO ₂	F-gas	Emissioni anno 2019	Tutti i gas serra	CO ₂	F-gas
EU-27+UK	4295574	3486340	121716	EU	4059228	3289716	105521
VAR. % (2010/2014)	-10%	-12%	11%	VAR. % (2014/2019)	-6%	-6%	-13%
Francia	454623	335611	19488	Francia	435999	326202	15165
VAR. % (2010/2014)	-11%	-13%	3%	VAR. % (2014/2019)	-4%	-3%	-22%
Germania	901255	792588	13978	Germania	809799	711428	14674
VAR. % (2010/2014)	-4%	-5%	-2%	VAR. % (2014/2019)	-10%	-10%	5%
Italia	427930	349582	16895	Italia	418281	339772	18314
VAR. % (2010/2014)	-17%	-20%	21%	VAR. % (2014/2019)	-2%	-3%	8%
Spagna	325609	255068	16262	Spagna	314529	251498	6215
VAR. % (2010/2014)	-9%	-10%	-3%	VAR. % (2014/2019)	-3%	-1%	-62%
Regno Unito	522680	436062	14373	Regno Unito	449177	366448	13444
VAR. % (2010/2014)	-14%	-14%	13%	VAR. % (2014/2019)	-14%	-16%	-6%

Figura 6: Emissioni totali (UNFCCC escluse LULUCF) Europee e alcuni Stati Europei per tutti i gas serra, la CO₂ e gli F-gas in milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti; differenza percentuale delle emissioni secondo due rapporti: 2010/2014 e 2014/2019 – Elaborazione Legambiente

I settori della refrigerazione e dell'aria condizionata sono i principali responsabili delle emissioni di gas fluorurati, nel 2019 hanno contribuito al 79% delle emissioni di gas fluorurati totali. Altri settori coinvolti nell'immissione in atmosfera di questi gas sono anche le attività industriali di produzione del F-gas, il loro impiego nelle schiume isolanti, negli aerosol e nell'antincendio, il 98% delle emissioni provenienti da queste fonti è comunque costituito da **HFC**.

Nell'ambito delle emissioni dovute alla refrigerazione e all'aria condizionata le principali sottocategorie che maggiormente contribuiscono sono quella della refrigerazione commerciale (negozi e supermercati), degli impianti di aria condizionata delle automobili e degli impianti di aria condizionata fissi.

Vale la pena sottolineare che le emissioni di HFC provenienti dalla refrigerazione e condizionamento al 2019 sono comunque diminuite per il quinto anno di seguito a partire dal 2014.

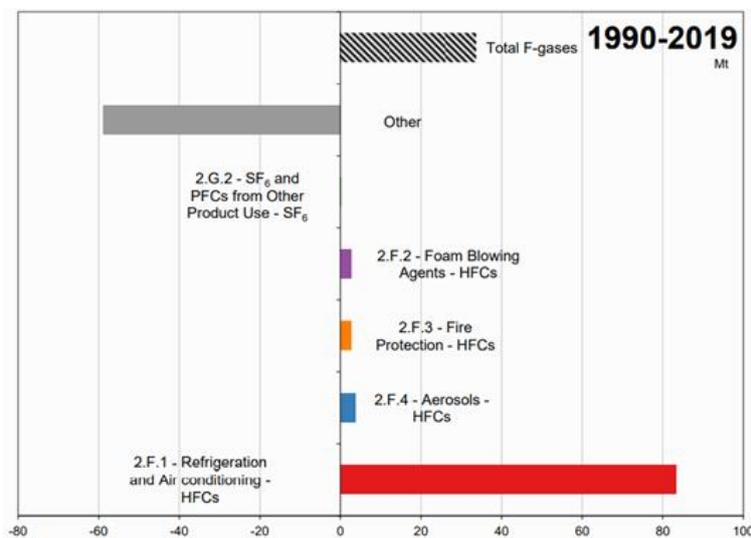


Figura 7: Variazione assoluta delle emissioni di gas fluorurati per le principali fonti di emissione dal 1990 al 2019 in CO₂ equivalenti (Mt) per EU-KP

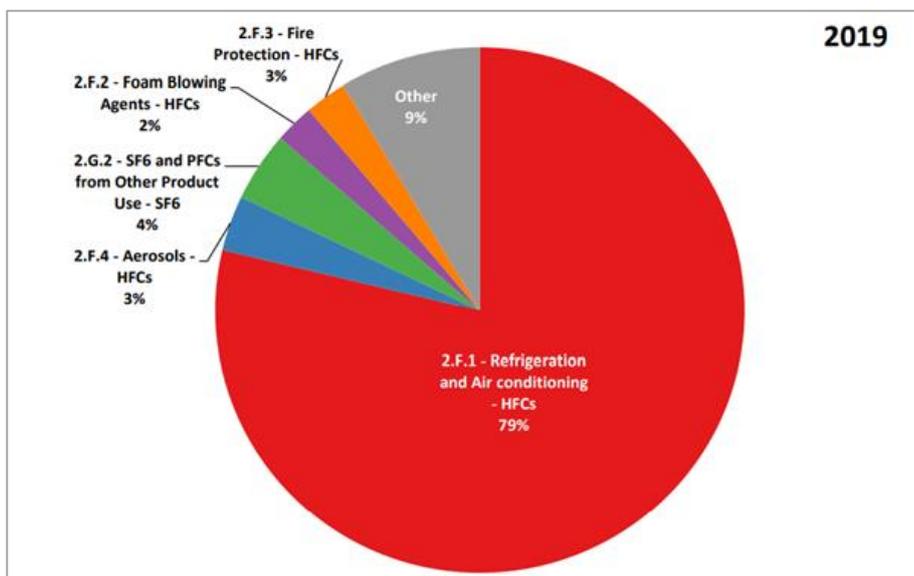


Figura 8: contributo delle principali categorie di fonti e di tutte le restanti categorie alle emissioni di gas fluorurati nel 2019 per EU-KP



Le principali sottocategorie che maggiormente contribuiscono alle emissioni da refrigerazione e aria condizionata sono quella della **refrigerazione commerciale**, degli **impianti di aria condizionata delle automobili** e degli **impianti di aria condizionata fissi**.

Scendendo un po' nel dettaglio, nell'ambito delle emissioni dovute alla **refrigerazione e all'aria condizionata**, l'Italia risulta essere il paese che maggiormente contribuisce a livello europeo alle emissioni da queste fonti, con ben il 17%, seguita da Francia, Regno Unito e Germania che insieme costituiscono in 55% delle emissioni totali.

