



Nielegalny obrót czynnikami chłodniczymi w dobie globalnego wycofywania HFC i HCFC

Illegal trade in refrigerants in the era of global phase-down of HFCs and HCFCs



Dr inż. Łukasz Stefaniak

ORCID ID: [0000-0002-0291-1575](https://orcid.org/0000-0002-0291-1575)

Wydział Inżynierii Środowiska

Politechnika Wrocławska

lukasz.stefaniak@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: freon, nielegalny handel, chłodnictwo, klimatyzacja

Streszczenie

Globalne wycofywanie fluorowanych gazów cieplarnianych, w szczególności wodorofluorowęglowodorów (HFC) oraz wodorochlorofluorowęglowodorów (HCFC), stanowi jeden z kluczowych elementów międzynarodowych działań na rzecz ograniczenia zmian klimatu, realizowanych w ramach Protokołu Montrealskiego oraz Poprawki z Kigali. Wprowadzone w Unii Europejskiej, Stanach Zjednoczonych i innych jurysdykcjach regulacje znacząco ograniczyły legalną podaż czynników chłodniczych o wysokim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego (GWP). Jednocześnie coraz więcej danych wskazuje na rozwój nielegalnego obrotu tymi substancjami.

Niniejszy artykuł analizuje skalę, strukturę oraz zmienność czasową nielegalnego handlu czynnikami chłodniczymi na podstawie publicznie dostępnych danych pochodzących z raportów organizacji międzynarodowych oraz instytucji egzekwujących prawo. Szczególną uwagę poświęcono dominacji w nielegalnym obrocie powszechnie stosowanych HFC oraz ich mieszanin, wynikającej z ich szerokiego wykorzystania w istniejących instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych. Omówiono również znaczenie R-22, który pomimo formalnego wycofywania nadal pozostaje obecny w eksploatowanych urządzeniach.

Uzyskane wyniki wskazują, że ograniczenia regulacyjne podażi mogą krótkoterminowo sprzyjać nasileniu działań nielegalnych, zwłaszcza w regionach o niższej skuteczności kontroli. Podkreślono także znaczenie uwzględniania różnych horyzontów czasowych GWP przy ocenie pilności działań ograniczających emisje.

Keywords: freon, illegal trade, refrigeration, air conditioning

Abstract

The global phase-out of fluorinated greenhouse gases, in particular hydrofluorocarbons (HFCs) and hydrochlorofluorocarbons (HCFCs), is one of the key elements of international efforts to mitigate climate change under the Montreal Protocol and the Kigali Amendment. Regulations introduced in the European Union, the United States, and other jurisdictions have significantly reduced the legal supply of refrigerants with high global warming potential (GWP). At the same time, there is growing evidence of illegal trade in these substances.

This article analyzes the scale, structure, and temporal variability of illegal trade in refrigerants based on publicly available data from reports by international organizations and law enforcement agencies. Attention is paid to the dominance of commonly used HFCs and their mixtures in illegal trade, resulting from their widespread use in existing refrigeration and air conditioning installations. The importance of R-22 is also discussed, which, despite its formal phase-out, remains present in operating equipment.

The results obtained indicate that regulatory supply restrictions may, in the short term, encourage an increase in illegal activities, especially in regions with lower control effectiveness. The importance of considering different GWP time horizons when assessing the urgency of emission reduction measures was also emphasized.

Wstęp

Globalne porozumienia, w szczególności Porozumienie Paryskie (ustanowione w 1987 roku, najnowsza wersja z roku 2016) (UN, 2016a) oraz Poprawka z Kigali do Protokołu Montrealskiego (UN, 2016b), jednoznacznie podkreślają konieczność ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Postulat ten znajduje odzwierciedlenie zarówno w politykach Unii Europejskiej (UE), jak i w działaniach podejmowanych na poziomie globalnym. Ma to na celu

zatrzymanie wzrostu globalnej średniej temperatury powierzchni Ziemi oraz utrzymanie globalnego ocieplenia na poziomie wyraźnie poniżej 2°C, przy czym ambitniejsze cele zakładają ograniczenie tego wzrostu do 1,5°C. Jednym ze źródeł wysokiej emisji gazów cieplarnianych są fluorowane gazy cieplarniane (F-gazy), w szczególności wodorofluorowęglowodory (HFC), powszechnie stosowane jako czynniki chłodnicze w systemach chłodniczych i klimatyzacyjnych. Wskaźnikiem określającym względny wpływ danego gazu na globalne ocieplenie jest potencjał

