
Kartläggning av köldmedier i Stockholms stad

Installerade mängder och utsläpp av fluorerade
växthusgaser och PFAS



Rapportnummer: U11140

Författare: Tomas Gustafsson, Merve Celebi, Malva Laurelin, Eva Hallberg och Veronika Slabanja-Lantz

På uppdrag av: Stockholm stad

Sammanfattning

Köldmedier utgör en central komponent i kyl- och frysanläggningar, luftkonditionering (AC) samt värmepumpar. I dagsläget dominerar syntetiska köldmedier, men dessa är föremål för successiv utfasning till följd av deras negativa klimat- och hälsoeffekter. Denna utfasning drivs av gällande EU-förordning om fluorerade växthusgaser (F-gaser) samt föreslagen lagstiftning rörande per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS), med målet att främja mer hållbara alternativ.

Syftet med denna studie är att kartlägga användningen av syntetiska köldmedier inom Stockholms stad samt att uppskatta de årliga utsläppen av F-gaser och PFAS från dem. Studien syftar även till att identifiera de sektorer som har störst påverkan på utsläppen, belysa målkonflikter mellan befintlig och föreslagen klimat- respektive kemikalielagstiftning, samt att diskutera möjligheter för Stockholms stad att bidra till en mer hållbar omställning.

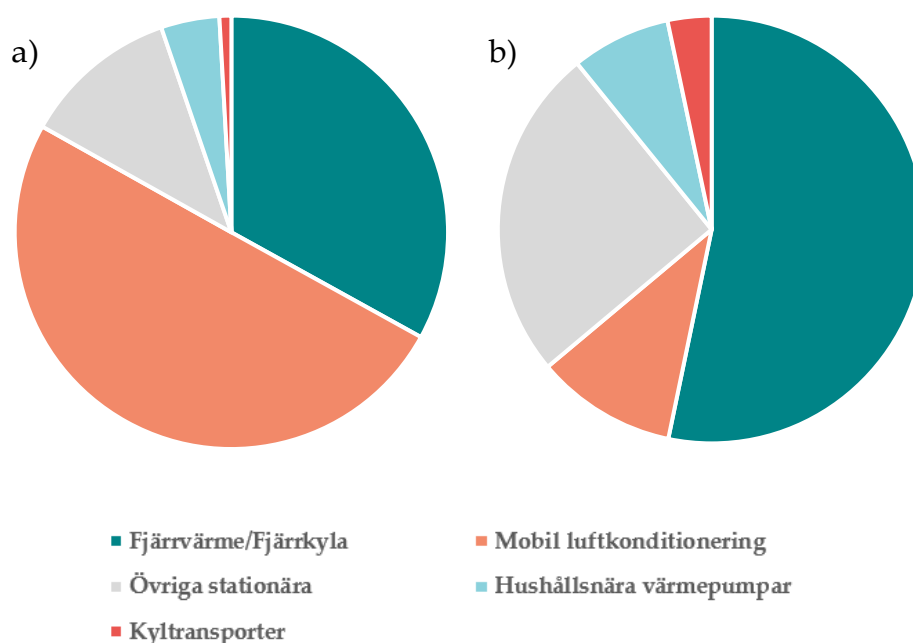
Metodologiskt har flera datakällor kombinerats: den nationella F-gasmodellen, Stockholms stads databas, ECOS för rapporteringspliktiga stationära anläggningar, kompletterande servicedata från branschaktörer samt särskilda beräkningar för mobila system och hushållsnära värmepumpar. Resultaten bör betraktas som en första kvantitativ uppskattning och visualisering, med betydande osäkerheter som motiverar försiktighet vid tolkning och vidare användning. Detta gäller i synnerhet för mobila luftkonditioneringssystem, där alternativt metodval kan resultera i avsevärt lägre värden än de som antas i föreliggande studie.

Analysen omfattar både absoluta mängder (ton kemikalier respektive ton PFAS) och klimatpåverkan uttryckt i koldioxidekvivalenter (CO₂e). **Den totala mängden installerade syntetiska köldmedier i Stockholm uppskattas till drygt 1 200 ton, varav cirka 95 procent faller under definitionen av PFAS. Detta motsvarar en klimatpåverkan om cirka 1,1 miljoner ton CO₂e.**

Figur S1a visar att de största installerade mängderna (i ton) återfinns inom mobil luftkonditionering och fjärrvärme/fjärrkyla. Däremot, sett till klimatpåverkan (Figur S1b), är mobil AC:s relativa betydelse lägre än "övriga stationära" system, såsom industriell, kommersiell och kommunal kyl-, frys-, AC- och värmepumpsutrustning.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

Denna förändring förklaras främst av utfasningen av köldmediet R134a (fluorerade kolväten (HFC) med hög klimatpåverkan) till R1234yf (hydrofluoroolefin (HFO) med låg klimatpåverkan men som klassificeras som PFAS) inom segmentet lätta vägfordon. Det är värt att notera att installerade mängder varierar kraftigt mellan olika typer av utrustning – från mindre kylaggregat med under ett kilo köldmedium till fjärrvärmepumpar med tiotals ton.



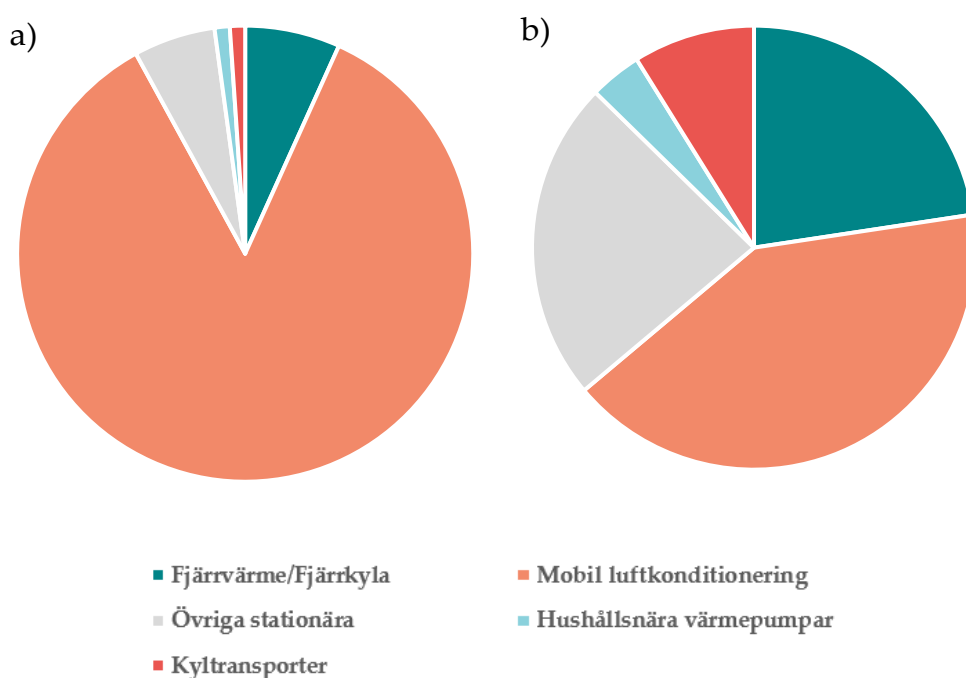
Figur S1. Fördelning av installerade mängder syntetiska köldmedier i Stockholm stad per användningskategori: a) i ton, b) i CO₂-ekvivalenter. Kategorin "övriga stationära" inkluderar industriell, kommersiell och kommunal kyl, frys, luftkonditionering och värmepumpar.

De årliga utsläppen av syntetiska köldmedier uppskattas till cirka 74 ton, varav 97 procent utgörs av PFAS-klassade kemikalier. Klimatpåverkan från dessa utsläpp uppgår till drygt 31 000 ton CO₂e. Figur S2a visar att utsläppen domineras av mobil AC, medan dess relativa klimatpåverkan är mindre. De relativt höga utsläppsnivåerna av PFAS från mobil AC (Figur 2a) respektive fluorerade växthusgaser från kyltransporter (Figur 2b) förklaras av högre läckagefrekvenser i rörliga system.

En central iakttagelse i denna studie är att EU:s reviderade F-gasförordning har lett till en tydlig trend i utfasning av köldmedier med hög klimatpåverkan. Emellertid har övergången från HFC till HFO reducerat klimatpåverkan utan att minska användningen av PFAS, vilket skapar en tydlig målkonflikt – särskilt inom

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

segmentet lätta fordon. Detta innebär att klimatpolitiska framsteg riskerar att ske på bekostnad av en begränsning av långsiktiga kemikalie- och hälsorisker, vilket understryker behovet av att framtida lagstiftning beaktar flera aspekter. Här kan föreslagen PFAS-reglering inom EU komma att vara avgörande för att säkerställa att utsläpp av både växthusgaser och PFAS från användning av köldmedier minskar framöver i linje med vad som är tekniskt och ekonomiskt genomförbart.



Figur S2. Fördelning av utsläpp av köldmedier i Stockholm stad per användningskategori: a) i ton, b) i CO₂-ekvivalenter. Kategorin "övriga stationära" inkluderar industriell, kommersiell och kommunal kyl, frys, luftkonditionering och värmepumpar.

Kommuner kan spela en viktig roll i utfasningen av klimat- och miljöskadliga köldmedier genom att ställa tydliga krav inom sina bolag samt vid upphandlingar och avtal med privata aktörer. Baserat på studiens resultat bör Stockholms stad dels överväga krav på PFAS-fria alternativ vid nyinstallationer eller konverteringar av utrustning där så är tekniskt och säkerhetsmässigt gångbart, dels säkerställa att service av mobil luftkonditionering och kyl- och frysanläggningar för varustransporter sker regelbundet. Vidare kan staden genomföra informationskampanjer riktade till allmänheten för att öka medvetenheten om vikten av korrekt hantering av köldmedier, särskilt i samband med skrotning av utrustning.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

Alternativa lösningar till de syntetiska köldmedierna, såsom system baserade på koldioxid, ammoniak eller propan, bedöms ha betydande potential att minska både klimat- och hälsopåverkan. Dessa alternativ kan emellertid medföra högre initiala investeringskostnader och i vissa fall lägre energieffektivitet. För att möjliggöra en bredare användning av brandfarliga köldmedier, exempelvis propan, krävs dessutom anpassningar i de lagstiftningar och föreskrifter som reglerar byggnation och installation. Det är därför av central betydelse att Stockholms stad kontinuerligt följer den juridiska och tekniska utvecklingen för att kunna anpassa sina åtgärder över tid.

För att möjliggöra en effektiv uppföljning av åtgärder bör Stockholms stad verka för förbättrad datainsamling och ett mer heltäckande rapporteringssystem, där även köldmedier med låg klimatpåverkan, men som definieras som PFAS, inkluderas.

Sammanfattningsvis står samhället inför en dubbel utmaning: att samtidigt reducera klimatpåverkan från köldmedier och begränsa spridningen av PFAS. För att möta denna utmaning kan Stockholms stad inta en aktiv roll genom att fortlöpande bevaka utvecklingen av relevant lagstiftning och tekniska lösningar samt överväga införandet av ekonomiska incitament som påskyndar utfasningen av klimat- och miljöskadliga köldmedier. På så sätt kan staden bidra till en omställning som inte enbart adresserar klimatmålen, utan även långsiktigt stärker skyddet för miljö och folkhälsa.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte och problemställning	9
1.3 Metod och genomförande	11
1.4 Läsanvisning	13
2 Köldmedier och tekniska lösningar för kyla och värme	14
2.1 Syntetiska köldmedier	14
2.1.1 Fluorerade växthusgaser (F-gaser)	15
2.1.2 PFAS	16
2.2 Alternativa köldmedier	19
2.2.1 Ammoniak (R-717)	19
2.2.2 Koldioxid (R-744)	20
2.2.3 Kolväten	20
2.3 Val av köldmedium	21
2.4 Tekniska lösningar för värme och kyla	28
2.4.1 Split-system	28
2.4.2 Adiabatisk/evaporativ kyla	28
2.4.3 Fjärrvärme/fjärrkyla	28
3 Hur driver lagstiftningen på utfasningen?	29
3.1 Montrealprotokollet och F-gasförordningen	29
3.2 Begränsning av PFAS	30
3.2.1 Summering av begränsningsförslaget för PFAS	32
4 Installerade köldmedier och utsläpp i Stockholm stad	37
4.1 Nationell F-gas-modell	37
4.2 ECOS	42
4.3 Enkätstudie	46
4.4 Service-data	46
4.5 Mobil luftkonditionering och kyla	48

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

	4.5.1	Vägfordon och arbetsmaskiner	48
	4.5.2	Kyltransporter	51
	4.5.3	Övriga mobila AC	52
	4.6	Värmepumpar i hushåll	54
	4.7	Utlandsfärjor	57
	4.8	Sammanställning av resultat	58
5		Hantering av köldmedier vid skrotning	61
6		Möjligheter för utsläppsminskning och omställning	63
	6.1	Mobila luftkonditioneringssystem (MAC)	63
	6.2	Fjärrvärme/fjärrkyla	65
	6.3	Övriga stationära anläggningar	65
	6.4	Mindre hushållsvärmepumpar	67
	6.5	Kyltransporter	67
	6.6	Utlandsfärjor	68
7		Diskussion och rekommendationer	68
8		Referensförteckning	74
9		Bilagor	77
		Bilaga 1. Utdrag ur Bilaga IV till (EU) 2024/573	77

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Köldmedier utgör en central komponent i moderna tekniska system och har länge använts inom kyl- och frysanläggningar, luftkonditionering samt värmepumpar. Valet av köldmedium har förändrats över tid, huvudsakligen till följd av lagstiftning samt ekonomiska och miljömässiga överväganden. Vissa av dagens köldmedier bidrar till ökade utsläpp av fluorerade växthusgaser och kan innehålla persistenta ämnen såsom per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS), vilka är svårnedbrytbara och långlivade i miljön.