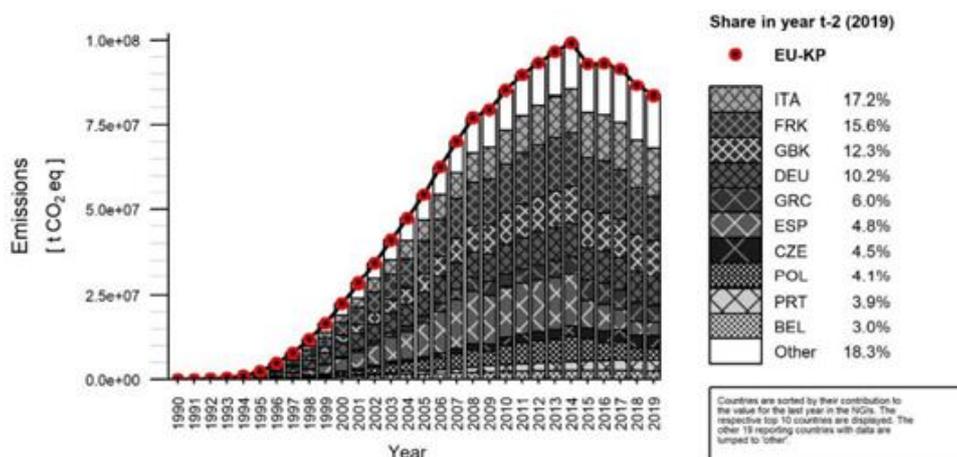


Figura 9: Emissioni HFC da refrigerazione e aria condizionata

Per quanto riguarda la **refrigerazione commerciale** il 2014 risulta essere stato l'anno con emissioni più elevate, queste si sono poi progressivamente ridotte negli anni successivi, in linea con l'applicazione del regolamento No 517/2014 e la direttiva EU MAC. In questa categoria l'Italia ha contribuito al 26% delle emissioni, con valori nettamente più elevati rispetto agli altri paesi.

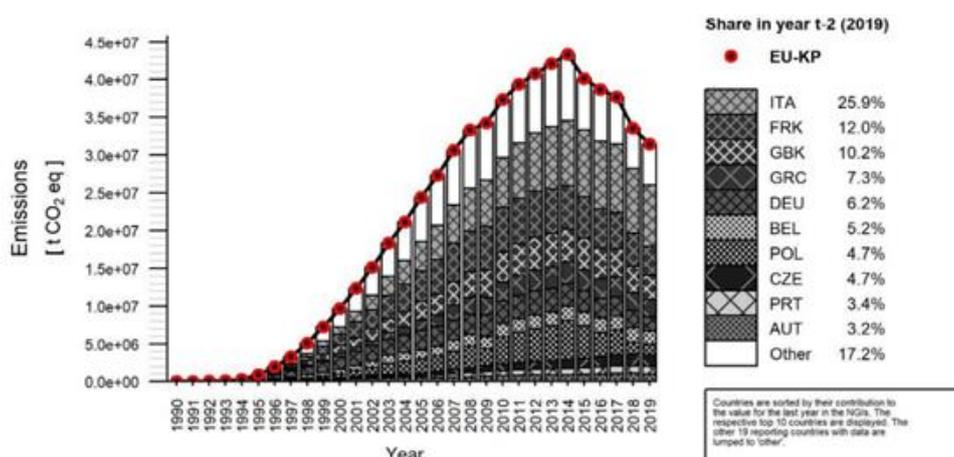


Figura 10: Emissioni HFC da refrigerazione commerciale

Le emissioni di HFC da impianti di **aria condizionata delle automobili** hanno registrato un progressivo aumento a partire dal 1990 fino agli anni 2014-15 e una successiva riduzione per poi stabilizzarsi tra il 2017 e il 2019. La riduzione delle emissioni in questa sottocategoria può essere



anche legata all'introduzione nuovo refrigerante l'R1234yf. L'Italia mantiene una percentuale importante pari al 9% delle emissioni EU.

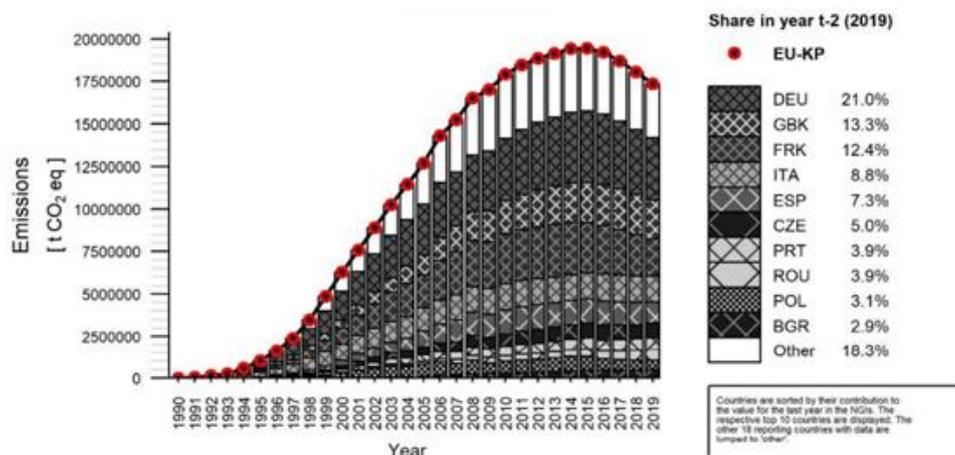


Figura 11: Emissioni HFC da aria condizionata nelle automobili

Per gli **impianti di condizionamento fissi**, invece, le emissioni di HFC sono aumentate esponenzialmente dal 1990 al 2018 e risultano stabili al 2019; anche in questa categoria l'Italia risulta essere al primo posto in Europa con un contributo del 22% circa.

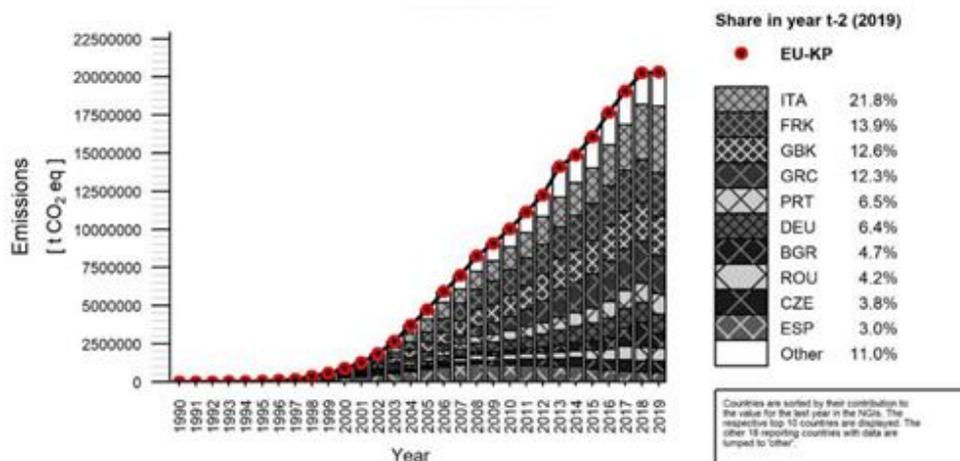


Figura 12: Emissioni HFC da impianti di condizionamento fissi

Sebbene il 90 % delle emissioni provenga dal compartimento della refrigerazione e dell'aria condizionata, al totale contribuiscono anche gli HFC che provengono dal loro impiego come agenti espandenti nelle schiume con il 2.9% e quelli utilizzati come propellenti per gli aerosol e inalatori con il 3.9%.

Le emissioni dovute all'impiego di HFC come agente espandente nelle schiume sono state particolarmente alte tra gli anni 2000 e 2008, la sostituzione degli HFC con altre sostanze, soprattutto idrocarburi, ha portato negli ultimi dieci anni ad una riduzione degli HFC emessi tanto che queste al 2019 risultano ridotte del 4% rispetto agli anni precedenti.