tworzenia efektu cieplarnianego (Global Warming Potential, GWP), wyrażany w określonym horyzoncie czasowym, najczęściej 100 lat, w odniesieniu do 1 kg dwutlenku węgla (CO₂), którego wartość GWP przyjmuje się umownie jako 1. W Unii Europejskiej, w celu promowania przejścia z powszechnie stosowanych fluorowanych gazów cieplarnianych na czynniki chłodnicze o niższym potencjale tworzenia efektu cieplarnianego (GWP), wprowadzono rygorystyczne przepisy regulacyjne (Stefaniak & Walaszczyk, 2025). Najnowsze rozporządzenie UE nr 517/2014 (*Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej*, 2014)) oraz rozporządzenie UE 2024/573 (*Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej*, 2024), przewidują całkowite wycofanie z rynku czynników chłodniczych typu HFC do 2050 roku.

Kluczowym elementem tych regulacji jest stopniowe ograniczanie podaży, który zmniejsza łączną masę HFC wprowadzaną na rynek UE. Od 2018 roku w Unii Europejskiej rozpoczęto ustawowe ograniczanie maksymalnej masy fluorowanych gazów cieplarnianych wprowadzanych do obrotu, mierzonej w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO₂e). Pierwszy etap redukcji oznaczał obniżenie dostępnego limitu o 37% w stosunku do wartości bazowej. Regulacje te miały na celu stopniowe przejście na czynniki chłodnicze o niższym potencjale tworzenia efektu cieplarnianego (GWP). W efekcie tego pojawiło się znaczące niedopasowanie podaży i popytu na rynku (UNEP, 2023b). W rezultacie wprowadzenia tych regulacji dostępność oraz ceny poszczególnych czynników chłodniczych uległy istotnym zmianom. Ograniczenia wpłynęły na strukturę legalnego obrotu czynnikami objętymi systemem kwotowym, a jednocześnie sprzyjały rozwojowi nielegalnego handlu czynnikami chłodniczymi, których wprowadzanie do obrotu lub stosowanie zostało zakazane w ramach wcześniejszych etapów regulacyjnych. Przykładem reakcji rynku na wprowadzane ograniczenia może być Hiszpania. Wprowadzono tam podatek powiązany z GWP, co spowodowało, że cena HFC-134a (czynnika poddanego ograniczeniom) szacowana była na około €40/kg (wliczając podatek) (Environmental Investigation Agency, 2021). Jednocześnie dane z nielegalnego handlu raportowane przez Environmental Investigation Agency (EIA) dla tego samego czynnika ziemniczego wykazywały ceny poniżej €20/kg (EIA, 2021). Na skutek podwyższenia ceny produktu na oficjalnym rynku, pojawiła się tańsza alternatywa z rynku nielegalnego.

Nielegalny handel HFC podąża historycznym wzorem przestępstw klimatycznych, które pojawiły się podczas wcześniejszych stopniowych wycofywań substancji zubożających warstwę ozonową (SZWO), takich jak chlorofluorowęglowodory (CFC) i wodorochlorofluorowęglowodory (HCFC) (EIA, 2001).

Wszystko wskazuje na to, że skala handlu wycofanymi czynnikami chłodniczymi, takimi jak R-134a, R-410A i R-404A jest znacząca. Szacunki dotyczące nielegalnego importu w 2018 roku wahały się od około 16,3 Mt CO₂e, co stanowiło ponad 16% dostępnego na ten rok limitu fluorowanych gazów cieplarnianych wprowadzanych do obrotu, do nawet jednej trzeciej całkowitej dostępnej kwoty (EFCTC, 2020). Przykładowo, w niektórych państwach członkowskich, takich jak Polska, udział nielegalnego importu szacowano nawet na około 30% krajowego popytu,

natomiast w Grecji, Bułgarii oraz Rumunii jego skala była oceniana na poziomie od 50% do 80% rynku (EFCTC, 2020).

Całkowity obraz tego procederu pozostaje niepełny. Rozbieżności między danymi zgłaszanymi przez Strony Protokołu Montrealskiego a informacjami pochodzącymi z publicznych źródeł, takich jak raporty Environmental Investigation Agency (EIA), wskazują na brak pełnej identyfikacji skali i charakteru zjawiska, co może wynikać m.in. z ograniczonej skuteczności systemów kontroli oraz zróżnicowanego poziomu korupcji w poszczególnych krajach (Flerlage i in., 2021). Wpływ na skalę nielegalnego importu ma także poziom restrykcji i skuteczność kontroli obowiązujących na granicach danego kraju. Wraz z jego wzrostem, rośnie liczba prób ukrycia rodzaju przewożonych substancji (Kee & Nicita, 2022). Dodatkowo około 75% skonfiskowanych HFC zostaje odesłana do kraju, z którego nastąpiła próba ich wywiezienia, zatem dalszy los tych czynników pozostaje nieznany (UNEP, 2023b). Wydaje się, że aby ambitne przepisy Unii Europejskiej, mające na celu uniknięcie do 2050 roku emisji odpowiadającej około 500 mln ton CO₂, zostały skutecznie wdrożone, konieczne jest przesunięcie nacisku z samego ustanawiania celów regulacyjnych na wzmocnienie egzekwowania prawa oraz pogłębione zrozumienie mechanizmów podaży i popytu, które sprzyjają rozwojowi nielegalnego handlu.