Miljöförvaltningen i Stockholms stad har tillsynsansvar för stationära köldmedieanläggningar inom staden med en total mängd motsvarande ≥ 14 ton CO₂-ekvivalenter. Dessa anläggningar är skyldiga att årligen rapportera årliga läckagekontroller och eventuellt köldmedieläckage. Utöver dessa rapporterade utsläpp råder osäkerhet kring omfattningen av oregistrerade utsläpp inom Stockholms stad. Det rör sig dels om stationära anläggningar som understiger gränsvärdet och därmed inte är rapporteringspliktiga, dels om mobil kyl- och luftkonditioneringsutrustning.

1.2 Syfte och problemställning

Detta projekts övergripande syfte har varit att:

- Identifiera och kartlägga kategorier av kylutrustning som använder köldmedier, både stationära och mobila.
- Genomföra en semi-kvantitativ bedömning av totala utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS från köldmedier i Stockholms stad.

Dessutom har projektet omfattat att utreda hur långt olika branscher har kommit i arbetet med utfasningen av köldmedier med hög global uppvärmningspotential (GWP) och vilka alternativa köldmedier och tekniska lösningar som används idag eller kan komma att introduceras i framtiden.

Uppdraget har varit uppdelat i ett antal frågeställningar:

Utsläppsmängder och kategorivis bedömning

Vilka ungefärliga volymer av köldmedier används inom respektive kategori, och vilka läckage- och utsläppsnivåer av fluorerade växthusgaser och PFAS kan förväntas? Målet är att skapa en övergripande bild av köldmedierrelaterade utsläpp inom Stockholms stad.

Branschspecifika strategier för utbyte

Hur arbetar olika branscher med att ersätta köldmedier som innehåller PFAS eller har hög klimatpåverkan? Finns det skillnader i ambitionsnivå, tekniska lösningar och implementeringstakt mellan olika sektorer?

Lagstiftningens påverkan

Hur påverkar den reviderade F-gasförordningen och det föreslagna PFAS-förbudet utfasningen av köldmedier? Vilka incitament eller hinder skapas för verksamheter att övergå till miljö- och hälsomässigt bättre alternativ?

Utbytbarhet och potential

Vilka tekniska och ekonomiska förutsättningar finns för att ersätta befintliga köldmedier med alternativ som har lägre GWP och är PFAS-fria? Vilka effekter kan ett sådant byte ha på energieffektivitet, miljöpåverkan, hälsorisker och kostnader?

GWP-PFAS-relation och målkonflikter

Vilken relation råder mellan köldmediers GWP-värde och deras innehåll av PFAS? Finns det målkonflikter mellan klimatnytta och hälsoaspekter, eller synergier som kan utnyttjas? Hur påverkar den reviderade F-gasförordningen denna balans?

Skrotning och omhändertagande

Vad sker med köldmedier vid skrotning av utrustning inom olika kategorier? Vilka rutiner tillämpas, och vilka aktörer är involverade i processen?

Metod för årlig uppföljning

Kan en metod utvecklas för att årligen följa upp totala utsläpp av växthusgaser och PFAS från köldmedieanvändning? Vilka datakällor, indikatorer och insamlingsstrategier kan användas?

1.3 Metod och genomförande

Sverige rapporterar årliga nationella utsläpp av växthusgaser till EU och UNFCCC. Den modell som används för skattning av fluorerade växthusgaser (F-gaser) är framtagen av IVL, som, på uppdrag av Naturvårdsverket, också ansvarar för årlig uppdatering och beräkning inom konsortiet SMED¹. Modellen är baserad på grova antaganden om årliga flöden av F-gaser till och från Sverige tillsammans med nationellt och internationellt framtagna läckagefaktorer. På uppdrag av RUS (Regional Utveckling och Samverkan i miljömålssystemet) tar SMED även fram geografiskt fördelade utsläpp. I brist på adekvata metoder för att fördela utsläpp av F-gaser använder SMED invånarantal per kommun som approximation. I denna studie har den nationella F-gas-modellen använts som ram för att utarbeta vissa av de resultat som presenteras senare i rapporten.

En utgångspunkt för projektet har varit de underlag Stockholm stads² Miljöförvaltning har samlat in över installerade köldmedier och läckage i aggregat från rapporteringspliktiga anläggningar via ärendehanteringssystemet ECOS. Dessa underlag har i detta projekt vidare hanterats för att kunna analysera hur installerade köldmedier och läckage förhåller sig i olika branscher och användningskategorier (kyl- och frysutrustning, luftkonditionering (AC) och värmepumpar). Uppgifter i ECOS omfattar även information om aggregat som skrotas. Eftersom ECOS-data enbart omfattar stationära rapporteringspliktiga anläggningar behöver tillägg göras för övriga köldmedieutrustningar i kommunen.

För att komplettera underlagen som delgivits från ECOS har målsättningen varit att genomföra en enkätstudie till de företag och aktörer i Stockholm som använder köldmedier i stationära köldmedieutrustningar. Liknande enkätstudie genomförs årligen i Finland av Finlands Miljöcentral (SYKE) och är tänkt att fungera som inspiration till denna studie. Den initiala tanken var baserad på att nå ut till ett

¹ SMED – Svenska MiljöEmissionsData, är ett konsortium bestående av IVL, SCB, SLU och SMHI.

² Benämningen *Stockholm stad* används i denna studie som en beteckning för Stockholm kommuns geografiska område.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

stratifierat urval av aktörer inom relevanta branscher för att sedan kunna genomföra en kvasi-statistisk uppräknings utifrån antal aktörer i respektive bransch.

Eftersom de företag som underhåller rapporteringspliktiga anläggningar också serverar många icke-rapporteringspliktiga aggregat finns mycket data samlade i deras datasystem. Service-data skulle alltså kunna fungera som komplement till ECOS-data och enkätmetoden. För att få tillgång till samlad statistik har vi inom projektet också försökt få dessa företag att dela med sig av sina data.

För mobila köldmedieutrustningar planerades att, utifrån den nationella F-gas-modellen, beräkna Stockholms andel på ett mer noggrant sätt än per invånare. Eftersom den nationella modellen inte explicit särskiljer alla mobila källor, till exempel flyg, tåg, tunnelbanor och färjor söktes information gällande dessa för att beräknas baserat på den nationella modellen. Vidare modellerades även värmepumpar utifrån den nationella modellen, tillsammans med officiell statistik från SCB och Energimyndigheten för Stockholms stad.

Klimatpåverkan beräknas i denna studie som utsläpp av fluorerade växthusgaser uttryckta i koldioxidekvivalenter (CO₂e). Det är värt att notera att en viss systematisk diskrepans föreligger mellan olika rapporteringssystem, då den nationella modellen använder GWP-värden från IPCC:s femte utvärderingsrapport (AR5), medan rapporteringen till exempelvis ECOS baseras på AR4.

Mer ingående beskrivning av hur de olika metoderna har applicerats och vilka antaganden som gjorts inom studien återfinns under respektive avsnitt under kapitel 4.

För att sätta resultaten i en bredare kontext har litteraturstudier genomförts, med fokus på:

- internationella och europeiska regelverk (Montrealprotokollet, Kigali tillägget, EU:s F gasförordning, förslag till PFAS-förbud),
- tekniska alternativ och lösningar,
- samt branschspecifika rapporter och vetenskapliga artiklar.

Kontakter har etablerats med branschexperter, grossister samt aktörer verksamma inom köldmediemarknaden i syfte att skapa en helhetsbild av dessa flöden i samhället. Genom dessa dialoger har även deras bedömningar av vilka alternativa

köldmedier som kan komma att utgöra de mest hållbara lösningarna i framtiden inhämtats.

1.4 Läsanvisning

Rapporten är uppbyggd för att stegvis ge en helhetsbild av köldmedieanvändningen i Stockholms stad, dess klimat- och hälsopåverkan samt de lagar och tekniska lösningar som påverkar utvecklingen.

I kapitel 2 introduceras de centrala begreppen och ämnena. Här ges en bakgrund till traditionella köldmedier, med särskilt fokus på F-gaser och deras koppling till PFAS. Kapitlet redogör också för alternativa köldmedier såsom ammoniak, koldioxid och kolväten, samt för tekniska lösningar som fjärrkyla och evaporativ kyla. Detta kapitel fungerar som en kunskapsgrund för att förstå de resultat och analyser som följer. I kapitel 3 behandlas lagstiftningens roll. Här beskrivs hur internationella överenskommelser, EU:s F-gasförordning och det föreslagna PFAS-förbudet påverkar marknaden och driver på utfasningen av köldmedier med hög klimatpåverkan. Kapitlet visar också på de målkonflikter som kan uppstå mellan klimat- och kemikaliepolitik.

I kapitel 4 presenteras rapportens kärna: resultaten för installerade mängder köldmedier och utsläpp i Stockholms stad. Kapitlet bygger på flera datakällor – den nationella F-gas-modellen, ECOS-databasen, serviceföretagens uppgifter, enkätstudier samt särskilda beräkningar för mobila system och värmepumpar. Resultaten redovisas både i absoluta mängder och i koldioxidekvivalenter (CO₂e), samt med särskild uppmärksamhet på PFAS. Kapitlet avslutas med en samlad översikt över alla källor.

I kapitel 5 ges en övergripande bild över hur hantering av köldmedier går till vid skrotning av utrustningar. I kapitel 6 diskuteras potentialen för fortsatt utfasning av HFC och PFAS. Här analyseras vilka sektorer som har störst möjligheter att ställa om, vilka tekniska alternativ som finns tillgängliga och vilka hinder som återstår. I kapitel 7 förs en mer övergripande diskussion och analys. Här sätts resultaten i relation till syftet och frågeställningarna i kapitel 1.2. Kapitlet belyser osäkerheter, målkonflikter och presenterar rekommendationer på möjliga vägar framåt för Stockholms stad.

2 Köldmedier och tekniska lösningar för kyla och värme

2.1 Syntetiska köldmedier

Ett köldmedium används som bärare av energi för att transportera värme från en kallare plats till en varmare och vice versa. Köldmedier används exempelvis i kylar, frysar, värmepumpar och luftkonditioneringsanläggningar. Köldmediet förekommer i en sluten krets i aggregatet och cirkulerar mellan den kalla delen av systemet där förångning sker och den varmare delen där köldmediet kondenserar. Vid förångaren är det lågt tryck och köldmediet övergår från flytande form till gasform samtidigt som det tar upp värmeenergi från det som ska kylas. Vid kondensorn är det högt tryck och köldmediet återgår till vätskeform samtidigt som det avger sin värmeenergi vilken kan användas för att värma upp exempelvis luft eller vatten.

Redan på 1800-talet användes bland annat koldioxid, ammoniak och propan som köldmedier. Men eftersom flera av dessa alternativ var giftiga eller brandfarliga så började man på 1930-talet att leta efter säkrare och mer hållbara köldmedier. Detta arbete utmynnade i utvecklingen av de första syntetiska köldmedierna, vilka bestod av halogenerade kolväten. Klorfluorkarboner (CFC)- och hydroklorfluorkarboner (HCFC)-köldmedierna som togs fram var giftfria, kemiskt stabila och brandsäkra. Därmed ersattes snabbt de naturliga köldmedier som använts tidigare av de nya syntetiska köldmedierna.

Under 1970-talet upptäcktes de första indikationerna på att CFC och HCFC hade en skadlig inverkan på ozonskiktet. Det ledde till Montrealprotokollet, en internationell överenskommelse med mål att fasa ut ämnen som skadar ozonskiktet, som trädde i kraft 1987. I samband med utfasningen utvecklades tredje generationens köldmedier och freonerna ersattes av fluorkolväten (HFC).

2.1.1 Fluorerade växthusgaser (F-gaser)

En övervägande majoritet av alla system för kyl- och luftkonditionering använder idag fluorerade gaser, så kallade F-gaser, som köldmedier. Dessa köldmedier är syntetiskt framställda och består av fluorinnehållande kolväten. F-gaser används i kylutrustning, värmepumpar och brandsläckare, men även som jäsningsmedel i skumplast eller som drivgas i vissa läkemedel. Trots att dagens köldmedier, HFC:er, framställdes som ett miljövänligare alternativ till de tidigare ozonnedbrytande CFC- och HCFC-köldmedierna har de visat sig ha stor påverkan på klimatet då de är starka växthusgaser och bidrar till den globala uppvärmningen.