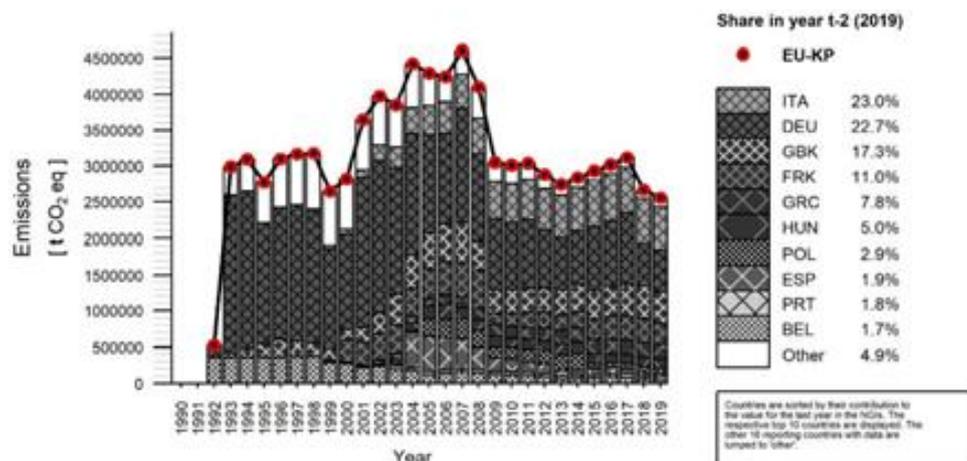


Figura 13: Emissioni HFC dal settore delle schiume

Le emissioni di HFC dovute all'impiego negli **aerosol e inalatori** nel 2019 sono cresciute del 130% rispetto al 1995; questo può essere legato in parte all'eliminazione graduale delle ODS in questa sottocategoria, ma anche all'aumento dell'uso di aerosol medici in tutta Europa, soprattutto per il trattamento dell'asma. Dal 2018 in poi per effetto regolamento UE sui gas fluorurati, le emissioni dovute a aerosol tecnici sono ridotte; questo si riflette in una diminuzione del 19% delle emissioni EU-KP nel 2019 rispetto al 2018.

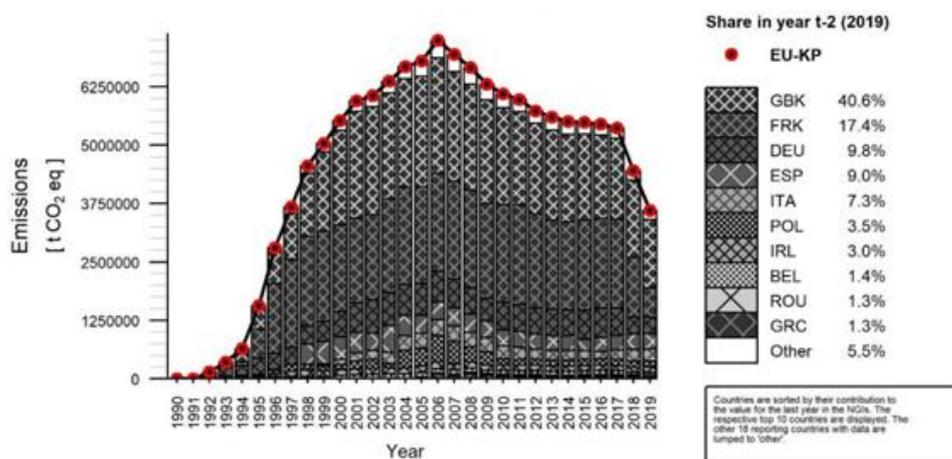


Figura 14: Emissioni HFC da aerosol e inalatori

Nel 2019, le emissioni di HFC da prodotti antincendio sono rimaste pressoché invariate rispetto al 2015, 2016, 2017 e 2018, anche se rispetto al 1995 risultano aumentate drasticamente. Questo incremento è stato causato dall'eliminazione graduale delle sostanze ozono lesive, in particolare halon, come agenti estinguenti ai sensi del Protocollo di Montreal e la successiva introduzione di HFC e altre alternative ODS in sostituzione.

I maggiori contributori a questo settore sono l'Italia (59,8%), il Regno Unito (11,7%) e la Grecia (6,0%), questi tre paesi rappresentano il 77,3% della quota di emissioni EU-KP in questo settore.

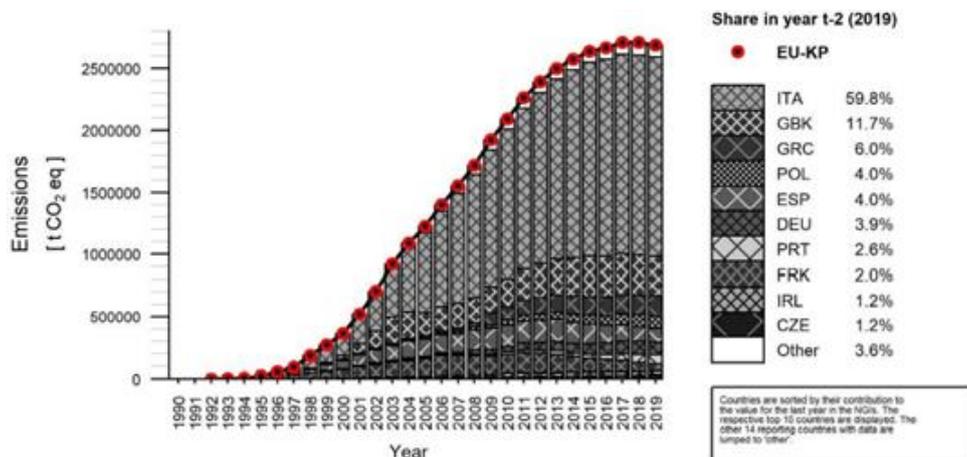


Figura 15: Emissioni HFC da agenti estinguenti

Nel rapporto ISPRA 2021 vengono riportati gli andamenti delle emissioni per i diversi gas serra in Italia tra il 1990 e il 2019; a livello nazionale, le emissioni totali di gas serra sono diminuite del 19,4% tra il 1990 e il 2019, passando da 519 a 418 milioni di tonnellate in CO₂ equivalente.

Alcuni tra i principali inquinanti hanno riportato evidenti riduzioni, come l’N₂O sceso del 33,9%, invece le emissioni per quanto riguarda i gas fluorurati sono aumentate nel periodo di tempo considerato.

Nello specifico tra gli F-gas ad essere aumentate notevolmente sono le emissioni di HFC che sono passate da 0,4 nel 1990 a 16,8 Mt CO₂ eq. nel 2019 e anche se in minor grado anche quelle dell’SF₆ incrementate dell’8% nello stesso periodo di riferimento; mentre sono diminuite di oltre il 64% quelle del PFC.