Niniejszy artykuł ma na celu, wskazanie skali tego problemu oraz zwrócenie uwagi na jego znaczenie w globalnych działaniach na rzecz ograniczenia globalnego ocieplenia poprzez kontrolę emisji, oraz wprowadzania na rynek czynników chłodniczych.

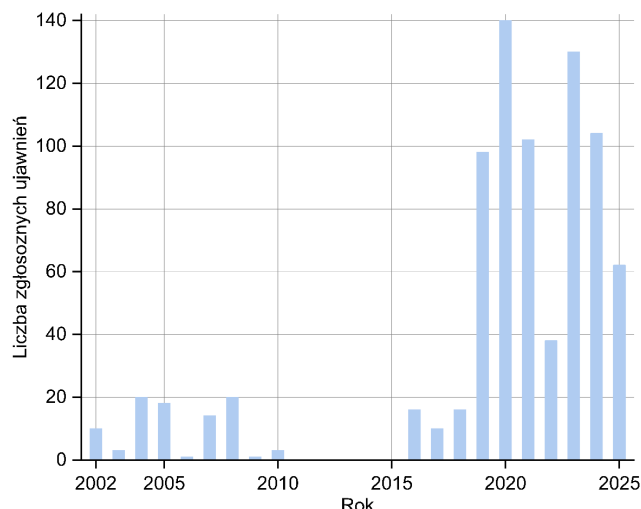
Materiały

Do opracowania tego artykułu wykorzystano trzy najnowsze dostępne raporty z lat 2023–2025 Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ), które są przygotowywane w ramach Protokołu Montrealskiego w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową. Raporty te opracowane przez grupy robocze (Open-ended Working Group of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer) i wydawane są co roku. Dokumenty te są ogólnodostępne i mają ujednolicony sposób raportowania danych. Dodatkowo w pracy wykorzystano raporty przygotowywane przez Environmental Investigation Agency (EIA) dotyczące nielegalnego handlu czynnikami chłodniczymi.

Wyniki i dyskusja

Obraz skali problemu nielegalnego handlu czynnikami chłodniczymi przedstawia Rysunek 1 (dane wg raportu UNEP (UNEP, 2025)), na którym nagły wzrost pojawia się po roku 2018. Rok 2019 jest pierwszym, w którym liczba zgłoszeń ujawnień nielegalnego obrotu czynnikami chłodniczymi znacząco przekroczyła graniczną do tego czasu liczbę 20 zgłoszeń i osiągnęła niemal pięciokrotnie większą wartość. Utrzymująca się w kolejnych latach wysoka zmienność liczby ujawnień (od około 40 do 140 rocznie) sugeruje brak stabilizacji rynku oraz ciągłe dostosowywanie się rynku do nowych ograniczeń podaży. Dane te potwierdzają, że prawne ograniczanie podaży HFC może

prowadzić do krótkoterminowego nasilenia działań nielegalnych zachodzących na rynku czynników chłodniczych.



Rysunek 1. Liczba zgłoszonych ujawnień w skali globalnej przez strony Protokołu Montrealskiego (UNEP, 2025).

Figure 1. Number of disclosures reported globally by parties to the Montreal Protocol (UNEP, 2025).

Dla pełniejszego zrozumienia skali i charakteru tego proceduru istotne jest uwzględnienie jego zróżnicowania geograficznego oraz rozmieszczenia ujawnionych przypadków w poszczególnych regionach świata, co pozwala zidentyfikować obszary szczególnie narażone na występowanie nielegalnego obrotu oraz potencjalne luki w systemach kontroli. Kraje, które do tej pory ujawniły nielegalny handel czynnikami chłodniczymi, przedstawia Rysunek 2 (UNEP, 2025), na którym kolorem pomarańczowym oznaczono państwa, w których takie przypadki zostały odnotowane. Niestety, jak wynika z tego rysunku (Rysunek 2), problem dotyczy każdego kontynentu, z czego niestety największa liczba krajów oznaczonych tym kolorem znajduje się w UE. Nie można jednak jednoznacznie stwierdzić, czy obserwowana liczba ujawnień wynika z faktycznego nasilenia proceduru w Unii Europejskiej, większej skuteczności kontroli granicznych, czy też z wyższego poziomu formalnego raportowania takich przypadków. Niemniej jednak zjawisko to ma charakter globalny.