Hur stor påverkan på växthuseffekten en gas har mäts i dess *global warming potential* (GWP). GWP-värdet är ett mått på hur mycket ett kilo av en växthusgas påverkar klimatet i jämförelse med ett kilo koldioxid. En del HFC kan stanna kvar länge i atmosfären, vissa så länge som flera decennier eller till och med århundraden. Därmed bidrar de till växthuseffekten över mycket lång tid och har således höga GWP-värden (Tabell 1).

De vanligaste F-gaserna är fluorkolväten (HFC), men även perfluorkarboner (perfluorocarbons, PFC) och svavelhexafluorid (SF₆) räknas in bland F-gaserna. Den generation av köldmedier som utvecklats efter HFC är hydrofluoroolefiner (HFO). Även dessa kategoriseras som F-gaser.

Gruppen hydrofluoroolefiner (HFO) har generellt sett lågt GWP, på grund av deras kortare atmosfäriska livslängd, och reglerades därför inte i den tidigare (nu upphävda) F-gasförordningen (EU 517/2014). I många fall har därför substitution gjorts till substanser i denna grupp. I till exempel luftkonditioneringssystem i personbilar är det vanligt att använda R1234yf (HFO-1234yf). I den nya F-gasförordningen (EU 2024/573) som trädde i kraft i mars 2024 har även F-gaser som är PFAS, eller som har bevisats eller misstänks brytas ned till PFAS, inkluderats. Det innebär att även HFO:er regleras (till exempel via läckagekontroll). I förordningen rekommenderas företag att överväga att använda alternativ som är mindre skadliga för hälsan, miljön och klimatet, i linje med försiktighetsprincipen.

HFO eller blandningar med HFO och HFC, med ett lägre totalt GWP än rena HFC, kan i många fall ersätta HFC i befintlig utrustning utan modifiering eller med liten förändring av utrustningen ("drop-in köldmedium"). Detta eftersom blandningarna har liknande fysikaliska och kemiska egenskaper. HFO är dock mer

brandfarligt, och mer toxiskt, än HFC och det är för att få ner brandfarligheten som HFC blandas in.

Att använda HFO/HFC-blandningar kan dock vara en kortsiktig lösning. Även om totalt GWP för blandningen minskas så innehåller köldmediet fortfarande en viss del HFC, med ett högt GWP, som kan läcka ut i atmosfären och därmed bidra till växthuseffekten. HFO kan dessutom brytas ner till trifluorättiksyra (TFA, CF_3COOH) och/eller HFC-23 (trifluormetan, fluoroform, CHF_3) (TURI, 2025; Salierno, 2024). Dessa nedbrytningsprodukter är mycket problematiska, TFA inkluderas i den europeiska kemikaliemyndigheten ECHA:s definition av PFAS (se nedan) medan HFC-23 har ett mycket högt GWP på 14 800 och en atmosfärisk livstid på ca 220 år. Det totala bidraget till växthuseffekten av HFC-23 blir alltså i slutändan högre än det GWP som HFO/HFC-blandningen sägs ha, eftersom beräkning av GWP inte tar hänsyn till nedbrytningsprodukter. Den konverterade utrustningen kan även ha en lägre effekt och driftsäkerhet, jämfört med den ursprungliga utrustningen och i synnerhet jämfört med nyare utrustning. Långsiktigt kan det därför bidra till både ökade växthusgasutsläpp och ett högre pris. Att konvertera befintlig utrustning bör alltså ses som en tillfällig lösning.

Det är värt att notera att PFAS-fria alternativ kan innefatta vissa HFC med låg GWP, vilka saknar de specifika kemiska bindningar som annars skulle medföra att de faller under definitionen för PFAS.

2.1.2 PFAS

PFAS (per- och polyfluorerade alkylsubstanser) är en stor grupp syntetiska kemikalier som har en bred användning i samhället och som därför förekommer i stor utsträckning i miljön. Substanserna är uppbyggda med kol-fluorbindningar, vilket är en av de starkaste kemiska bindningarna som finns, och därmed är de väldigt svårnedbrytbara och långlivade i miljön. Det krävs förbränning vid en temperatur över 1 100 °C för att bryta ner PFAS (Council of the European Union, 2023). Substanserna är även lättrörliga och kan transporteras långa sträckor i naturen.

Akuta hälsoeffekter har inte påvisats vid kortvarig exponering för PFAS. På grund av omfattande spridning i miljön sker dock en långvarig exponering, både för människor och djur, och det är denna som har kopplats till flera hälsoeffekter, bland annat påverkan på immunförsvaret, blodfetter och födelsevikt (Livsmedelsverket, 2021). Kortkedjade PFAS (C8 och kortare) är mindre toxiska än

långkedjade PFAS, men de är mer mobila och kan förflytta sig långt eftersom de är mer vattenlösliga. Kortkedjade PFAS är dessutom mer svårnedbrytbara än de med längre kedjor (se TFA nedan). I Tabell 1 anges vilka f-gaser som definieras som PFAS enligt ECHA.

2.1.2.1 Trifluorättiksyra (TFA)

Det finns olika nedbrytningsvägar för F-gaser i atmosfären beroende på atmosfäriska förhållanden och var i atmosfären (till exempel högt eller lågt) de bryts ner (ECHA, 2025a). Några F-gaser bildar intermediära nedbrytningsprodukter som kan följa olika nedbrytningsvägar, till exempel reaktion med OH-radikaler, hydrolys och fotolys. HFC och HFO bryts vanligen ner till trifluoracetaldehyd (CF_3CHO), trifluoracetylfluorid (CF_3COF) och/eller trifluormetanol (CF_3OH) i mellansteget. I många fall är slutprodukten i nedbrytningsprocessen trifluorättiksyra (TFA). Det saknas idag bra metoder att mäta TFA i atmosfären och att beräkna hur stor andel av olika F-gaser som bryts ner till TFA (Sinche Chele, 2024)

TFA är en mobil och mycket persistent molekyl och är den vanligast förekommande PFAS i miljön. TFA som bildas i atmosfären, vid nedbrytning av F-gaser, följer med regn och snö ner till jordytan och kan på så sätt spridas över mycket stora områden. Att sanera TFA från naturen är i det närmaste omöjligt och de vanliga reningsteknikerna räcker inte till för att rena dricksvatten från TFA.

Idag är TFA klassificerat inom EU:s kemikalielagstiftning (REACH och CLP) som ett ämne med flera hälso- och miljörisker. Det bedöms vara skadligt vid inandning, orsaka allvarliga frätskador på hud och ögon, samt vara skadligt för vattenlevande organismer vid långvarig exponering (ECHA, 2022). I samband med den pågående revideringen av CLP-förordningen har Tyskland föreslagit att TFA bör klassas ännu strängare, bland annat som reproduktionstoxiskt (misstänkt att skada fertilitet och ofödda barn) och som ett ämne som är mycket långlivat och svårnedbrytbart i miljön (ECHA, 2023a). TFA bioackumuleras i växter, inklusive odlad gröda, och höga koncentrationer av TFA har detekterats i mat och dryck som är växtbaserad, som exempelvis juice, öl och te. Andra källor till TFA är jordbrukskemikalier, läkemedel och fluoropolymerer (Arp, et al., 2024).

I Tabell 1 anges vilka köldmedier som kan klassas som PFAS, antingen i sig eller på grund av att de bryts ner till TFA. Det är värt att notera att tabellen anger köldmedierna som enskilda kemikalier medan många köldmedier är en blandning

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

av dessa, till exempel är R404A en blandning av HFC-125, HFC-134a och HFC-143a.

Tabell 1. Översikt över köldmedier: GWP, kemisk beteckning, om de klassas som PFAS och om det bildas TFA vid nedbrytning (andel TFA som bildas vid nedbrytning anges i %). I vissa fall saknas information om TFA bildas.

Köldmedium/Kemisk beteckning	GWP (IPCC AR4)	Köldmediety	PFAS?	TFA
HFC-23	14 800	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-32	675	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-41	92	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-125	3 500	Rent HFC	Ja	1-10%
HFC-134	1 100	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-134a	1 430	Rent HFC	Ja	7-20%
HFC-143	353	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-143a	4 470	Rent HFC	Ja	2-30 %
HFC-152	53	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-152a	124	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-161	12	Rent HFC	Nej	Nej
HFC-227ea	3 220	Rent HFC	Ja	≈100%
HFC-236cb	1 340	Rent HFC	Ja	
HFC-236ea	1 370	Rent HFC	Ja	
HFC-236fa	9 810	Rent HFC	Ja	10-30%
HFC-245ca	693	Rent HFC	Ja	
HFC-245fa	1 030	Rent HFC	Ja	1-17%
HFC-365mfc	794	Rent HFC	Ja	<10%
HFC-43-10mee	1 640	Rent HFC	Ja	
HFO-1233zd	3,88	Rent HFO	Ja	2-30%
HFO-1234yf	0,501	Rent HFO	Ja	≈100%
HFO-1234ze	1,37	Rent HFO	Ja	2-30%

2.2 Alternativa köldmedier

De vanligaste alternativen idag för att ersätta HFC (exempelvis R134a) som köldmedier är användning av HFO, ammoniak, kolväten eller koldioxid.

Naturliga köldmedier, som exempelvis ammoniak, propan och koldioxid, har använts i olika typer av kyltrustning i många år, men på grund av säkerhetsrisker kring bland annat höga tryck och ökad brandrisk har de tidigare inte använts i storskaliga tillämpningar. De naturliga köldmedierna kräver korrekt hantering för att undvika lokala risker men de lämnar inga bestående restprodukter och de har låg klimatpåverkan. Icke fluorerade köldmedier, som de som nämnts ovan, orsakar totalt sett mindre påverkan på miljön, sett över hela livscykeln, än vad traditionella F-gaser gör eftersom tillverkningen inte kräver lika skadliga kemiska ämnen. Den nya kyltrustningens placering och storlek samt vilken precision som krävs i kylningen påverkar val av köldmedium.

Det finns alternativa köldmedier på marknaden med HFC/HFO med GWP under 150, exempelvis R455A och R455C, som kan ses som övergångsköldmedier. Ur ett regulatoriskt perspektiv är dessa köldmedier tillåtna att placeras på marknaden enligt F-gasförordningen (EU) 2024/573. Dessa köldmedier ses i många fall som långsiktiga lösningar, om bara deras låga GWP beaktas. Men dessa köldmedier definieras som PFAS, vilket innebär att de kan medföra miljö- och hälsorisker och komma att bli helt förbjudna om föreslagen PFAS-lagstiftning antas. Därför är de inte en optimal långsiktig lösning ur kemikalie- och hållbarhetssynpunkt, utan bör ses som tillfälliga alternativ under övergången till köldmedier med låg GWP och utan PFAS-innehåll.

2.2.1 Ammoniak (R-717)

Ammoniak har hög värmekapacitet, lägre brandrisk (det är inte lättantändligt men kan bilda explosiva blandningar med luft), lägre pris och en inbyggd läcksöksfunktion, eftersom det har en distinkt lukt (Sinché Chele, 2024).

Ammoniak har lågt GWP (GWP=0) men det är giftigt vid inandning, farligt för vattenmiljön och mycket frätande. Ammoniak kan reagera i atmosfären och bidra till ökade halter av sig själv, NO_x och salpetersyra.

Traditionellt sett har ammoniakproduktion varit beroende av naturgas och kol, men det går även att tillverka ammoniak genom eldriven elektrolys (TURI).

I kylanläggningar av typen "ultra low charge chiller" (ULC), som utnyttjar kylt vatten, sker eventuella läckor av ammoniak till det cirkulerande vattnet och hålls på så sätt inneslutet i systemet. Risken för utsläpp till miljön minskas därmed.

För många industriella applikationer ger ammoniak hög effektivitet. Det är lättillgängligt och är ett bra val för större anläggningar. Dock är det viktigt med robusta säkerhetsåtgärder för att minimera läckagerisken.

2.2.2 Koldioxid (R-744)

Koldioxid (CO_2) har använts länge som köldmedium men fick konkurrens när CFC:erna kom på 1930-talet. Koldioxid har låg toxicitet och lågt GWP ($\text{GWP}=1$). Koldioxid som köldmedium har inga kända nedbrytningsprodukter, eller andra negativa effekter, förutom sitt bidrag till växthuseffekten. Och det bidraget är ju betydligt lägre än till exempel HFC och HFO. Industriell koldioxid framställs genom rening av den koldioxid som bildas vid till exempel förbränning och jäsning. I moderna system som utnyttjar transkritiskt CO_2 fås också en hög verkningsgrad. Nackdelen är det höga tryck som krävs för att hålla koldioxiden i det transkritiska stadiet. Det kräver noggrann förståelse för systemets egenskaper och krav och resulterar (i alla fall initialt) i ett högre pris. För att upprätthålla trycket krävs relativt sett mer elenergi än andra lösningar, vilket i sig kan leda till högre driftskostnader. Förutom att koldioxid är mer miljövänligt och har hög effektivitet så finns det också stora möjligheter att återvinna värmen från transkritiskt kylsystem där koldioxid används. Koldioxid är därför ett mycket bra val där höga temperaturlyft ska göras eller där det finns möjlighet till värmeåtervinning. Koldioxid är ett bra alternativ för större sammankopplade system. En nackdel med koldioxid som köldmedium är att effektiviteten sjunker vid varma omgivningstemperaturer.