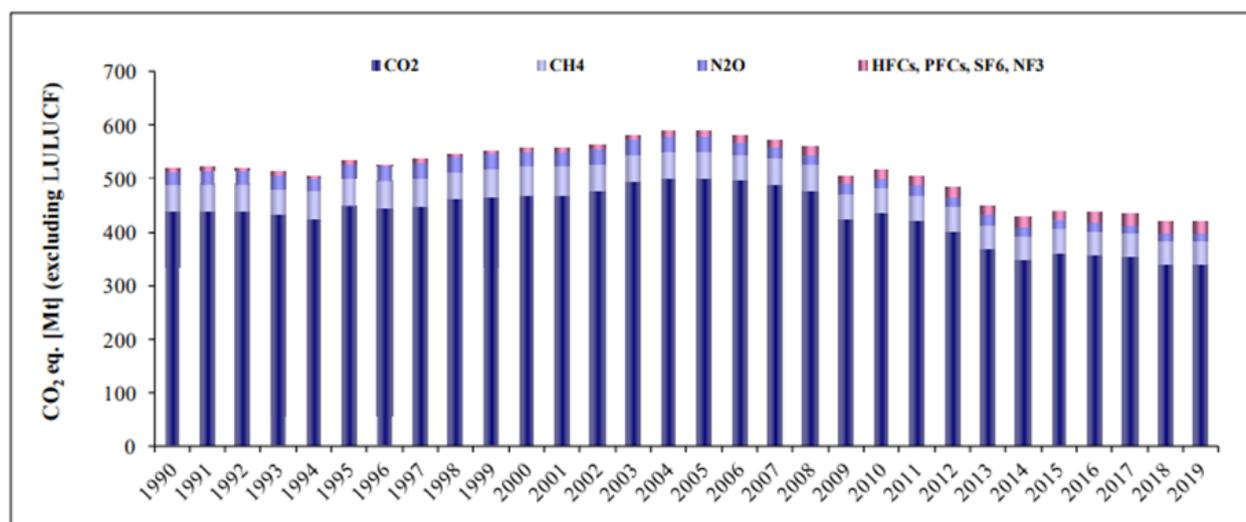


Figura 16: Emissioni nazionali di gas serra dal 1990 al 2019 (escluso LULUCF) (Mt CO₂ eq.)

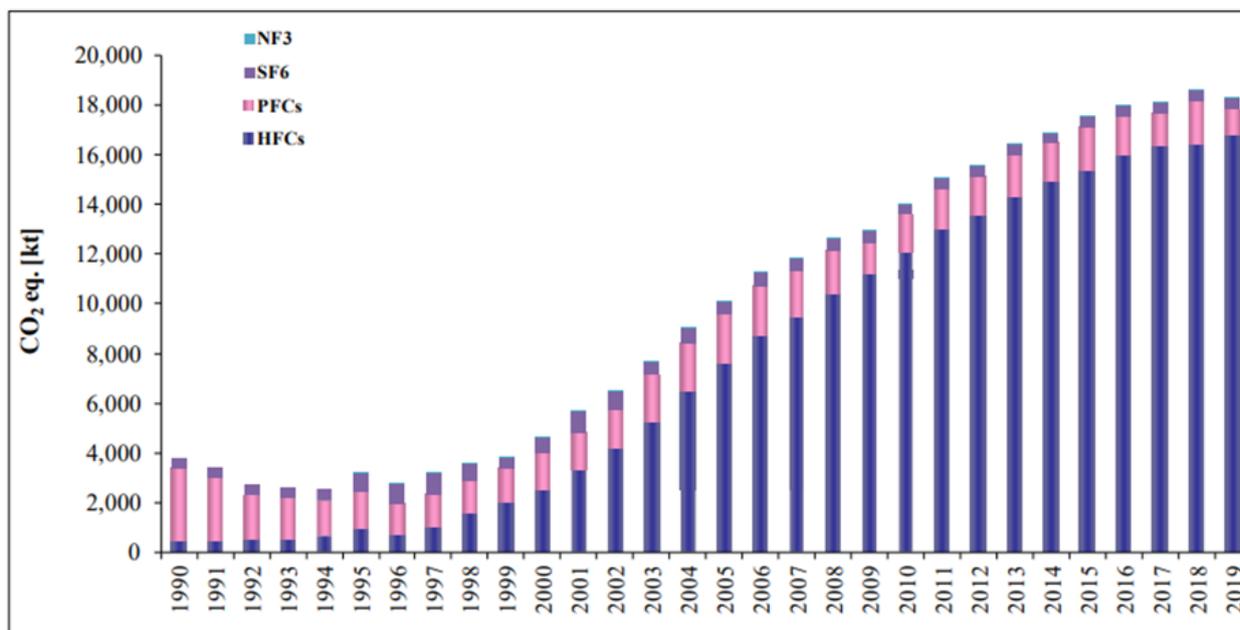


Figura 17: Emissioni nazionali di gas fluorurati dal 1990 al 2019 (escluso LULUCF) (Mt CO₂ eq.)

Mentre nel resto d'Europa le emissioni di gas serra da HFC nello specifico, tendono a diminuire, in Italia come si evince dalla figura 8, queste tendono ad aumentare in modo esponenziale, a causa del consumo di HFC con un GWP molto alto (quantità pari a oltre 25000 tonnellate anno)⁵. Questo è legato molto probabilmente anche alla manutenzione di impianti datati presenti in moltissimi esercizi commerciali, che utilizzano refrigeranti altamente clima-impattanti e che ne disperdono in ambiente il 12-15% all'anno a causa delle perdite in esercizio.

I gas fluorurati in Italia nel 2019 rappresentano il 4,4% delle emissioni in termini di CO₂ eq. gli HFC sono aumentati tra il 1990 e il 2019, da 0,4 a 16,8 milioni di tonnellate di CO₂ eq.⁶

L'ISPRA quantifica in 6 Mt CO₂ eq. il contributo richiesto al settore dei processi industriali ed F-gas per allinearsi agli obiettivi di emissioni nette zero al 2050.

⁵ Dato ANIMA Confindustria

⁶ ISPRA, 2021.

LA REVISIONE ED IL NUOVO REGOLAMENTO EU SUGLI FGAS

Il regolamento sui gas fluorurati è un punto di riferimento della legislazione climatica dell'Unione Europea (UE) per la transizione e la riduzione progressiva dell'utilizzo dei gas fluorurati come gli idrofluorocarburi (HFC) e l'esafluoruro di zolfo (SF₆).

Dopo circa sette anni di applicazione del Regolamento EU 517/2014 sui gas fluorurati, la legislazione è ora in fase di revisione per essere migliorata e se in parte ha funzionato, almeno sulla carta, per diminuire le vendite di HFC, in larga parte ha prevenuto l'arrivo sul mercato di alternative meno impattanti, ha creato squilibri nei mercati che hanno comportato picchi di prezzo e ha generato lo spazio per un traffico illegale di refrigerante a tratti fuori controllo.

L'obiettivo della nuova revisione del regolamento sugli F-gas, secondo noi, deve essere orientata e focalizzata sull'utilizzo dei gas refrigeranti naturali come valida, innovativa e funzionale alternativa alle miscele chimiche, atta a contenere le emissioni e gli impatti non del tutto ancora conosciuti; contrastare i traffici illeciti e le illegalità legate agli HFC; potenziare la formazione e incentivare l'utilizzo dei gas naturali; creare un mercato sano, nei pieni principi della decarbonizzazione e dell'economia circolare dei rifiuti di questi gas, che possono essere oggi rigenerati e utilizzati come soluzione ponte, nell'attesa che si completi il *phase down*.

Il presente documento identifica diversi settori in cui il regolamento sui gas fluorurati richiede una revisione per rafforzare e migliorare la sua attuazione e per aumentare le ambizioni in materia di clima definite nell'European Green Deal.

Di seguito vengono riportate le principali raccomandazioni che insieme ad alcune associazioni europee, guidate da EIA (*Environmental Investigation Agency*), abbiamo richiesto alle istituzioni nazionali di prendere in considerazione in vista della revisione del Regolamento F-gas 517/2014.