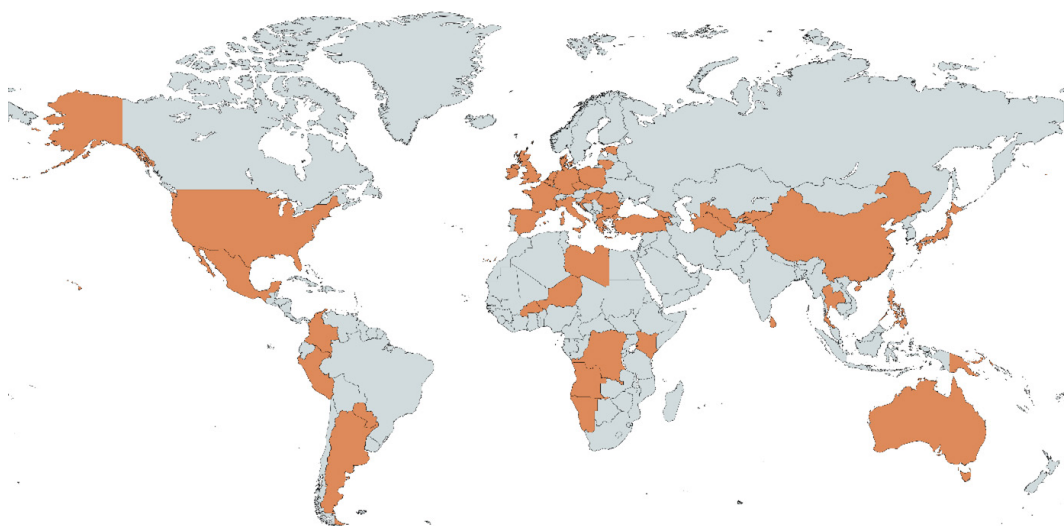
Skupienie ujawnień wokół UE potwierdzają także dane przedstawione w Tabeli 1 (UNEP, 2023a, 2024, 2025), w której przedstawiono liczbę zgłoszonych ujawnień nielegalnego handlu SZWO dla trzech ostatnich lat wraz z procentowym przedstawieniem zmian rok do roku dla krajów, które w każdym roku odpowiadały za łącznie 80% ujawnień nielegalnego handlu SZWO. Kraje te zostały uszeregowane malejąco według stanu całkowitej

liczby ujawnień na rok 2025.

Krajem, który odnotował największą liczbę ujawnień, jest Bułgaria i wynik ten stanowi ponad jedną trzecią wszystkich ujawnień w ujęciu globalnym. W ostatnich latach liczba ujawnień znacząco maleje. Największe fluktuacje rok do roku odnotowuje się w USA, we Włoszech i we Francji. Na szczególną uwagę zasługuje obecność Stanów Zjednoczonych w tego typu raportach. Co ciekawe USA, podobnie jak Unia Europejska, wprowadziły regulacje mające na celu ograniczenie fluorowęglowodorów (HFC) wprowadzanych na rynek, co jest zapisane w ustawie American Innovation and Manufacturing Act (AIM Act), która ustanawia mechanizm stopniowego wycofywania (phase-down) HFC (zaczęła obowiązywać od 1 stycznia 2022 roku) (EPA, 2025). Przypadek USA potwierdza, obserwowany wcześniej w UE schemat, w którym zaostrzenie przepisów skutkuje czasowym wzrostem aktywności w obszarze nielegalnego handlu czynnikami chłodniczymi. Należy zatem, w krótkim czasie, spodziewać się odpowiedzi rynku podobnej jak w UE, gdzie wprowadzane ograniczenia skutkowały wzrostem nielegalnego handlu w kolejnych latach.

Sama liczba ujawnień nie jest jednak tak istotna, jak masa i rodzaj czynników chłodniczych, które są w tych ujawnieniach odnotowywane. Całkowitą masę najbardziej powszechnych substancji zubożających warstwę ozonową pochodząca z nielegalnego handlu przedstawiono w Tabeli 2 (UNEP, 2023a, 2024, 2025). Najbardziej wyraźna jest tutaj tendencja wzrostu, w latach 2023–2024, masy HFC-134a oraz bardzo duży jej przyrost dla mieszanin: R-410A, R-404A i R-507A. Tak znaczna dynamika wskazuje, że to właśnie te czynniki stanowią kluczowy segment nielegalnego rynku, co jest bezpośrednio związane z ich powszechnym zastosowaniem w istniejących instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych. Równocześnie wystąpił niemal dwukrotny wzrost w kategorii „HFC (nierozpoznane)”, co sugeruje narastającą rolę, trudnych do identyfikacji czynników chłodniczych w nielegalnym obrocie.