2.2.3 Kolväten

2.2.3.1 Propan (R-290)

Propan användes, liksom koldioxid, tidigt som köldmedium men den användningen försvann nästan helt när CFC började användas. Propan har lågt GWP ($\text{GWP}=0,02$) och låg toxicitet men är mycket brandfarligt. Propan kan reagera i atmosfären och om det reagerar med OH-radikaler så kan giftiga substanser som aceton, acetaldehyd eller propionaldehyd bildas. Traditionellt har propan tillverkats av petroleumråvara, men det kan också tillverkas av förnybara råvaror så som vegetabiliska oljor, djurfett och använd matolja. Propan är effektivt med utmärkta termodynamiska egenskaper och kan användas i en mängd olika applikationer, exempelvis i kyldiskar i livsmedelsbutiker, i värmepumpar och i

mobila luftkonditioneringsaggregat. Eftersom propan är brandfarligt ställer användningen hårda säkerhets- och lagkrav vid installation.

2.2.3.2 Propan (R1270)

Propan (GWP=0) är ett naturligt och energieffektivt köldmedium utan miljöpåverkan. Det används främst i kyl- och värmepumpssystem men är brandfarligt, vilket kräver särskilda säkerhetsåtgärder som god ventilation och skydd mot antändningskällor. Det absorberar och avger värme snabbt, vilket kan minska energiförbrukningen.

2.2.3.3 Isobutan (R600a)

Isobutan (GWP=0) är liksom propan mycket brandfarligt. Den lägre brännbarhetsgränsen för isobutan är dock något högre än den för propan, vilket gör att fyllnadsmängden för ett system placerat inomhus får vara högre för isobutan. Isobutan är vanligt som köldmedium i kylskåp och frysar för hushållsbruk och används också i en del värmepumpar. Anledningen till att isobutan i stor uträkning används i kylskåp för hushåll är för att dess kompressor oftast är mycket mindre och tystare. Isobutan kräver inte lika högt tryck vilket också gör den mer lämplig för mindre system.

2.3 Val av köldmedium

Valet av köldmedium påverkas i hög grad av både lagstiftning och praktiska förutsättningar, särskilt när verksamheter behöver ersätta köldmedier som innehåller PFAS eller andra HFC/HFO-baserade ämnen med hög GWP. Den reviderade F-gasförordningen och det föreslagna PFAS-förbudet fungerar som starka styrmedel, eftersom de sätter tydliga gränser för vilka köldmedier som får användas och minskar möjligheten att fortsätta använda äldre köldmedier med hög GWP eller som faller under definitionen för PFAS.

Lagstiftningen blir därmed ett primärt styrmedel som driver valet mot miljö- och hälsomässigt bättre alternativ. Samtidigt påverkar den ekonomiska situationen och praktiska faktorer möjligheten att genomföra byten, vilket kan skapa både incitament och hinder. Incitamenten uppstår genom långsiktiga energibesparingar, lägre klimatpåverkan och minskade risker för hälsa och miljö, medan hinder kan vara högre initialkostnader, behov av ny utrustning och ökade säkerhetskrav för vissa alternativ, exempelvis brandfarliga naturliga köldmedier.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

Tabell 2 visar exempel på faktorer som är viktiga vid val av olika syntetiska och naturliga köldmedier. I tabellen har dessa faktorer kategoriserats som låg, mellan eller hög för att visa styrkor och begränsningar hos olika köldmedier. Klassningen är vägledande eftersom värderingen kan variera beroende på systemstorlek, driftförhållanden och lokala förutsättningar.

En praktisk indikator för energieffektivitet hos köldmedier är Coefficient of Performance (CoP), som visar hur effektivt ett köldmedium använder energi för att producera kyla under likvärdiga driftförhållanden (TURI, 2025; Salierno, 2024). Genom att jämföra CoP kan man få en uppfattning om vilka köldmedier som generellt är mer eller mindre energieffektiva.

Kostnaden för köldmedier varierar beroende på typ av gas, användningsområde och systemkrav. Naturliga köldmedier som ammoniak (R-717) och isobutan (R-600a) är generellt låga i kostnad, eftersom de är billiga att producera och används ofta i etablerade system med små mängder som kräver minimal säkerhetshantering (TURI, 2025; Salierno, 2024). Större system eller köldmedier med brandfarliga egenskaper kan medföra högre kostnader för installation, säkerhet och drift, vilket gör att exempelvis CO₂ (R-744), propan (R-290) och propen (R-1270) kan få högre totalkostnad. Syntetiska HFC- och HFO-baserade köldmedier, som R-134a, R-410A och R-1234yf, kan ha högre kostnad på grund av komplex produktion och begränsad tillgång i samband med regulatoriska krav.

Köldmedier säkerhetsklassificeras enligt internationella standarder utifrån två huvudfaktorer: toxicitet och brandfarlighet. De mest använda standarderna är ASHRAE Standard 34 (ASHRAE, 2025) och ISO 817 (ISO, 2024), som gör det möjligt att jämföra olika köldmedier globalt och att avgöra vilka säkerhetsåtgärder som behövs vid installation, drift och service.

Toxicitetsklassningen baseras på mätningar av tillåtna exponeringsnivåer (OEL, Occupational Exposure Limit). Köldmedierna klassas utifrån akut exponering, eftersom risken för allvarlig skada oftast är kopplad till plötsliga läckage eller systemfel där hela köldmediets laddning kan frigöras på kort tid. Klass A innebär låg toxicitet och klass B innebär högre toxicitet.

Brandfarligheten bedöms utifrån hur lättantändliga gasen är. Brandfarlighet (1, 2, 2L eller 3): Köldmedier delas även in efter hur lättantändliga de är. Klass 1 innebär att köldmediet i princip inte är antändbart. Klass 2 och 2L innebär måttlig brandrisk, där 2L står för en särskild grupp med låg antändningshastighet. Klass 3

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

används för mycket lättantändliga köldmedier, till exempel propan och isobutan, där hanteringen förutsätter korrekt säkerhetsutrustning (till exempel detektorer, ventilation).

Kombinationen av dessa två faktorer ger en säkerhetsklass (tex. A1 låg toxicitet, ej brandfarlig) och på så vis kan man väga in både hälsorisker och brandrisker när man väljer köldmedium för olika tekniska lösningar.

I Tabell 2 har köldmedierna presenterats med en kolumn för säkerhetsklass samt separata kolumner för brandfara och hälsotoxicitet. Dessa två kolumner är i huvudsak härledda från säkerhetsklassificeringen, men anges separat för att ge en mer detaljerad och nyanserad bild av köldmediets riskprofil och för att underlätta jämförelser mellan olika alternativ.

Det är viktigt att notera att säkerhetsklassningen inte tar hänsyn till miljörisker eller nedbrytningsprodukter som PFAS eller TFA, vilka kan påverka både ekosystem och ge kroniska effekter på människors hälsa. Därför kompletteras säkerhetsklassningen med parametrar med miljötoxicitet som bedömer dessa risker separat för att ge en mer heltäckande bild av köldmediet.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

Tabell 2. Köldmediers användningsområden, fysikalisk-kemiska egenskaper, klimatpåverkan och toxikologisk profil.

Köldmedia	Typ och sammansättning	Användnings- område K = Kyl, F=Frys, V=Värmepump	Har ersatt/kan ersätta	GWP (AR4)	PFAS (TFA, %)	Kostnad ¹	Energi- effektivitet ²	Säkerhets- klass ³	Brandrisk	Hälso-toxicitet	Miljö-toxicitet
R-717 (Ammoniak) ****	Naturlig, Oorganisk	Industriell K	HCFC- 22 HFC- 134a HFC- R404	0	Nej	Låg	Hög	B2L	Mellan	Giftigt vid inandning, irriterande och orsakar allvarliga skador på hud och ögon	Mycket giftigt för vattenlevande organismer, hög risk för övergödning
R-744 (CO₂)****	Naturlig, Oorganisk	Transport K,F Industriell K,F Kommersiell K,F Mobil AC	HCFC-22 HFC-134a HFC-404A	1	Nej	Hög initial kostnad för utrustningen	Låg CoP men hög värme- återvinning	A1	Nej	Nej	Nej
R-290 (Propan) ****	Naturlig, Ren HC	Kommersiell K,F Värmepumpar AC	HFC-134a HFC-404A	0,02	Nej	Låg	Hög	A3	Hög	Nej	Nej
R-600a (Isobutan) ****	Naturlig, Ren HC	Hushåll K, F Värmepumpar	HFC-134a HFC-404A	0	Nej	Låg	Hög	A3	Hög	Nej	Nej
R-1270 (Propen/ Propylen) ****	Naturlig, Ren HC	Kommersiell K Industriell K Värmepumpar AC	HCFC-22 HFC-134a	0	Nej	Låg	Hög	A3	Hög	Nej	Nej
R-134a*	Syntetisk, Ren HFC	Kommersiell K Industriell K Mobil AC, K Värmepump	CFC-12	1430	7-20	Mellan	Hög	A1	Nej	Nej	Bryts ned till TFA

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

Köldmedia	Typ och sammansättning	Användnings- område K = Kyl, F=Frys, V=Värmepump	Har ersatt/kan ersätta	GWP (AR4)	PFAS (TFA, %)	Kostnad ¹	Energi- effektivitet ²	Säkerhets- klass ³	Brandrisk	Hälsotoxicitet	Miljötoxicitet
R-1234yf**	Syntetisk, Ren HFO	Hushålls K, Kommersiell K Mobil AC	HFC-134a	0,501	100	Hög	Mellan	A2L	Mellan	Låg	Bryts ned till TFA
R-513A*	Syntetisk, HFC/HFO mix: HFO-1234yf (44%) HFC-134a (56%)	Mobil AC Stationär AC Värmepumpar Industriell K Kommersiell K	HFC-134a	629	56-63	Hög	Hög	A1	Nej	Låg	Bryts ned till TFA
R-32*	Syntetisk, Ren HFC	Stationär AC Stationär V	HFC-23 HFC-410A	675	Nej	Mellan	Hög	A2L	Mellan	Låg	Låg
R-448A*	Syntetisk, HFC/HFO mix: HFC-32(26%) HFO-125 (26%) HFO-1234yf (20%) HFC-134a (21%) HFO-1234ze(E) (7%)	Kommersiell F	HFC-404A	1386	17-22	Hög	Hög	A1	Låg	Låg	Bryts ned till TFA
R-449A*	Syntetisk HFC mix: HFC-134a (25.7%) HFO-1234yf (25.3%) HFC-125 (24.7%) HFC-32 (24.32)	Kommersiell K	HFC-404A	1396	21-25	Hög	Hög	A1L	Nej	Låg	Bryts ned till TFA
R-407C*	Syntetisk, HFC/HFO mix: HFC-134a HFC-125	Värmepumpar	HCFC-22	1774	Ja	Hög	Hög	A1L	Nej	Låg	PFAS

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

Köldmedia	Typ och sammansättning	Användnings- område K = Kyl, F=Frys, V=Värmepump	Har ersatt/kan ersätta	GWP (AR4)	PFAS (TFA, %)	Kostnad ¹	Energi- effektivitet ²	Säkerhets- klass ³	Brandrisk	Hälso-toxicitet	Miljö-toxicitet
	HFC-32										
R-452A*	Syntetisk, HFO+HFC mix: HFC-32 (11%) HFO-125 (59%), HFO-1234yf (30%)	Kommersiell F	HFC-404A	2139	31-36	Hög	Hög	A1	Låg	Låg	Bryts ned till TFA
R-407A*	Syntetisk, HFC/HFO mix: HFC-32 HFC-125 HFC-134a	Kommersiell K, F Transport K	HCFC-502 HCFC-22 HFC-404A	2107	Ja	Hög	Hög	A1	Nej	Låg	PFAS
R-410A*	Syntetisk, HFC/HFO mix: HFC-32(50%) HFO-125 (50%)	Industriell K Kommersiell AC Värmepumpar	HCFC-22	2088	Ja	Hög	Hög	A	Nej	Låg	Bryts ned till TFA
R-404A*	Syntetisk, HFC/HFO mix: HFC-125 (44%) HFC-143a (52%) HFC-134a (4%)	Kommersiell K Industriell K Transport K	HCFC-502 CFC-12 HCFC-22	3922	Ja	Hög	Mellan	A1	Nej	Låg	PFAS
R-452B*	Syntetisk, HFC/HFO mix: HFC-32 HFC-125 HFO-1234yf	Hushålls V Högtrycks V Kylmaskiner	HFC410A	698	Ja (inte R-32)	Hög	Hög	A2L	Mellan	Låg	Bryts ned till TFA
R-515B**	Syntetisk, HFO mix: R1234ZE R227ea	AC Värmepumpar Kylmaskiner	HFC134a	288	8-34	Hög	Hög	A1	Nej	Låg	Bryts ned till TFA
R-1234ze**	Syntetisk, Ren HFO	Kylmaskiner Värmepumpar	HFC134a	1	2-30	Hög	Hög	A2L	Mellan	Låg	Bryts ned till TFA

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

Köldmedia	Typ och sammansättning	Användnings- område K = Kyl, F=Frys, V=Värmepump	Har ersatt/kan ersätta	GWP (AR4)	PFAS (TFA, %)	Kostnad ¹	Energi- effektivitet ²	Säkerhets- klass ³	Brandrisk	Hälso-toxicitet	Miljö-toxicitet
R-455C***	Syntetisk, HFC/HFO mix: R454 R455	Kommersiell F Stationära AC Stationära V	R-404A R410	146	62	Hög	Hög	A2L	Mellan	Låg	Bryts ned till TFA
R-455A***	Syntetisk, HFC/HFO mix: R-744 32 1234yf	Kommersiell F Stationära AC Stationära V	R-404A R410	146	76	Hög	Hög	A2L	Mellan	Låg	Bryts ned till TFA

* F-gas (EU 2024/573): Kvotstyrd (2015–2050). Förbud mot nya stationära vätskekylaggregat ≤12 kW från 1 jan 2027 pga. GWP>150. PFAS restriktioner: Under utredning, kan omfattas av förbud.