1. Velocizzare il programma di phase-down degli HFC

Raccomandazione: Far avanzare le fasi di riduzione del 2024 e del 2027 allineare il settore agli obiettivi climatici europei del 2030 e 2050, tenendo conto dei progressi delle tecnologie alternative e introducendo un bando di utilizzo di gas con GWP >4 per la maggior parte degli usi e ridurre la penultima fase nel 2027 al 10% e la fase definitiva nel 2030 al 5%, in aggiunta a quanto richiesto dall'Emendamento Kigali.

2. Implementare un sistema di licenze in tempo reale come quelle per le sostanze ODS (Ozono Lesive).

Raccomandazione: Adottare un solido sistema di licenze HFC in tempo reale basato sul sistema di licenze ODS, che richiede per ogni spedizione licenze per tutti gli HFC, compresi gli HFC esenti e gli HFC in transito.

3. Eliminare la scappatoia di 100t CO₂e.

Raccomandazione: Eliminare l'esenzione per i produttori e gli importatori che immettono sul mercato meno di 100 tonnellate di CO₂e all'anno. Il sistema è stato aggirato con la creazione di piccole aziende prestanome.

4. Eliminare le esenzioni gratuite e la riserva per i nuovi iscritti.

Raccomandazione: Assegnare alle quote di HFC un costo attraverso un'asta o una tassa di allocazione, utilizzando queste entrate per sostenere l'attuazione e l'applicazione del regolamento da parte degli Stati membri (informazione, formazione, controllo alle dogane) e per facilitare l'adozione delle tecnologie dei refrigeranti naturali.

5. Garantire la trasparenza dell'assegnazione delle quote HFC e fornire pieno accesso al registro alle autorità doganali e al pubblico.

Raccomandazione: Rendere disponibili al pubblico le informazioni sull'assegnazione delle quote di HFC e rendere disponibili al pubblico le informazioni nel registro elettronico.

6. Risolvere le lacune nella definizione di "Contenitore non ricaricabile" e vietarne l'uso.

Raccomandazione: Modificare la definizione di "contenitore non ricaricabile" e proibire l'uso di contenitori non ricaricabili in tutta l'UE.

7. Stabilire sanzioni civili minime per le violazioni delle quote HFC da parte della Commissione e richiedere sanzioni penali negli Stati membri.

Raccomandazione: Includere sanzioni civili minime nel regolamento revisionato sui gas fluorurati, basate su un moltiplicatore del valore del sequestro di HFC, che devono essere imposte dalla Commissione e richiedere sanzioni penali per specifiche violazioni negli Stati membri.

8. Rafforzare l'obbligo di distruzione dei sottoprodotti di HFC-23.

Raccomandazione: Stabilire uno schema di certificazione con piena tracciabilità e trasparenza per la distruzione dei sottoprodotti di HFC-23 e richiedere ai produttori e agli importatori di riferire sulla conformità a tale disposizione nei loro rapporti annuali. Inoltre, l'UE dovrebbe importare HFC solo da paesi che hanno ratificato e sono in conformità con la disposizione sulla distruzione dei sottoprodotti di HFC-23 contenuta nell'emendamento Kigali.

9. Richiedere schemi di responsabilità del produttore (EPR) che soddisfino i requisiti minimi.

Raccomandazione: Richiedere agli Stati membri di garantire l'istituzione di sistemi EPR per gli HFC che soddisfino determinati requisiti minimi, che devono essere dettagliati nella legislazione con ulteriori norme adottate tramite atti di implementazione o atti delegati.

10. Ispezione e controlli.

Raccomandazione: Stabilire requisiti minimi di controllo e un meccanismo UE di targeting basato sul rischio per assistere gli Stati membri nell'esecuzione delle verifiche ispettive, oltre ad adottare una politica di sorveglianza del mercato e di coordinamento a livello UE per il regolamento sui gas fluorurati.

11. Istituire un fondo per le forniture di HFC sequestrate.

Raccomandazione: Istituire un fondo a cui le autorità doganali possano accedere per smaltire le spedizioni di HFC sequestrate in modo ecocompatibile.

12. Formazione obbligatoria sulle tecnologie e sui refrigeranti naturali nei programmi di certificazione.

Raccomandazione: Richiedere che i programmi di certificazione stabiliti dagli Stati membri includano una formazione obbligatoria sui refrigeranti naturali e sulle tecnologie, comprese strutture di formazione pratica che consentano una formazione sulle attrezzature pertinenti. Promuovere la formazione primaria delle nuove generazioni di frigoristi.

13. Aggiornare gli Standard Antiquati.

Raccomandazione: Richiedere un aggiornamento delle norme antiquate per consentire l'introduzione di tecnologie sicure ed efficienti dal punto di vista energetico per i refrigeranti naturali, in particolare quelli che si basano su refrigeranti A3; le norme europee dovrebbero supportare i requisiti tecnici minimi per tutte le potenziali misure delle tariffe e dovrebbero essere esplicitamente definite nel regolamento rivisto sui gas fluorurati.

14. Promuovere schemi di incentivazione e appalti pubblici per alternative prive di HFC.

Raccomandazione: Richiedere agli Stati membri di promuovere programmi di incentivazione e di rivedere e aggiornare le politiche in materia di GPP per promuovere l'introduzione delle tecnologie dei refrigeranti naturali.

15. Rafforzare i divieti di immissione sul mercato di cui all'allegato III.

Raccomandazione: Includere divieti immediati per i sottosettori che avrebbero potuto già convertirsi ad alternative prive di HFC basate sulle tecnologie dei refrigeranti naturali disponibili un decennio fa, come identificato nella Valutazione d'Impatto, e adottare divieti prospettici per il 2025 e il 2030 per i restanti sottosettori (inclusi quelli nuovi) sulla base di una più recente analisi delle tecnologie dei refrigeranti naturali e a basso GWP oggi disponibili. Ciò dovrebbe includere, come minimo, il rafforzamento dei divieti esistenti nei sistemi di condizionamento d'aria fissi a singolo split e nei sistemi centralizzati multipack per vietare il GWP >15, oltre all'introduzione di nuovi divieti nelle unità di condensazione nella refrigerazione commerciale e nelle pompe di calore, discussi separatamente qui di seguito.

16. Introdurre divieti per le pompe di calore idroniche ad alto GWP.

Raccomandazione: Adottare divieti immediati per i sottosettori che avrebbero potuto già convertirsi ad alternative prive di HFC basate sulle tecnologie dei refrigeranti naturali disponibili una decina di anni fa, come identificato nella valutazione d'impatto, tra cui le pompe di calore domestiche di origine terrestre (GSHP), le pompe di calore ad acqua (WSHP), le pompe di calore ad aria di scarico e le pompe di calore ad aria monoblocco (ASHP).

17. Introdurre divieti e misure di contenimento per gli apparecchi di commutazione basati su SF6.

Raccomandazione: Assicurarsi che tutti gli utilizzi di SF6 siano riportati per consentire un accurato profilo delle emissioni. Includere divieti immediati per i nuovi quadri elettrici contenenti SF6 fino a 145kV e un potenziale divieto per i quadri elettrici basati su SF6 oltre 145kV entro il 2025 con controlli obbligatori delle perdite per i sistemi non ermeticamente sigillati e per tutti i sistemi superiori a 5 kg. Le emissioni al termine del ciclo di vita della centrale di commutazione esistente basata su SF6 dovrebbero essere gestite attraverso schemi di responsabilità del produttore.