Obserwowane wzrosty mogą wskazywać, że w analizowanym okresie nielegalny rynek koncentrował się przede wszystkim na HFC oraz ich mieszaninach, które



Rysunek 2. Kraje, które zgłosiły ujawnienia dotyczące substancji zubożających warstwę ozonową (strony biorące udział w Protokole Montrealskim) (UNEP, 2023a; UNEP, 2024; UNEP, 2025)

Figure 2. Countries that reported cases concerning ozone-depleting substances (parties to the Montreal Protocol) (UNEP, 2023a; UNEP, 2024; UNEP, 2025)

Tabela 1. Liczba zgłoszonych ujawnień nielegalnego handlu substancjami zubożającymi warstwę ozonową dla trzech ostatnich lat wraz z procentowym przedstawieniem zmian rok do roku (UNEP, 2023a; UNEP, 2024; UNEP, 2025)

Table 1. Number of reported cases of illegal trade in ozone-depleting substances for the last three years, with a percentage representation of year-on-year changes (UNEP, 2023a; UNEP, 2024; UNEP, 2025)

Państwo	2023	2024	2025	Zmiana 2023–2024	Zmiana 2024–2025
Bułgaria	199	233	233	+34 (17%)	0 (0%)
USA	–	78	117	–	+39 (50%)
Litwa	114	116	116	+2 (1,8%)	0 (0%)
Włochy	29	34	54	+5 (17%)	+20 (59%)
Polska	32	42	42	+10 (31%)	0 (0%)
Francja	9	16	25	+7 (+78%)	+9 (+56%)
Hiszpania	19	19	19	0 (0%)	0 (0%)
Chiny	9	16	16	+7 (+78%)	0 (0%)
Uzbekistan	12	12	12	0 (0%)	0 (0%)
Japonia	10	–	11	–	–
Holandia	11	11	–	0 (0%)	–
Australia	10	–	–	–	–
Namibia	10	–	–	–	–
Gruzja	9	–	–	–	–
Suma	473	577	645	+104 (+22%)	+68 (+12%)

Tabela 2. Całkowita masa najbardziej powszechnych substancji zubożających warstwę ozonową pochodząca z nielegalnego handlu (UNEP, 2023a; UNEP, 2024; UNEP, 2025)

Table 2. Total mass of the most common ozone-depleting substances traded illegally (UNEP, 2023a; UNEP, 2024; UNEP, 2025)

Substancja	2023	2024	2025	Zmiana 2023–2024	Zmiana 2024–2025
	kg	kg	kg		
HFC-134a	286 601	345 491	414 278	58 890 (21%)	68 787 (20%)
HCFC-22	373 242	383 639	387 719	10 397 (3%)	4 080 (1%)
HFC (nierozpoznane)	190 333	369 423	369 423	179 090 (94%)	0 (0%)
CFC-12	345 135	345 135	345 135	0 (0%)	0 (0%)
R-410A	62 961	301 908	318 236	238 947 (380%)	16 328 (5%)
R-404A	124 198	203 571	271 213	79 373 (64%)	67 642 (33%)
R-407C	54 264	56 010	–	1 746 (3%)	–
R-507A	29 997	105 854	105 854	75 857 (253%)	0 (0%)
CFC-11	63 078	63 077	–	0 (0%)	–