** F-gas (EU 2024/573): Ej kvotstyrd. PFAS restriktioner: Under utredning, kan omfattas av förbud.

*** F-gas (EU 2024/573): Kvotstyrd (2015–2050) men tillåten pga GWP <150. PFAS restriktioner: Under utredning, kan omfattas av förbud.

****F-gas (EU 2024/573): omfattas inte. PFAS restriktion: Omfattas inte av förbud

1. Kostnad avser den relativa kostnadsnivån baserad på köldmediets pris, systemkrav och säkerhetsåtgärd.

2. Energieffektivitet avser köldmediernas relativa energiprestanda i förhållande till varandra baserat på Coefficient of Performance (CoP) under likvärdiga driftförhållanden.

3. Säkerhetsklassificering enligt internationella standarder (Ref ASHRAE Standard 34, ISO 817/2024) sker utifrån två huvudfaktorer: toxicitet (A=låg toxicitet, B= hög toxicitet) och brandfara (1= inte brännbart 2=måttligt 2L=låg antändningshastighet eller 3= mycket antändlig). Kombinationen av dessa två faktorer ger en säkerhetsklass. Standarderna tar inte hänsyn till miljörisker eller PFAS/TFA.

2.4 Tekniska lösningar för värme och kyla

Generellt gäller att ny modern utrustning oftast ger högre effekt än äldre utrustning och utrustning som har anpassats för att kunna använda HFC/HFO-blandningar, och följer säkerhetsstandarder bättre. I det långa loppet kan det alltså löna sig att byta utrustning eller helt välja annan teknisk lösning hellre än att anpassa befintlig utrustning.

2.4.1 Split-system

Genom att använda split-system (delat HVAC-system) där kompressor och kondensor sitter i en enhet som placeras utomhus och förångare och fläkt sitter i inomhusenheten så uppnås flera positiva effekter. Dels är det ett bra sätt att minska eventuell brandrisk eller annan fara som kan uppstå vid läckage av köldmediet, dels har de ofta en hög energieffektivitet och det ger en tystare inomhusmiljö.

2.4.2 Adiabatisk/evaporativ kyla

I ett system för adiabatisk, eller evaporativ, kyla utnyttjas förångning av vatten för att avlägsna värme. Det går att utnyttja både för att kyla rumsluft och för kylvatten för processer. Dessa system kräver inte traditionella köldmedier och med rätt teknik kan de vara energieffektiva och tillverkas i material som har mindre påverkan på miljön. System för evaporativ kyla riskerar inte att läcka giftiga eller brandfarliga ämnen och de går att anpassa för både större och mindre lokaler.

2.4.3 Fjärrvärme/fjärrkyla

I system för fjärrvärme och fjärrkyla produceras värmen eller kylan i en stor central anläggning och distribueras till användaren via underjordiska ledningar. En förutsättning för att det ska vara lönsamt är att användarna är tillräckligt många och att de inte är för utspridda.

Fjärrvärme är den vanligaste uppvärmningsformen i Sverige. Fjärrvärmeverket kan utnyttja till exempel hushållsavfall eller träavfall från industrin för att producera värme. Det går även att ta tillvara överskottsvärme från lokal industri. Resurser som annars skulle gå till spillo.

Fjärrkyla kan produceras på olika sätt. Exempelvis kan kallt vatten från en djup sjö utnyttjas för att kyla vattnet i fjärrkylennätet. Detta kallas **frikyla** och är en form av geoenergi (se vidare nedan). Värme från ett fjärrvärmeverk kan också utnyttjas för att torka luft som sedan kan fuktas med vatten som förångas och sänker temperaturen, enligt samma princip som evaporativ kyla ovan. Att kyla med luft som först torkas kallas **sorptiv kyla** och är extra effektivt då den torrare luften kan ta upp mer vatten. Värme från ett fjärrvärmeverk kan även användas för att driva en kylmaskin som producerar kyla, till exempel med hjälp av en **absorptionsvärmepump**.

3 Hur driver lagstiftningen på utfasningen?

3.1 Montrealprotokollet och F-gasförordningen

Montrealprotokollet, som trädde i kraft 1987, var den första globala överenskommelsen med målet att fasa ut ämnen som skadar ozonskiktet. Bland dessa fanns de första syntetiska köldmedierna, framför allt CFC (klorfluorkarboner) och HCFC (hydroklorfluorkarboner), som användes i stor utsträckning.

Dessa ämnen började ersättas av HFC-gaser, som inte skadar ozonskiktet men som i stället visat sig ha en mycket hög global uppvärmningspotential (GWP). För att begränsa dessa utsläpp implementerade EU F-gasförordningen (EU 517/2014), som trädde i kraft den 1 januari 2015, med målet att fasa ned HFC-användningen inom EU. Senare, år 2016, infördes Kigali-tillägget till Montrealprotokollet, med målet att utfasa HFC-användningen globalt. Genom att införa F-gasförordningen tidigt hade EU redan lagt grunden för att uppfylla dessa globala mål.

F-gasförordningen ställer krav på gradvis minskning av mängden HFC-gaser som får sättas på marknaden inom EU. Ett av de viktigaste verktygen i F-gasförordningen är det så kallade kvotsystemet. Kvotsystemet innebär att EU sätter en total årlig gräns för hur mycket HFC som får importeras eller tillverkas inom unionen, mätt i ton koldioxidkvivalenter (CO₂e). Denna gräns minskar successivt enligt en fastställd "utfasningskurva". Företag som vill sätta HFC på marknaden

måste ha en tilldelad kvot från EU. Kvoterna är begränsade och sjunker för varje år, vilket har lett till höjda priser och pressat marknaden att övergå till köldmedier med lägre GWP och därmed lägre klimatpåverkan.

I den reviderade F-gasförordningen från 2024 (EU 2024/573) skärptes reglerna ytterligare för att snabba på utfasningen. Enligt den nu gällande planen halveras den tillåtna mängden HFC som får släppas ut på marknaden till år 2025, jämfört med det som fick säljas 2023. Till år 2027 ska den tillåtna mängden HFC som får släppas ut på marknaden inom EU minska ytterligare. Vid den tidpunkten bedöms huvuddelen av den tillåtna volymen gå till service och underhåll av befintliga anläggningar, snarare än till nya installationer. Senast 2030 kommer bara omkring 10 procent av 2023 års nivå att vara tillåten, vilket gör det osannolikt att nya aggregat med HFC kommer att finnas kvar på marknaden (SKVP, 2024).

Bilaga IV (punkt 2-9) till den reviderade F-gasförordningen från 2024 beskriver förbud mot utsläppande på marknaden eller distribution av, för denna studie, relevanta utrustningar och produkter, med angivna förbudsdatum. Eftersom förutsättningarna för olika produkttyper när det gäller utfasning av f-gaser varierar, har produkterna olika förbudsdatum. Slutmålet för majoriteten av produkterna är att f-gaserna fasas ut och endast naturliga köldmedier får användas. Utfasningen sker stegvis, t. ex. gäller 1 januari 2027 som förbudsdatum för stationära vätskekylaggregat (med en nominell kapacitet på 12 kW eller mindre) som innehåller, eller vars funktion är beroende av fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om dessa krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften. Det senare kan exempelvis handla om att uppfylla säkerhetskrav vad gäller installation av vätskekylaggregat med brandfarliga alternativ. I Bilaga 1 nedan återfinns punkt 2-9 ur EU 2024/573, Bilaga IV.

3.2 Begränsning av PFAS

Samtidigt som fokus har legat på en utfasning av användningen av HFC-gaser har det också uppmärksamats att många fluorerade växthusgaser kan komma att definieras som PFAS. Den definition som används av ECHA bygger på kriterier från OECD (OECD, 2021). Detta innebär att flera vanligt förekommande köldmedier, både HFC och HFO, omfattas av definitionen (se Tabell 1). I januari 2023 lämnade Sverige, Danmark, Norge, Tyskland och Nederländerna ett förslag till ECHA om att förbjuda tillverkning, försäljning och användning av PFAS-ämnen inom EU (ECHA, 2023b). Förslaget baseras på ovan nämnda definition och

kan, om det införs, komma att omfatta en betydande del av dagens fluorerade köldmedier.

I juni 2025 lämnade samma kemikaliemyndigheter (kallade *dossier submitters*) in ett reviderat förslag rörande restriktion av PFAS. Förslaget är omarbetat med hänsyn taget till de kommentarer som inkommit sedan 2023. *Dossier submitters* menar att inkomna kommentarer har gett styrkta belägg avseende till exempel hälso- och miljöproblem, utsläpp, alternativ och ekonomisk påverkan. Kunskapen om PFAS har därmed ökat väsentligt under den här processen. ECHA har efter att det uppdaterade förslaget publicerades meddelat en tidsplan för att behandla förslaget och anger att de avser att vara klara med sin utvärdering av den föreslagna EU-restriktionen av PFAS i slutet av 2026 (ECHA, 2025b). Om lagförslaget införs kommer det implementeras i REACH-förordningen, vilket innebär att de fluorerade köldmedierna kommer att regleras i två olika förordningar. REACH-förordningen förväntas revideras och uppdateras, vilket ursprungligen var planerat att ske i slutet av 2025. Nu har dock tidplanen fördröjts. Den tidigare F-gasförordningen har uppmuntrat användningen av HFO-köldmedier som alternativ till HFC främst på grund av deras låga GWP-värden, samtidigt som PFAS-regleringen kan komma att begränsa eller förbjuda dessa ämnen. HFO är dessutom betydligt mer problematiska eftersom de i atmosfären nästan fullständigt bryts ned till TFA till skillnad mot HFC som endast genererar TFA i 7-20%. Nyligen har det fastställts att TFA inkluderas i PFAS²⁴, listan över 24 prioriterade PFAS-ämnen som ska övervakas enligt EU:s vattendirektiv (WFD) och direktivet om miljökvalitetsnormer (Europeiska unionens råd, 2025). Detta innebär att medlemsstaterna måste införa gränsvärden och övervakning senast den 21 december 2027, för att säkerställa att koncentrationen av TFA och andra PFAS i yt- och grundvatten hålls under säkra nivåer. Gränsvärdena anger högsta tillåtna koncentrationer i vatten, medan övervakningen innebär att medlemsstaterna systematiskt mäter och rapporterar nivåerna för att följa upp efterlevnaden. Fullständig efterlevnad av de nya normerna ska uppnås senast 2039, vilket kräver att TFA-nivåerna behöver hållas låga.

3.2.1 Summering av begränsningsförslaget för PFAS

3.2.1.1 Sektorsindelning

Begränsningsförslaget (ECHA 2025c; Kemikalieinspektionen 2025), skrivet av *dossier submitters*, är uppbyggt genom en indelning i sektorer, där varje sektor motsvarar ett område i samhället eller industrin där PFAS används för specifika ändamål. Syftet med sektorsindelningen är att skapa tydlig en struktur för att beskriva, analysera och bedöma den mycket breda och omfattande PFAS-användningen som förekommer idag. Inom varje sektor har ett mer detaljerat användningsområde identifierats där PFAS används på liknande sätt eller för liknande ändamål längs hela leveranskedjan.

Köldmedier ingår huvudsakligen i sektorn Applikationer för F-gaser (*Applications of fluorinated gases*), i begränsningsförslaget. Denna sektor omfattar flera olika användningsområden för fluorerade gaser, där HVACR-system (*heating, ventilation, air conditioning och refrigeration*) är det enda användningsområde som avser köldmedier. Övriga användningsområden inom denna sektor, såsom blåsmedel, drivgaser och isoleringsgaser, är inte relevanta för köldmedier. Andra områden där köldmedier används är mobil luftkonditionering (MAC) och värmepumpar i fordon samt köldmedier i transportkylning. Dessa två användningsområden ingår i både Applikationer för F-gaser och sektorn Transport, vilket behöver beaktas vid bedömning av restriktionsförslagen. Hur dessa användningsområden behandlas i dessa två sektorer framgår nedan (se 3.2.1.3, 3.2.1.4)

3.2.1.2 Begränsningsförslag

Tre olika förslag för begränsning av PFAS-utsläppen har utvärderats. De benämns som *restriction options* (RO). Nedan följer en sammanfattning av förslagen, med fokus på köldmedier.