18. Esprimere al meglio l'impatto del riscaldamento a breve termine di un'azione ambiziosa.

Raccomandazione: Valutare l'impatto climatico ed una riduzione accelerata degli HFC nell'UE e dei divieti di mercato in termini di GWP20, in parallelo all'attuale GWP100, per fornire ai responsabili politici e al pubblico

IL MERCATO ILLEGALE DEGLI HFC

L'entrata in vigore del regolamento sui gas fluorurati del 2014, introduce l'eliminazione graduale degli HFC all'interno UE, e ha portato ad una disponibilità di prodotto sul mercato via via inferiore e ad un conseguente aumento dei prezzi, favorendo così l'esplosione di un commercio illegale nato per soddisfare la domanda. Le indagini portate avanti dall' EIA (Environmental Investigation Agency) hanno messo in evidenza la centralità del ruolo giocato della Romania quale punto di accesso per gli HFC illegali provenienti dalla Cina nei mercati UE, portando alla luce due importanti rotte di contrabbando: una che passa direttamente dalla vicina Ucraina, e una proveniente dalla Turchia attraverso la Bulgaria.



Figura 18: rotte commerciali per ingresso HFC illegali in UE

Le modalità di contrabbando riscontrate sarebbero di due tipi:

- la prima consiste nell'abuso delle procedure di transito, ovvero nel fingere che i gas importati siano in realtà destinati a paesi extraeuropei salvo poi venderli nei paesi europei;
- la seconda è la moltiplicazione dei prestanome legali. I dati dell'Agenzia Europea dell'Ambiente mostrano che il numero di aziende che segnalano importazioni di HFC è quasi raddoppiato dal 2018-19 (da 895 a 1.694), molte di queste non hanno legami apparenti con il business degli f-gas e sono fortemente indiziate di fungere da paravento per la criminalità.

Benché le dimensioni del commercio illegale di HFC non possano essere stimate con esattezza, l'EIA ritiene che siano significative, probabilmente tra il 20 e il 30% del commercio legale: se la quota legale annualmente consentita dall'UE è di 100,3 milioni di tonnellate di CO₂ eq. di gas refrigeranti, questo indicherebbe che il volume di HFC illegale che entra nell'UE potenzialmente raggiunge i 30 milioni di tonnellate di CO₂ eq.

Sempre secondo il rapporto EIA sul commercio illegale di quest'anno, il contrabbando alla luce del sole (cioè le importazioni spedite apertamente attraverso le dogane, ma senza possedere le

corrispondenti quote) ammontava a circa 16,3 MtCO₂ eq nel 2018, rappresentando oltre il 16% delle quote allocate del 2018. Secondo i dati doganali, nel 2018 e nel 2019 le importazioni sono state del 5-8% superiori alle importazioni di HFC segnalate al Registro HFC, pari a 3.437 tonnellate nel 2018 e 4.207 tonnellate nel 2019.



Figura 19: importazioni HFC verso EU-28

Nonostante alcuni importanti sforzi di adeguamento dei controlli, gran parte del commercio illegale di HFC rimane inosservato costituendo un problema continuo per molti Stati membri; inoltre, a facilitarne l’espansione contribuiscono una regolamentazione debole e la mancanza di conseguenze per i trasgressori, che hanno così reso il commercio illegale di HFC un’attività ad alti profitti e basso rischio. È urgente e necessario introdurre un regime di sanzioni minime armonizzate a livello europeo affinché la criminalità legata agli HFC non sia più una minaccia per gli obiettivi climatici dell’UE.

Già lo scorso anno nel rapporto Ecomafia⁷, raccontavamo dell’operazione “Demeter V” rispetto alle importazioni di gas refrigeranti, che nel 2019 hanno subito un calo del 28%, ma un incremento del 35% di prodotti contenenti PFC e HFC.

IMPORTAZIONI ITALIANE DI GAS REFRIGERANTI – QUANTITÀ IN KG

Tipologia merce	Anno					var % 2019/2018
	2015	2016	2017	2018	2019	
290339 – Derivati fluorurati, derivati bromurati e derivati iodurati degli idrocarburi aciclici, altri	4.773.618	5.271.791	6.061.123	5.508.248	3.959.215	-28,1%
382478 – Miscugli contenenti perfluorocarburi (PFC) o idrofluorocarburi (HFC)	396.687	487.599	456.816	656.970	886.461	34,9%
Totale	5.170.305	5.759.390	6.517.939	6.165.218	4.845.676	-21,4%

Figura 20: Dati Operazione “Demeter V” in Italia – Ecomafia 2020

⁷ Ecomafia 2020 – Le storie e i numeri della criminalità ambientale in Italia. A cura dell’Osservatorio nazionale ambiente e legalità di Legambiente.

Nel 2019 l’Agenzia delle dogane e dei monopoli italiana ha partecipato all’operazione *Demeter V* organizzata dall’Organizzazione Mondiale delle Dogane (OMD), in collaborazione con l’Amministrazione doganale cinese e il supporto operativo dell’Ufficio di collegamento regionale per l’Asia e il Pacifico RILO AP, finalizzata alla lotta al traffico transnazionale illecito di rifiuti pericolosi. Il contributo fornito dall’Agenzia è stato di particolare rilievo ed è consistito in un’analisi dei flussi e nel contestuale inserimento di specifici profili di rischio nel Circuito doganale di controllo dell’Agenzia per effettuare selezioni mirate delle spedizioni da sottoporre a controllo. L’attività sinergica implementata dalla collaborazione degli Uffici locali delle dogane e dagli accertamenti effettuati dai laboratori chimici delle dogane, ha portato complessivamente all’effettuazione di 18 sequestri, per circa 19 tonnellate di merce illecita, costituita da rifiuti di materiali elettrici ed elettronici, bombole non ricaricabili contenenti gas refrigeranti e bombolette spray per capelli pericolose per l’uomo e per l’ambiente. I casi segnalati che hanno riguardato i gas refrigeranti sono stati la tentata introduzione illecita, a seguito di un passeggero, di cilindri di gas refrigerante in contenitori non ricaricabili, per violazione del Reg. UE 517/2014, di soggetti in arrivo nel territorio dell’Unione Europea su veicoli imbarcati su traghetti provenienti dal continente africano o dalla Turchia, nonché la tentata importazione di macchinari che contenevano gas refrigeranti ormai divenuti illegali.

Inoltre, sempre nel 2019, l’Ufficio delle dogane di Varese, a seguito di due distinte segnalazioni dell’Ufficio Europeo Antifrode (OLAF), ha proceduto a effettuare due ingenti sequestri di gas refrigeranti, importati in violazione del sistema delle quote. Nel primo caso a seguito dei controlli espletati e delle violazioni riscontrate, con particolare riferimento agli artt. 16 e 17 del Regolamento UE 517/2014, l’Ufficio locale procedeva al sequestro di 10 tonnellate di HFC, contenuto in 960 bombole, per un valore di circa 96.000 euro, importati dalla Turchia ma fabbricati in Cina, in violazione del sistema delle quote. Nel secondo caso, l’Ufficio delle dogane di Varese procedeva a effettuare l’accesso presso la sede operativa della società segnalata, con l’intento di individuare eventuali rimanenze di magazzino di HFC, importate anche nel corso del 2019. A seguito dell’accesso, i funzionari rinvenivano una rimanenza di 138 bombole di gas a effetto serra HFC, per un peso di 2,5 tonnellate, del valore di circa 27.500 euro.