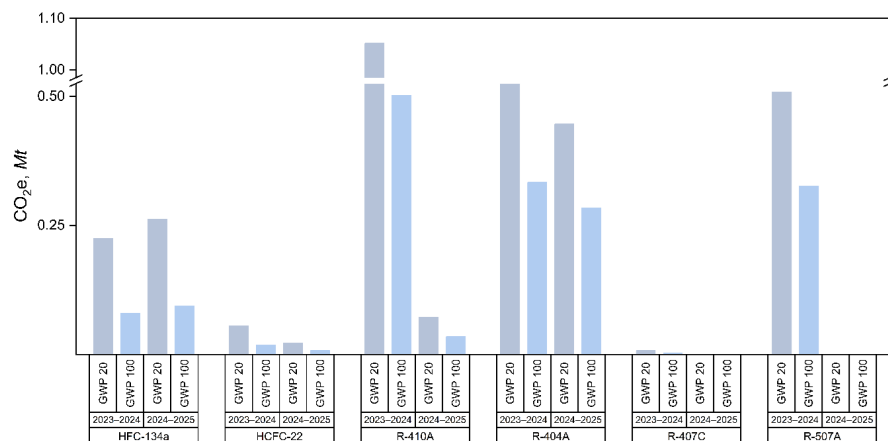
(choć w wielu jurysdykcjach są stopniowo ograniczane) wciąż pozostają powszechnie stosowane w urządzeniach chłodniczych i klimatyzacyjnych, co może przekładać się na utrzymujący się wysoki popyt. W okresie 2024–2025 dynamika zjawiska stanowiła w dużej mierze kontynuację wcześniejszego trendu wzrostowego, jednak przy wyraźnym spadku względnych przyrostów w porównaniu z poprzednim rokiem. Może to wskazywać, że po gwałtownym wzroście odnotowanym w 2024 r. nastąpiła faza względnej stabilizacji, przy jednoczesnym utrzymywaniu się wysokiego popytu na nielegalne transporty wybranych mieszanin. Struktura mas ujawnionych substancji sugeruje, że nielegalny handel koncentruje się na czynnikach charakteryzujących się wysokim popytem rynkowym, a nie na substancjach całkowicie wycofanych z eksploatacji. W okresie 2024–2025 dynamika zjawiska stanowiła w dużej mierze kontynuację wcześniejszego trendu wzrostowego, jednak przy wyraźnym spadku względnych przyrostów w porównaniu z rokiem poprzednim. Może to wskazywać, że po gwałtownym wzroście odnotowanym w 2024 r. nastąpiła

faza względnej stabilizacji, przy jednoczesnym utrzymywaniu się wysokiego popytu na nielegalne transporty wybranych mieszanin. Struktura mas ujawnionych substancji sugeruje, że nielegalny handel koncentruje się przede wszystkim na czynnikach charakteryzujących się wysokim popytem rynkowym, a nie na substancjach całkowicie wycofanych z eksploatacji.

Należy także spojrzeć na te wyniki przez pryzmat regulacji prawnych. Chlorofluorowęglowodory (CFC, np. CFC-11, CFC-12) zostały prawnie wycofane z powszechnego stosowania na całym świecie (w okresie od wprowadzenia Protokołu Montrealskiego w 1987 do początku lat 2000 (Powell, 2002)). Ich obecność w nielegalnym obrocie jest znikoma. Z kolei hydrochlorofluorowęglowodory (HCFC, np. HCFC-22) były stopniowo wycofywane przez kolejne dwie dekady (do lat 20 XXI wieku) i ich całkowity zakaz produkcji/wywozu w krajach rozwiniętych nastąpił później niż dla CFC (Powell, 2002). To wyjaśnia, dlaczego HCFC-22 w tabeli wykazuje stosunkowo niewielką, lecz stałą masę w obrocie. HFC i ich mieszaniny (np. HFC-134a,

Tabela 3. Wskaźniki GWP 20 i GWP 100 dla wybranych czynników chłodniczych opisywanych w artykule (UNEP, 2018)
 Table 3 GWP 20 and GWP 100 values for the chosen refrigerants described in the article (UNEP, 2018)

	HFC-134a	HCFC-22	HFC (nierozpoznane)	CFC-12	R-410A	R-404A	R-407C	R-507A	CFC-11
GWP 20	3 810	5 310	–	10 800	4 400	6 600	4 100	6 700	7 090
GWP 100	1 360	1 780	–	10 300	2 100	4 200	1 700	4 300	5 160



Rysunek 3. Wartości CO₂e dla czynników chłodniczych ujawnionych w latach 2023–2025. Źródło: opracowanie własne

Figure 3. CO₂e values for refrigerants disclosed in 2023–2025. Source: authors' own study

R-404A, R-410A, R-507A, R-407C) stały się w praktyce substytutami CFC/HCFC w wielu zastosowaniach, ale zostały wprowadzone w zakres ograniczeń prawnych przyjmowanych na świecie. Obserwacje te mogą wskazywać, że nielegalny rynek nie zanika wraz z wprowadzaniem zakazów, lecz przemieszcza się w kierunku substancji aktualnie objętych restrykcjami.