RO1

Totalt förbud för alla PFAS. Förbudet träder i kraft efter en 18 månaders övergångsperiod.

RO2

Förbud med tidsbegränsade undantag. Undantagen föreslås gälla 5 eller 12 år, olika för olika användning, efter övergångsperioden. Total tid för övergång blir alltså 6,5 eller 13,5 år efter datum för ikraftträdande (18 månader + 5 alternativt + 12

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

år). De föreslagna övergångstiderna för olika användningsområden är listade i Tabell 3.

Tabell 3. Sammanställning av övergångstiderna för olika användningsområden för köldmedier, enligt RO2.

Användning	Föreslagen övergångstid
- kylar/frysar för hushåll, kommersiellt bruk och industri (med vissa speciella undantag) - luftkonditionering och värmepumpar för hushåll, kommersiellt bruk och industri	Inget undantag = 18 månader efter EiF ¹
Köldmedier i frysar under -50 °C	6,5 år efter EiF
Köldmedier i viss laboratorieutrustning och kylcentrifuger	13,5 år efter EiF
Köldmedier i HVACR ² -utrustning i byggnader där säkerhetsstandarder förbjuder användning av alternativ	obestämd tid
Köldmedier för underhåll och påfyllning av befintlig HVACR-utrustning som släppts ut på marknaden före 18 månader (eller släppts ut på marknaden efter 18 månader efter EiF baserat på ett tillämpligt undantag)	obestämd tid
Köldmedier i nya mobila luftkonditioneringssystem och värmepumpsanläggningar	i) lätta elfordon fram till 6,5 år efter EiF; ii) alla andra fordon fram till 13,5 år efter EiF
Underhåll och påfyllning av mobila luftkonditioneringssystem och värmepumpsanläggningar som släppts ut på marknaden före utgången av övergångsperioden på 18 månader	obestämd tid ³
Köldmedier i transportkylning, utom i marina tillämpningar	6,5 år efter EiF

1. EiF - entry into force, ikraftträdande
2. HVACR - Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration
3. Även om undantaget gäller på obestämd tid så kommer det i praktiken att innebära en begränsning, då utrustning byts ut i slutet av dess livslängd. Utrustningen kommer gradvis att fasas ut och ersättas med PFAS-fri utrustning.

Femårsperiod för undantag föreslås för de applikationer där tekniskt eller ekonomiskt genomförbara lösningar inte finns på marknaden vid datum för

ikraftträdande, men där möjliga alternativ har identifierats och forskning och utveckling pågår.

Tolvårsperiod för undantag föreslås för de applikationer där tekniskt eller ekonomiskt genomförbara lösningar inte finns på marknaden vid datum för ikraftträdande och där forskning och utveckling ännu inte har kunnat identifiera möjliga PFAS-fria alternativ.

Undantag, utöver 18 månaders övergångsperiod, under RO2 föreslås för:

- Köldmedier i lågtemperatur frysar, under -50 °C
- Köldmedier i viss laboratorieutrustning
- Köldmedier i kylcentrifuger
- Köldmedier för underhåll och påfyllning av existerande HVACR som satts på marknaden innan 18 månader efter datum för ikraftträdande
- Köldmedier i HVACR utrustning i byggnader där nationella säkerhetsstandarder förbjuder användning av alternativ
- Köldmedier i mobil luftkonditionering (MAC)
- Några andra tillämpningar, vilka inte omfattar köldmedier

RO3

Fortsatt användning av PFAS med strikta gränser för utsläpp, eller ytterligare kontroller av utsläpp för att öka effektiviteten hos RO2.

3.2.1.3 Baslinjescenario

För beräkning av hur stor effekt de olika begränsningsförslagen förväntas ha har *dossier submitters* gjort en uppskattning av den totala PFAS-användningen i EES (Europeiska ekonomiska samarbetsområdet) under de kommande 30 åren, om inga restriktioner införs. De har även gjort samma beräkning för förväntade utsläpp av PFAS. Denna beräkning har sedan använts som baslinje när en uppskattning av användning och utsläpp har beräknats under de olika begränsningsförslagen. Detta har applicerats på alla sektorer, där den uppskattade mängden för användningen inom Applikationer för F-gaser är 2 837 008 ton, vilket hamnar på den tredje största användningen bland alla 23 sektorer som har utvärderats (Tabell 4). Det är viktigt att notera att mängden för användningen av Applikationer för F-gaser inte enbart avser köldmedier, utan att den angivna mängden omfattar alla ingående användningsområden. I denna siffra ingår även den beräknade mängden från MAC och köldmedier i *transportkylning* (*Transport refrigeration*). Sektorn Applikationer för F-gaser, där utsläppsmängderna från köldmedier i MAC och

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

transportkyllning också är inkluderat, visar den enskilt högsta beräknande utsläppsnivån.

Tabell 4. Effekter av de olika begränsningsförslagen för PFAS jämfört med baslinjescenariot för sektorer relevanta för köldmedieanvändning över perioden 2025-2055.

Sektor	Användning (ton)	Utsläpp (ton)	Utsläppsreducering (%)	Kostnader	Proportionalitet
Applikationer för F-gaser	2 837 008	1 804 914	RO1: 95% (Hög) RO2: 83% (Måttlig)	RO1: Mycket hög RO2: Låg	RO1: Sannolikt inte proportionerlig RO2: Sannolikt proportionerlig
Transport	*	*	RO1: 94% (Hög) RO2: 61% (Mycket låg) RO3: 64% (Mycket låg)	RO1: Mycket hög RO2: Måttlig RO3: Hög	RO1: Sannolikt inte proportionerlig RO2: Inte tillräckligt effektiv RO3: Inte tillräckligt effektiv
Totalt alla sektorer	27 085 126	4 745 333	RO1: 96% (Hög) RO2: 83% (Måttlig)		

* Ingår i Applikationer för F-gaser

3.2.1.4 Konsekvensanalys utifrån kostnad och effekt

Både positiva och negativa effekter av de olika begränsningsförslagen har bedömts, jämfört med baslinjescenariot. I de positiva effekterna ingår fördelar för miljön och människors hälsa. Negativa effekter, eller kostnader, för de olika förslagen är till exempel kostnader för industrin, högre priser för konsument, kostnader för försämrad kvalitet på produkter eller för produkter som försvinner och även möjligheten att arbetstillfällen försvinner.

Dessa kostnader har satts i relation till hur stor minskning av utsläpp som de olika förslagen förväntas ge (se Tabell 4). Totalt för sektorn Applikationer för F-gaser beräknas RO1 leda till en hög reduktion av utsläppen (95%) men det medför en mycket hög kostnad, vilket resulterar i bedömningen *sannolikt inte proportionerlig* (*likely not proportionate*). RO2 bedöms ge en måttlig reduktion av utsläpp (83%) med

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

en låg kostnad som resulterar i *sannolikt proportionerlig* (*likely proportionate*). I denna proportionalitetsbedömning för Applikationer för F-gaser, inkluderas dock inte MAC och köldmedier i transportkylning. Bedömningen av proportionaliteten för dessa båda användningsområden har inkluderats i bedömningen för Transport.

För några applikationer, såsom kylar, luftkonditionering och värmepumpar bedöms kostnaden för ett totalt förbud, efter 18 månaders övergångsperiod, vara mycket hög. Även för vissa andra applikationer för F-gaser, vilka inte berör köldmedier, bedöms kostnaderna för totalt förbud vara mycket höga. För majoriteten av hushålls- och industrikylar samt för luftkonditionering och värmepumpar för hushåll och industri bedöms det finnas goda möjligheter för substitution. **Sammantaget bedöms dock de totala kostnaderna för RO1 vara mycket höga för applikationer för F-gaser.**

För mobil luftkonditionering (MAC) och värmepumpssystem finns alternativ för lätta elektriska fordon, dock är de ännu inte så stora på marknaden. För andra fordon, så som tunga elektriska fordon, fordon med förbränningsmotor, tåg, fartyg med flera bedöms det ännu inte finnas tillräckligt med alternativ. **Sammantaget bedöms därför kostnaden för ett totalt förbud (RO1), efter 18 månaders övergångsperiod, vara mycket hög för mobil luftkonditionering och värmepumpssystem.**

För hela sektorn Transport har *dossier submitters* kommit fram till att RO1 ger en hög effekt, men att kostnaden är mycket hög. Kostnaden för RO2 är måttlig, men där är effekten inte tillräcklig.

Vår bedömning är att *dossier submitters* förordar begränsningsförslag RO2 för köldmedier i sektorerna Applikationer av F-gaser och Transport. Förslaget ska nu utvärderas av ECHA:s kommittéer. Den 17 december 2025 skriver ECHA (ECHA 2025d) på sin hemsida att kommittén för riskbedömning (RAC) förväntas anta sitt yttrande om förslaget på möte i mars 2026, medan kommittén för socioekonomisk analys (SEAC) kommer att godkänna sitt utkast till yttrande på samma möte. Därefter inleds ett 60 dagars samråd med intressenter. Förslaget ska sedan presenteras för Europeiska Kommissionen för behandling och antagande. Ett lagförslag kommer sannolikt tidigast under 2027.

4 Installerade köldmedier och utsläpp i Stockholm stad

I detta kapitel redovisas en metodologisk ansats för att uppskatta den totala mängden installerade köldmedier i befintliga stationära och mobila kyl- och värmepumpsystem i Stockholms stad, samt de årliga utsläpp som dessa system genererar. Köldmedierna redovisas dels omräknade till växthusgasutsläpp uttryckta i koldioxidekvivalenter (CO₂e), dels som mängder PFAS i enlighet med definitionen i kapitel 2.

Utsläpp från köldmedieutrustning sker i flera faser av livscykeln: under tillverkning och installation, vid den årliga användningen i det befintliga beståndet samt i samband med skrotning. Generellt är utsläppen störst på grund av läckage i det befintliga beståndet, men inom vissa segment bidrar skrotning med relativt stora utsläpp.

För att genomföra en sådan skattning finns flera metodologiska angreppssätt, vilka varierar i omfattning och datatillgänglighet. I denna studie har följande beräkningsunderlag och modeller använts:

- Nationell F-gas-modell, fördelad per kommun baserat på befolkningsmängd (4.1). Dessa resultat inkluderas för verifiering och som inledande referensram.
- Stockholms stads databas ECOS, som omfattar rapporteringspliktiga stationära anläggningar (4.2)
- Mobila luftkonditioneringssystem (AC), beräknade utifrån den nationella f-gas-modellen i kombination med offentlig statistik samt specifik statistik insamlad inom studien (4.5)
- Mindre värmepumpar i hushåll, modellerade med stöd av den nationella modellen samt offentlig statistik (4.6)
- Utlandsfärjor, inkluderade som en separat kategori med särskilda beräkningsantaganden (4.7)

4.1 Nationell F-gas-modell

Den nationella F-gas-modellen utvecklades vid IVL för omkring tre decennier sedan och har därefter genomgått kontinuerliga uppdateringar och förbättringar. Modellen bygger på nationell statistik i kombination med övergripande antaganden om mängden köldmedier som importeras respektive exporteras,

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

antingen i bulk eller som komponenter i utrustning. Uppgifter om bulkimport och -export tillhandahålls av Kemikalieinspektionen (KemI), där köldmedier redovisas som kemikalier snarare än med sina specifika R-beteckningar enligt ASHRAE standards 34.

Årliga utsläpp beräknas genom antaganden om produkternas livslängd samt med hjälp av läckagefaktorer framtagna på både nationell och internationell nivå. Modellens huvudsakliga syfte är att på ett robust och konsekvent sätt uppskatta årliga utsläpp av fluorerade växthusgaser för hela Sverige, och därigenom undvika systematiska under- eller överskattningar. Mot bakgrund av uppföljningskraven inom Parisavtalet är det dock särskilt viktigt att utsläpp inte underskattas, vilket motiverar en restriktiv hållning till låga läckagefaktorer som saknar verifierad granskning.

Ett metodologiskt begränsande moment är att modellen bygger på osäkra antaganden kring läckage i samband med skrotning, eftersom tillförlitliga data för denna fas är svåra att insamla. Vidare omfattar modellen inte installation av alternativa köldmedier såsom koldioxid (CO₂), propan (C₃H₈) och ammoniak (NH₃).

Skattningar av köldmedier på nationell nivå är behäftade med betydande osäkerheter, och en nedbrytning till kommunal nivå förstärker dessa osäkerheter ytterligare. En mer detaljerad beskrivning av den nationella modellen och kvantifierade osäkerheter återfinns i Sveriges årliga rapportering av växthusgaser till UNFCCC (Naturvårdsverket, 2025).

I enlighet med internationella metod- och rapporteringsriktlinjer från IPCC och UNFCCC redovisar modellen årliga mängder och utsläpp i tre livscyklifaser:

- tillverkning och installation,
- användning i befintligt bestånd,
- skrotning

Dessa fördelas på följande användningsområden:

- kommersiell kyla/frys (i exempelvis livsmedelsbutiker, restauranger, etcetera),
- hushållskyla/frys,
- industriell kyla/frys (i exempelvis mat-, kemisk- och annan tillverkningsindustri),
- transportkyla/frys,
- mobil luftkonditionering (AC),

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

- stationär luftkonditionering (AC), inklusive hushållsnära värmepumpar.