In Italia, anche nel 2020, l’azione delle dogane ha portato i suoi frutti, come si evince nel rapporto Ecomafia presentato lo scorso 16 novembre 2021⁸. Infatti, il 7 febbraio del 2020 l’Agenzia delle dogane di Varese sequestrava 2 tonnellate di gas a effetto serra, contenuti in bombole provenienti dalla Turchia di origine cinese, per un valore di oltre 27.000 euro. Contestualmente, gli uffici doganali di Milano sequestravano altre 12,5 tonnellate di gas provenienti sempre dalla Turchia e prodotti in Cina, pari a oltre 26.000 tonnellate equivalenti di CO₂. Questa volta gli HFC erano contenuti in 960 bombole per un valore di circa 96.000 euro. Come hanno precisato in una nota stampa dei doganieri, *“si tratta di sostanze dall’elevatissimo potenziale di riscaldamento globale (GWP – Global Warming Potential), migliaia di volte superiore rispetto alla propria massa, secondo la tabella di cui agli allegati I e IV del Regolamento UE 517/2014”*. In materia di danno all’ambiente sono state quindi evitate immissioni in atmosfera di diverse migliaia di tonnellate di anidride carbonica. Per avere un’idea dell’impatto ambientale evitato, basti pensare che le quantità di cui stiamo parlando corrispondono alla CO₂ emessa da più di cento automobili di media cilindrata (110 g/mm) che

⁸ Ecomafia 2021 – *Le storie e i numeri della criminalità ambientale in Italia*. A cura dell’Osservatorio nazionale ambiente e legalità di Legambiente.

percorrono una distanza pari a quasi 239 milioni di chilometri (circa 6.000 giri sull'equatore intorno alla terra, o circa 311 viaggi andata e ritorno dalla terra alla luna).

Il mercato nero danneggia tutti: vanifica gli sforzi ambientali, lede i produttori e i rivenditori onesti, arricchisce ecomafie e criminalità organizzata. Molte Agenzie si stanno attivando, ma le dogane dei singoli paesi non sempre riescono a intervenire adeguatamente: servirebbero più mezzi, più collaborazione internazionale e maggiore formazione dedicata. I gas illegali non sono controllati e sono spesso pericolosi per utenti e tecnici. Inoltre, sono una vasta fonte di evasione fiscale. Il mercato nero danneggia tutti: vanifica gli sforzi ambientali, lede i produttori e i rivenditori onesti, arricchisce ecomafie e criminalità organizzata.

Molte Agenzie si stanno attivando, ma le dogane dei singoli paesi non sempre riescono a intervenire adeguatamente: servirebbero più mezzi, più collaborazione internazionale e maggiore formazione dedicata. I gas illegali non sono controllati e sono spesso pericolosi per utenti e tecnici. Inoltre, sono una vasta fonte di evasione fiscale.

Come concordano gli esperti, il contrasto ai traffici illeciti passa necessariamente da azioni mirate e coordinate a livello internazionale, non solo in ambito UE. Soprattutto in ambito doganale lo scambio di informazioni tra tutte le forze di polizia e le autorità di controllo, integrato da approfonditi lavori di intelligence e di *risk assessment*, dovrebbe diventare la cifra di un lavoro di squadra articolato a livello europeo e mondiale. Un ulteriore passo sarebbe quello di semplificare e armonizzare il regime di quote e permessi tra il livello europeo (Reg. UE 514/2017) e quello mondiale (protocollo di Montreal), emettendo i permessi a titolo oneroso per raccogliere i fondi necessari per attivare una decisa attività di controllo delle autorità doganali e delle forze dell'ordine.

➤ **Anche gli USA diffidano l'uso di HFC**

Anche negli Stati Uniti inizia a crescere la sensibilità e l'azione di contrasto agli HFC e le emissioni ad essi associate, infatti, l'amministrazione Biden ha annunciato lo scorso settembre, che l'Environmental Protection Agency (EPA) rilascerà una nuova regola per ridurre gradualmente gli HFC dell'85% entro i prossimi 15 anni. Le azioni di oggi si basano su una base di ampio sostegno politico, dei leader industriali e delle organizzazioni ambientali, che hanno sostenuto l'American Innovation and Manufacturing (AIM) Act bipartisan approvato nel 2020. Gli USA stanno anche prendendo provvedimenti per prevenire il commercio illegale, sostenere lo sviluppo di alternative HFC e promuovere il recupero e la bonifica delle scorte esistenti. Anche il capo dell'EPA, Michael S Regan, parlando alla COP 26 di Glasgow, ha chiesto regolamenti nazionali applicabili in tutti i paesi per scoraggiare e combattere il commercio illegale di refrigeranti, affermando che la riduzione graduale degli HFC in altri Paesi ha creato un commercio illegale che sta minando i benefici climatici della legislazione. Regan inoltre ha affermato che gli USA da un lato stanno capendo e implementando sistemi per contrastare il commercio illegale, guardando a come stanno affrontando il problema gli altri Paesi e che gli Stati Uniti bandiranno le bombole usa e getta, il contenitore più comunemente usato per i refrigeranti illegali, le bombole monouso saranno bandite dall'importazione e dalla produzione nel 2025, e con un definitivo divieto di vendita nel 2027.

ALTERNATIVE AI GAS FLUORURATI

I REFRIGERANTI NATURALI

I refrigeranti naturali attualmente più utilizzati sono: l'ammoniaca, il propano (e similari) e il biossido di carbonio.

Ammoniaca (R717)

I primi utilizzi dell'ammoniaca sono stati nelle unità ad assorbimento, a cui sono seguiti impianti con compressione di vapore. La principale criticità nel suo utilizzo è la sicurezza (l'ammoniaca è classificata B2, cioè di alta tossicità e moderata infiammabilità). È usata per gli impianti di refrigerazione industriale, nei quali non ci sono problemi di presenza di pubblico, e negli impianti di condizionamento dell'aria di medie capacità, che riducono al minimo la carica di refrigerante. Il fattore che maggiormente favorisce l'ammoniaca è la sua alta reperibilità e il suo bassissimo costo. Ad oggi a livello mondiale nel settore della refrigerazione industriale le quote di mercato già conquistate dalle tecnologie a base di ammoniaca variano dal 90 % in Europa al 95% negli USA. A titolo di esempio, sono refrigerati ad ammoniaca Il Terminal 5 dell'aeroporto di Heathrow a Londra e l'Energy Center delle Olimpiadi nella stessa città, o per citare due esempi in altri climi, gli edifici Governativi di Mauritius e l'Aeroporto di Auckland (NZ).

Idrocarburi (R290, R600a ed altri)

Gli Idrocarburi (HC), gas naturali per eccellenza, come refrigeranti sono considerati "amici dell'ambiente" perché non provocano effetto serra (almeno non direttamente). I principali sono: propano, isobutano, propilene, etano. Il loro ODP (Ozone Depletion Potential) è nullo o quasi nullo (niente impoverimento dell'Ozono stratosferico), ed il loro GWP (Global Warming Potential) è molto basso, le loro proprietà termodinamiche molto buone. L'aspetto critico è però la loro infiammabilità, in genere molto alta. In realtà alcuni di questi refrigeranti sono già ampiamente usati in sistemi frigoriferi di piccola capacità perché la bassa carica di refrigerante in essi contenuta non presenta rischi: il 90% dei frigoriferi domestici venduti in Europa funziona con idrocarburi.