Każdy z czynników wymienionych w Tabeli 2 ma swój wskaźnik GWP, którego wartości zostały przedstawione w Tabeli 3 (na podstawie raportu Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP, 2018). W Tabeli 2 przedstawiono wartości potencjału tworzenia efektu cieplarnianego obliczone zarówno dla 20-letniego (GWP20), jak i 100-letniego (GWP100) horyzontu czasowego. Wynika to z faktu, że poszczególne czynniki chłodnicze charakteryzują się różnym czasem życia w atmosferze. W Tabeli 2 przedstawiono (GWP 20), jak i 100-letniego (GWP 100) horyzontu czasowego. Wynika to z faktu, że poszczególne czynniki chłodnicze charakteryzują się różnym czasem życia w atmosferze. Dlatego też przedstawiono wpływ emisji danego czynnika chłodniczego do atmosfery w określonym horyzoncie czasowym. Zwyczajowo stosowanym wskaźnikiem jest GWP100, jednak ze względu na fakt, że nowsze czynniki chłodnicze charakteryzują się krótszym czasem życia w atmosferze, uzasadnione jest również rozpatrywanie ich wpływu w krótszym horyzoncie czasowym, tj. GWP20. Pozwala to lepiej uchwycić ich krótkoterminowy wpływ na bilans radiacyjny atmosfery (Szczęśniak & Stefaniak, 2022).

Dla zobrazowania ekwiwalentu emisji CO₂ dla czynników chłodniczych ujawnionych w nielegalnym handlu w latach 2023–2025 na Rysunku 3 przedstawiono wykres tych emisji. Rozróżniono dwa kolejno rozpatrywane przedziały czasowe (2023–2024 oraz 2024–2025). Najistotniejszym wynikiem jest wyraźna dominacja trzech mieszanin o wysokim GWP: R-410A, R-404A i R-507A. Może to być związane bezpośrednio, z tym że ujawnione masy substancji są największe spośród ujawnień. We wszyst-

kich rodzajach czynników widoczne są znaczące różnice między GWP 20 i GWP 100. Dla substancji o wysokim GWP (zwłaszcza dla R-410A, R-404A i R-507A) CO₂e obliczone w horyzoncie czasowym 20 lat jest wyraźnie większe (często nawet dwukrotnie) w porównaniu z GWP w horyzoncie czasowym 100 lat. Taka rozbieżność wskazuje, że krótko- i średnioterminowe oddziaływanie radiacyjne tych mieszanin jest istotnie większe, niż sugerowałaby analiza ograniczona do 100-letniego horyzontu. Ma to bezpośrednie implikacje przy ocenie pilności działań ograniczających emisje tych substancji. Poza substancjami, które dominują w nielegalnym handlu, warto zwrócić

uwagę na HCFC-22, który pozostaje istotny ze względu na jego szerokie zastosowanie w starszych instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych nadal eksploatowanych w wielu regionach świata. Dodatkowo dostępność tego czynnika, zarówno z odzysku, jak i z nielegalnych źródeł, w połączeniu z relatywnie niskim kosztem oraz kompatybilnością z istniejącą infrastrukturą, sprzyja utrzymywaniu się popytu pomimo jego stopniowego wycofywania. Pomimo gasnącego popytu i niewielkiej masy ujawnionej, CO₂e jest wciąż na znaczącym poziomie. Ma na to wpływ bardzo wysokie, w porównaniu do nowszych czynników chłodniczych, GWP 20 oraz GWP 100.

Wnioski

Zaobserwowane trendy potwierdzają hipotezę, że proces regulacyjnego wycofywania kolejnych grup substancji prowadzi do adaptacji nielegalnego rynku, a nie do jego zaniku. Historyczne doświadczenia z CFC i HCFC pokazują, że nawet wiele lat po formalnym zakazie substancje te mogą nadal pojawiać się w nielegalnym obrocie i to w znacznej ilości. Analogiczny mechanizm zaczyna być widoczny w odniesieniu do HFC, szczególnie tych szeroko stosowanych w sektorze chłodnictwa i klimatyzacji.

Znaczący udział f-gazów z kategorii HFC (nierozpoznane) wskazuje na istotne ograniczenia obecnych zdolności analitycznych i identyfikacyjnych. Może to być zarówno efekt technicznych trudności w rozróżnianiu mieszanin, jak i celowej strategii przestępców polegającej na maskowaniu składu chemicznego lub tworzeniu ich mieszanin. Niezidentyfikowane substancje utrudniają prawidłowy proces ich zagospodarowania i utylizacji. Wskazuje to na potrzebę rozwoju narzędzi oraz technologii umożliwiających identyfikację takich czynników. Zwiększenie poziomu rozpoznawalności substancji pozwoli w konsekwencji na lepsze oszacowanie skali problemu nielegalnego handlu czynnikami chłodniczymi. Utrzymujący się na zbliżonym poziomie wolumen ujawnianych CFC-12 oraz CFC-11

może wskazywać, że skala nielegalnego obrotu tymi substancjami pozostaje względnie stabilna w analizowanym okresie. W połączeniu z obserwowanym wzrostem wolumenu ujawnianych HFC tworzy to obraz rynku wielowarstwowego, w którym równolegle funkcjonują stare i nowe generacje substancji, dostosowane do aktualnych luk regulacyjnych i ekonomicznych. Po zakazaniu stosowania i handlu czynnika chłodniczego pojawia się on jako popularny w nielegalnym handlu, po czym wraz z jego zanikaniem na rynku (brak urządzeń wypełnionych tych czynnikami i bieżąco eksploatowanych), zanika on także w nielegalnym handlu. Można zatem oczekiwać, że wraz z wprowadzaniem kolejnych, nowych czynników chłodniczych, cykl ten będzie się powtarzał.