Det bör noteras att internationella kryssningsfartyg eller flyg inte omfattas av den nationella modellen i enlighet med IPCC:s metodriktlinjer för framtagning av nationella växthusgasinventeringar.

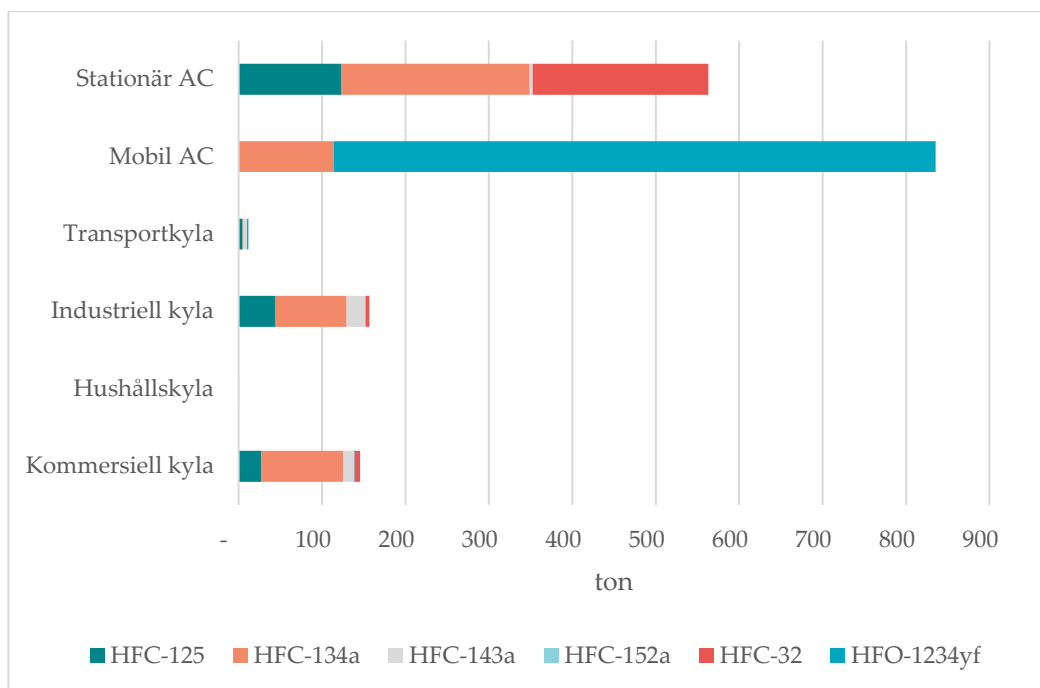
I denna studie har modellen använts i två huvudsakliga syften: dels för att ge en övergripande bild av hur installerade köldmedier och utsläpp fördelas på Stockholms stad utifrån invånarantal, dels som utgångspunkt för mer detaljerad modellering på lokal nivå.

År 2023 uppgick Sveriges utsläpp från användning av HFC till cirka 758 000 ton koldioxidekvivalenter (CO₂e). Dessa utsläpp härrör huvudsakligen från köldmedieutrustningar, men även från exempelvis läkemedelsanvändning och extruderad polystyren (XPS). I den Nationella Emissionsdatabasen³ redovisas utsläppen samlat, medan den nationella modellen möjliggör en uppdelning per livscykel och användningsområde.

För Stockholms kommun, med cirka en miljon invånare (motsvarande cirka 9 procent av Sveriges befolkning), har denna andel använts för att fördela de nationella uppgifterna inom samtliga kategorier. Detta motsvarar omkring 69 000 ton CO₂e. Resultaten visar att installerade köldmedier (HFC/HFO) i huvudsak återfinns i stationär och mobil luftkonditionering (Figur 1). Vidare framgår att HFO-1234yf var den enskilt största kemikalien, medan hushållskyla och transportkyla utgjorde marginella respektive relativt små andelar. Det bör även noteras att termen kyla i figurerna inkluderar både kyl- och frysanläggningar. Inom användningsområdet hushållskyla används uteslutande isobutan, varför den utgår i senare analyser nedan.

³ <https://nationellaemissionsdatabasen.smhi.se>

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

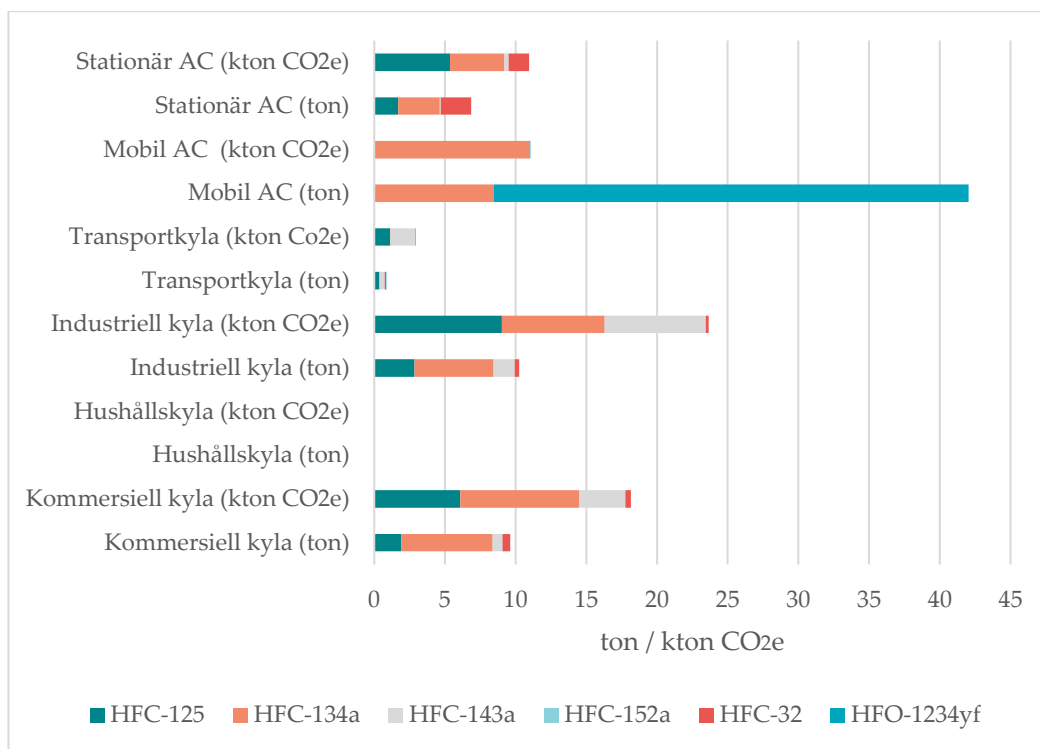


Figur 1. Installerade köldmedier (ton) per användningsområde och kemikalie (HFC/HFO) i Stockholm. (Nationella data fördelade utifrån invånarantal)

Vid analys av utsläpp från köldmedieanvändning framträder olika budskap beroende på om fokus läggs på den faktiska mängden kemikalier (ton) eller på de samlade växthusgasutsläppen uttryckta i koldioxidekvivalenter (CO₂e). Denna skillnad förklaras av att olika köldmedier uppvisar varierande global uppvärmningspotential (GWP). Exempelvis bidrar HFO1234yf i princip inte alls till växthusgasutsläpp, medan andra ämnen har mycket höga GWP-värden. Eftersom flera av dessa kemikalier samtidigt faller under definitionen för PFAS är det relevant att även analysera utsläpp och installerade mängder i termer av kemikalievolymer.

I Figur 2 framgår att utsläppen uppskattat som PFAS respektive som CO₂e ger väldigt olika resultat. Utsläpp av HFO1234yf från mobil AC dominerar utsläpp i ton kemikalier medan industriell kyla står för de största utsläppen omräknat till köldmediernas klimatpåverkan (CO₂e).

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026



Figur 2. Utsläpp av köldmedier i kton CO2e och ton köldmedier per användningsområde och kemikalie (HFC/HFO) i Stockholm. (Nationella data fördelade utifrån invånarantal)

Det är värt att notera att utsläpp från nyinstallerad utrustning i regel är avsevärt lägre än från äldre system, vilket beror på ökat slitage under produktens livslängd. Det gäller i synnerhet för mobila AC och transportkyla eftersom påfrestningar i rörliga system leder till högre läckage. Den nationella modellen beaktar dock inte denna skillnad, utan tillämpar enhetliga läckagefaktorer per år. Detta innebär en viss systematisk skevhet i resultaten, där utsläpp från ny utrustning tenderar att överskattas, medan utsläpp från äldre utrustning underskattas. De årliga läckagefaktorerna inkluderar även haverier och olyckor som kan inträffa under produktens livscykel och som kan resultera i omfattande utsläpp.

När det gäller skrotning utgår modellen från gällande lagstiftning och antagandet att arbetet utförs av ackrediterade företag. Detta leder till att utsläppen i denna fas beräknas som relativt små, men det finns en risk för underskattning om hanteringen i praktiken inte sker enligt regelverket.

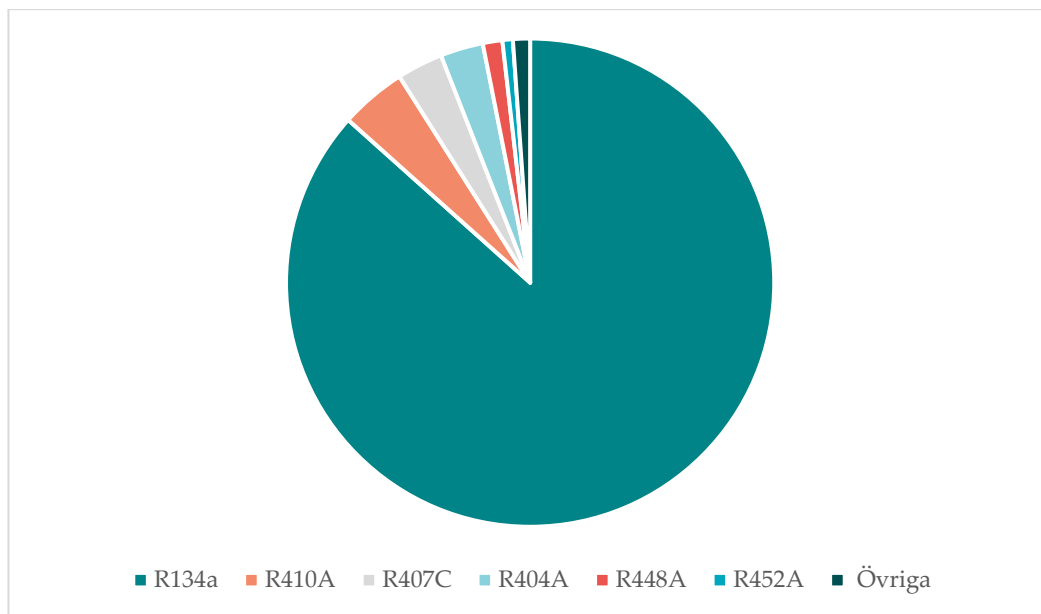
4.2 ECOS

Det underlag som Miljöförvaltningen i Stockholms stad delat med sig av omfattar alla aktiva rapporteringspliktiga anläggningar per aggregat och köldmedium samt uppgifter om årligt inrapporterat läckage. Förutom anläggningsnamn och lokalisering omfattas ECOS-underlagen bland annat av serviceföretagens inrapporterade bedömning av om aggregatet kategoriseras som kyla, frys, luftkonditionering (AC) eller värmepump. Underlagen inkluderar dessutom uppgifter om aggregat som skrotas, men inte de läckage som kan antas uppstå vid själva skrotningsförfarandet. För dessa utsläpp har därför antagits en nivå motsvarande 5 % av installerad mängd, med en fyllnadsgrad på 90 %. Detta är samma antaganden som används i den nationella F-gas-modellen för motsvarande aggregat.

Dessa underlag har analyserats inom denna studie för att dra slutsatser om hur mycket köldmedium som är installerat och inom vilka branscher. Det har varit svårt att fullständigt kunna matcha enskilda anläggningar till specifika branscher och ett visst mått av subjektiv bedömning har använts. Vidare har även Google och AI-verktyg använts för att underlätta matchningen. Försök har även gjorts för att sammanlänka inrapporterade läckage till respektive bransch. Det finns dock en hel del luckor i underlaget med avseende på den sistnämnda informationen, varför resultaten inte är fullständiga.