Le applicazioni maggiori appartengono alla refrigerazione commerciale, ai condizionatori d'aria e alle pompe di calore. L'isobutano invece è utilizzato principalmente nei frigoriferi domestici, dove il rischio è ridotto, perché sono sistemi completamente sigillati, e la loro carica è di poche decine di grammi. Il propano, simile all'R22 e quindi suo valido sostituto, è utilizzato nei refrigeratori commerciali e nelle pompe di calore di piccola capacità. Il propano raffresca la canonica della storica Abbazia di Westminster, a Londra e riscalda, invece, con una pompa di calore geotermica l'asilo infantile di Buntingdale, sempre in Inghilterra. L'isobutano è invece impiegato per raffrescare, per esempio, l'ospedale universitario di Aarhus (DK).

Biossido di Carbonio (R744)

Il biossido di carbonio (noto anche come "anidride carbonica"), dopo essere stato a lungo dimenticato, è sempre più utilizzato sia nella refrigerazione industriale, sia per la produzione di pompe di calore. Le sue proprietà termodinamiche permettono di ottenere elevate efficienze sia nella bassa (refrigerazione di banchi frigo) che nell'alta temperatura (pompe di calore per acqua calda sanitaria); è utilizzato come fluido secondario nella refrigerazione ad ammoniaca di grandi e medie dimensioni, nell'industria degli alimenti surgelati per i supermarket, nelle pompe di calore per la produzione di

acqua sanitaria domestica e nel condizionamento degli autoveicoli. Ad oggi in Europa solo il 3% delle pompe di calore domestiche funziona a CO₂, con un mercato che vede la presenza di 16 produttori europei, mentre in Giappone il mercato è già integralmente basato su questa tecnologia (3,5 mln di pezzi, 98% del mercato, 20 produttori) e la Cina sta potenziando la sua capacità produttiva in questa tecnologia, che supera già i 100.000 unità annue. In Giappone anche moltissime pompe di calore di grandi dimensioni funzionano con CO₂: è il caso, per esempio, dell'Ospedale ASA di Hiroshima. Ma è nel campo della refrigerazione commerciale che l'R744 conquista fette di mercato in Europa: nel 2011 erano già 1134 i Supermercati europei i cui banchi frigoriferi funzionavano a CO₂ (tra cui importanti catene come Tesco, Migross, Coop elvetica, Sainsbury's, Lidl ed altri) e si stimano sia già 3000 a fine 2012 i supermercati che usano frigoriferi a refrigeranti naturali. Anche sul fronte della refrigerazione dei server ci sono notevoli e significativi esempi: è raffreddato a CO₂, per esempio, il computer centrale della banca ABN Ambro, una delle maggiori al mondo.

Gli HFO: teniamoli d'occhio, adottando un principio di precauzione

Le **idrofluoroolefine (HFO)** sono una famiglia di refrigeranti sintetici recentemente introdotta sul mercato, per questo detti refrigeranti di quarta generazione. Gli HFO vengono proposti dall'industria della chimica quali sostituti per gli idrofluorocarburi (HFC), ormai in dismissione. Come gli HFC anche gli HFO sono composti da idrogeno, fluoro e carbonio, ma a differenza dei primi, hanno un tempo di permanenza in atmosfera molto breve, dovuta alla loro elevata reattività, che li fa reagire con le altre molecole presenti. Questo impedisce a questi composti di raggiungere gli strati più alti dell'atmosfera e di accumularsi, per questo vengono considerate sostanze a basso GWP.

In atmosfera gli HFO come quasi tutti i composti fluorurati, subiscono processi di decomposizione che portano alla formazione di acido fluoridrico (HF) e di acido trifluoroacetico (TFA) sostanza tossica per gli ecosistemi acquatici.

Gli HFO vengono decomposti più velocemente degli HFC producendo quantità di acido trifluoroacetico più elevate, ad esempio si stima che mentre circa il 7-20% delle emissioni di HFC-134a si degradi in TFA, il suo sostituto, l'HFO-1234yf si decompone completamente in TFA.

Il possibile aumento dell'uso di HFO, dovuto alla progressiva eliminazione degli idrofluorocarburi, porterebbe quindi ad un incremento dei livelli di TFA in atmosfera da dove viene rimosso mediante le deposizioni umide, giungendo così in fiumi e laghi mettendone a rischio flora e fauna. Non è escluso che possa raggiungere e contaminare anche le falde acquifere, con possibili conseguenze sull'uomo.

In un articolo pubblicato su Environmental Science – Process & Impact, viene affermato che l'acido trifluoroacetico (TFA) è un contaminante ambientale che proviene da molteplici fonti, tra cui la degradazione di diverse sostanze chimiche regolamentate. Inoltre, studi precedenti hanno proposto una fonte naturale di TFA per spiegare la presenza di TFA in alcune matrici ambientali e la mancanza di un bilancio globale equilibrato. Questo paradigma è stato diffuso senza prove sufficienti. L'articolo permette una revisione critica esplorando completamente la letteratura e determina che non ci sono argomenti scientifici convincenti a sostegno dell'esistenza di TFA di formazione naturale. Quindi, in assenza di nuove prove, il TFA naturale non dovrebbe essere invocato in nessuna discussione sulla la produzione e/o la regolamentazione del TFA.

Sulla tossicità del TFA e sui suoi possibili effetti non abbiamo ancora molte informazioni, pertanto, è necessario applicare un principio di precauzione ed incentivare invece l'utilizzo di alternative naturali nei settori del riscaldamento, ventilazione, condizionamento dell'aria e refrigerazione, rappresentando nel lungo termine la scelta migliore per la decarbonizzazione del settore e la riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti.

BIBLIOGRAFIA

European Environment Agency, 2020. *Fluorinated greenhouse gases 2020 – Data reported by companies on the production, import, export and destruction of fluorinated greenhouse gases in the European Union, 2007-2019.*

European Environment Agency, 2021. *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2019 and inventory report 2021.* Submission to the UNFCCC Secretariat

Environmental Investigation Agency, 2021. *Il crimine più agghiacciante d'Europa – Il commercio illegale di gas refrigeranti HFC.*

ISPRA, 2021. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019.

Marco Mancini & Giorgio Zampetti, 2013. *I gas refrigeranti in Italia - Impatto ambientale, quantitativi, gestione e recupero degli F-gas nel nostro Paese. Stato dell'arte e proposte di Legambiente.*

Osservatorio nazionale ambiente e legalità di Legambiente, 2020. *Ecomafia 2020 – Le storie e i numeri della criminalità ambientale in Italia.*

Osservatorio nazionale ambiente e legalità di Legambiente, 2021. *Ecomafia 2021 – Le storie e i numeri della criminalità ambientale in Italia.*

Shira Joudan, Amila O. De Silva, and Cora J. Young, 2021. *Insufficient evidence for the existence of natural trifluoroacetic acid.* Environmental Science: Processes & Impacts, 2021, 23, 1641.