Bibliografia

- EFCTC. (2020). Illegal Imports of HFCs into the EU: Why Now? & Actions to Identify, Detect, Prevent, Penalise, Prosecute. *European FluoroCarbons Technical Committee*. <https://www.fluorocarbons.org/wp-content/uploads/2020/08/2019-08-14-EFCTC-Illegal-Trade-of-HFCs-Why.pdf> (Dostęp z 27.04.2026)
- EIA. (2001). Unfinished Business. *Environmental Investigation Agency US*. <https://eia.org/report/20011001-unfinished-business> (Dostęp z 27.04.2026)
- EIA. (2021). Europe's Most Chilling Crime The illegal trade in HFC refrigerant gases. *Environmental Investigation Agency US*. <https://eia-international.org/report/europes-most-chilling-crime> (Dostęp z 27.04.2026)
- EPA. (2025). Background on HFCs and the AIM Act. *EPA United States Environmental Protection Agency*. <https://www.epa.gov/climate-hfcs-reduction/background-hfcs-and-aim-act> (Dostęp z 27.04.2026)
- Flerlage, H., Velders, G. J. M. & de Boer, J. (2021). A review of bottom-up and top-down emission estimates of hydrofluorocarbons (HFCs) in different parts of the world. *Chemosphere*, 283, 131208. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131208>
- Kee, H. L. & Nicita, A. (2022). Trade fraud and non-tariff measures. *Journal of International Economics*, 139, 103682. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2022.103682>
- Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2014). Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 517/2014 z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych i uchylenia rozporządzenia (WE) nr 842/2006. 2024, z <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex%3A32014R0517> (Dostęp z 28.09.2024)
- Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2024). Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej 2024/573 z dnia 7 lutego 2024 r. z dnia 7 lutego 2024 r. w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych, zmieniające dyrektywę (UE) 2019/1937 i uchylające rozporządzenie (UE) nr 517/2014 <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-UE/rozporzadzenie-2024-573-w-sprawie-fluorowanych-gazow-cieplarnianych-72274923> (Dostęp z 28.09.2024)
- Powell, R. L. (2002). CFC phase-out: have we met the challenge? *Journal of Fluorine Chemistry*, 114(2), 237–250. [https://doi.org/10.1016/S0022-1139\(02\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1139(02)00030-1)
- Stefaniak, Ł. & Walaszczyk, J. (2025). Nowelizacja rozporządzenia Unii Europejskiej w sprawie F-gazów w kontekście globalnym oraz perspektyw stosowania alternatywnych czynników chłodniczych. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, 56(1), 14–22. <https://doi.org/10.15199/9.2025.1.2>
- Szczęśniak, S. & Stefaniak, Ł. (2022). Global Warming Potential of New Gaseous Refrigerants Used in Chillers in HVAC Systems. *Energies*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/en15165999>
- UNEP. (2018). Montreal Protocol On The Substances That Deplete The Ozone Layer 2018. Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee. *United Nations Environment Programme*.
- UN. (2016a). The Paris Agreement. *United Nations Climate Change*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> (Dostęp z 27.04.2026)
- UN. (2016b). Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. *United Nations*. https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-2-b&chapter=27&lang=en (Dostęp z 27.04.2026)
- UNEP. (2023a). Open-ended Working Group of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer Forty-fifth meeting. *United Nations, Environment Programme*.
- UNEP. (2023b). Watch out for Illegal Trade of HCFCs and HFCs: Lessons learnt from the Global Montreal Protocol Award for Customs and Enforcement Officers. *United Nations, Environment Programme*. <https://www.unep.org/ozonaction/resources/publication/watch-out-illegal-trade-hcfc-and-hfcs-lessons-learnt-global-montreal> (Dostęp z 27.04.2026)
- UNEP. (2024). Open-ended Working Group of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer Forty-sixth meeting. *United Nations, Environment Programme*.
- UNEP. (2025). Open-ended Working Group of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer Forty-seventh meeting. *United Nations, Environment Programme*.

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*