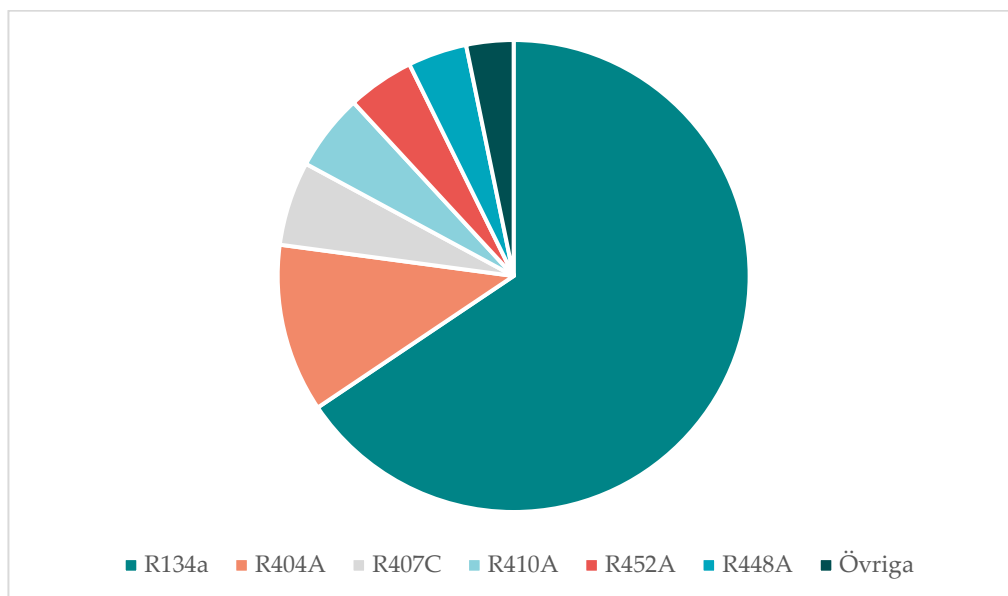
Sammanställning av ECOS-data visar att installerade köldmedier i rapporteringspliktiga anläggningar uppgår till över 540 ton, motsvarande drygt 840 000 ton CO₂e. Av dessa härrör merparten (drygt 400 ton) från R134a i värmepumptrustning och luftkonditionering för fjärrvärme/fjärrkyla, till exempel från Värtaverket och liknande anläggningar (Figur 3).

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026



Figur 3. Fördelning av installerade mängder köldmedium (inklusive fjärrvärmefjärrkyla).

Det medför också att i princip all installerad köldmedium, motsvarande 520 ton eller 96%, definieras som PFAS (Figur 3). Det årliga läckaget från de rapporteringspliktiga anläggningarna uppgår till cirka 2% av de installerade mängderna, motsvarande 9 ton kemikalier eller 14 000 ton CO₂e. Av dessa var 94% (drygt 8 ton) av köldmedieutsläppen definierade som PFAS (Figur 4).



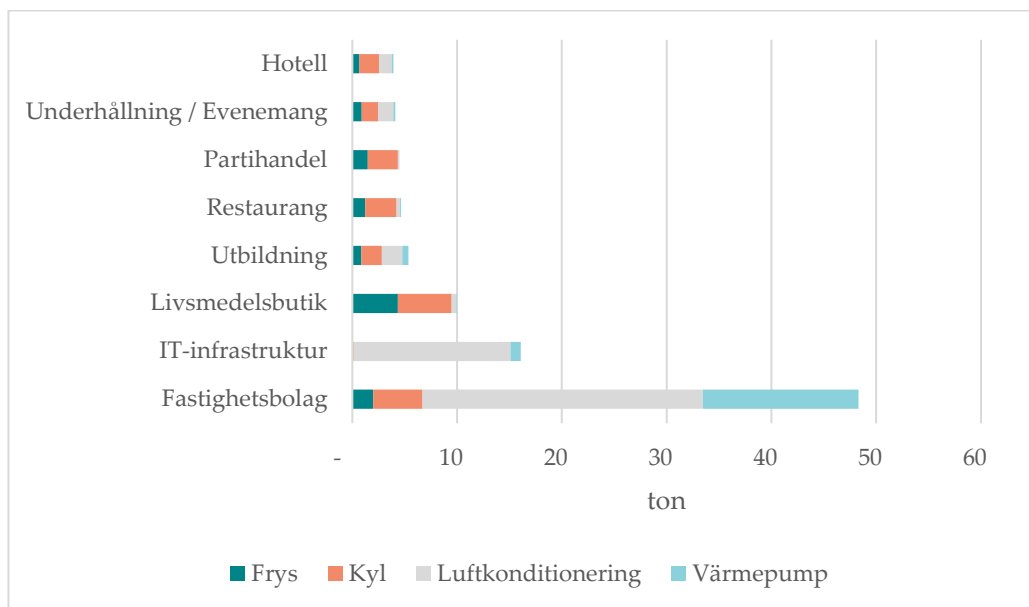
Figur 4. Fördelning av utsläpp av fluorerade växthusgaser per köldmedium (inklusive fjärrvärmefjärrkyla).

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

Därtill är det värt att notera att anläggningar som helt konverterat till köldmedier med låg GWP eller naturliga köldmedier, och inte längre är rapporteringspliktiga, inte syns i ECOS.

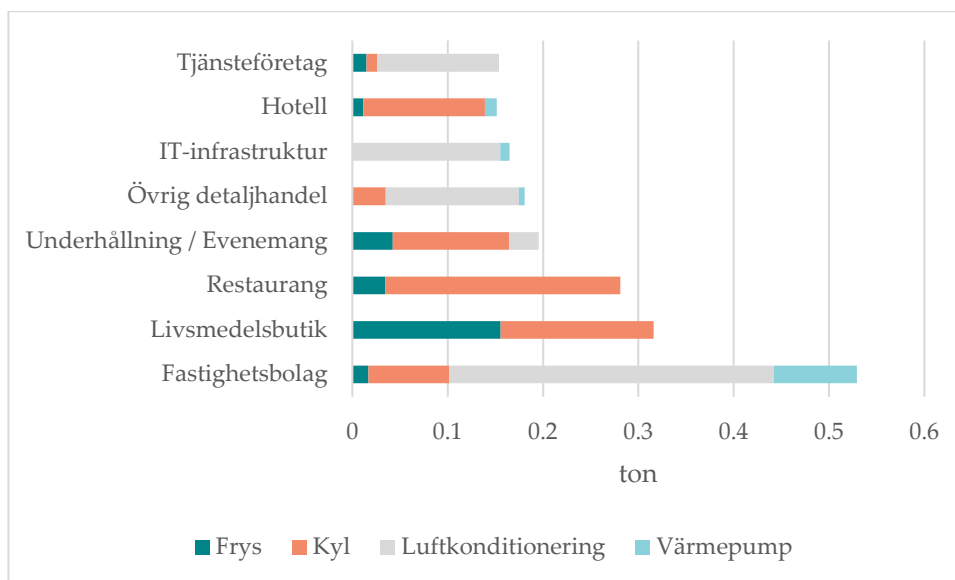
I Figur 5 presenteras installerade köldmedier (ton kemikalier) per användarkategori i de åtta största branscherna (exklusive fjärrvärme/fjärrkyla). Totalt uppgår mängderna till över 130 ton köldmedier (och därmed PFAS), motsvarande drygt 190 000 ton CO_{2e}.

Sett över installerade köldmedier per bransch så är fastighetsbolag den överlägset största, räknat exklusive fjärrvärme/fjärrkyla (Figur 5). Det är värt att notera att fastighetsbolag kan omfatta även annat än bostäder och lokaler, exempelvis servicebutiker, kiosker och restauranger, varför siffrorna kan vara något överskattade för den branschen. Vidare är luftkonditionering den största användarkategorin. Det är värt att notera att även exklusive fjärrvärme/fjärrkyla är R134a är det överlägset största köldmediet installerad i rapporteringspliktiga anläggningar i Stockholm.



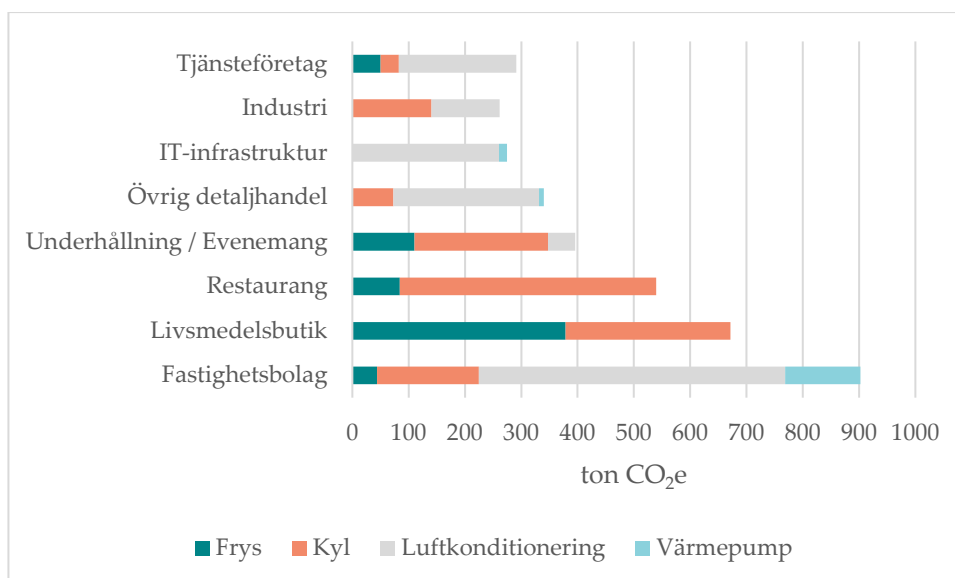
Figur 5. Installerade köldmedier (ton kemikalier) per kategori i de åtta största branscherna (exklusive fjärrvärme/fjärrkyla).

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026



Figur 6. Utsläpp av köldmedier (ton kemikalier) per kategori i de åtta största branscherna, exklusive fjärrvärme/fjärrkyla.

Figur 6 presenterar utsläpp av köldmedier (ton) per kategori i de åtta största branscherna, exklusive fjärrvärme/fjärrkyla, medan Figur 7 visar motsvarande omvandlat till koldioxidekvivalenter.



Figur 7. Utsläpp av fluorerade växthusgaser (ton CO₂e) per kategori i de åtta största branscherna, exklusive fjärrvärme/fjärrkyla.

Tyvärr har det inte varit möjligt att på ett tillfredsställande sätt fördela samtliga inrapporterade utsläpp per bransch eller användarkategori. Den övergripande bilden överensstämmer dock med internationell litteratur, där läckage per installerad mängd köldmedium (läckagefaktor) är störst för kyl- och frysutrustning och lägst för värmepumpar. Detta innebär att branscher med en hög andel installerad kyl- och frysutrustning generellt uppvisar en större andel läckage, exempelvis livsmedelssektorn och restaurangbranschen. Det är således inom dessa segment som riktade insatser bör prioriteras för att påskynda omställningen mot PFAS-fria alternativ.

4.3 Enkätstudie

Med utgångspunkt i det finländska systemet för insamling av uppgifter från relevanta företag och grossister har en enkät utformats som underlag för datainsamling från företag med relevant köldmedieutrustning i Stockholms stad. Den finska modellen kännetecknas av ett lagstadgat krav för vissa företag att besvara enkätundersökningar relaterade till användning och hantering av köldmedier, vilket bidrar till en hög svarsfrekvens och tillförlitlig statistik.

Inom ramen för projektet har branschspecifika kundregister etablerats i syfte att möjliggöra kontakt med ett representativt urval av företag som bedöms ha köldmedier i sin verksamhet. För att underlätta svarandet har enkäter anpassats efter respektive bransch. Initial kontakt med företagen har skett via e-post, och i många fall även kompletterats med telefonkontakt. Företagens initiala respons har varit övervägande positiv, och flera har uttryckt en vilja att besvara enkäten vid ett senare tillfälle.

Trots detta har svarsfrekvensen varit mycket låg, vilket har medfört att det insamlade materialet inte kunnat användas för vidare analys. Den låga svarsfrekvensen bedöms i huvudsak bero på att enkäten kräver viss sakkunskap och arbetsinsats från företagens sida, samt att deltagandet varit frivilligt, vilket sannolikt bidragit till att många företag valt att avstå från att medverka.

4.4 Service-data

Inom ramen för projektet har kontakt etablerats med samtliga köldserviceföretag vilka är verksamma i Stockholmsområdet och registrerade hos det ackrediterade certifieringsorganet INCERT. Kartläggningen visade att majoriteten av dessa

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

företag använder ett fåtal ärendehanteringssystem, såsom exempelvis Svensk Dataförvaltning (SDF) och Mobigo, för dokumentation av serviceinsatser. Dessa system möjliggör centraliserad lagring av data relaterad till flera anläggningar och aggregat, inklusive installerade, avtappade, omhändertagna och påfyllda mängder köldmedier per serviceföretag. Dessutom registreras om det köldmedium som använts vid service är nytt, återanvänt eller regenererat, samt om nyinstallation, service eller skrotning utförts. Oftast registreras även vilken kategori utrustningen tillhör, så som kyl, frys, luftkonditionering, värmepump eller övrigt. Detta skapar förutsättningar för insamling av omfattande och potentiellt användbara data.

Initialt visade flera serviceföretag en positiv inställning till att dela med sig av sina uppgifter. Det framkom dock att många saknade tillräckliga resurser och teknisk kompetens för att extrahera relevant information ur sina databassystem. Därtill fanns en viss tvekan att lämna ut data som kunde röja kundrelationer, vilket ytterligare begränsade tillgången till information.

Serviceuppgifter har därmed endast erhållits från ett begränsat antal företag, vilket resulterat i låg täckningsgrad av den totala köldmedieanvändningen inom Stockholms stad. Ett undantag utgörs av ett serviceföretag som tillhandahållit maskade data fast med nationell täckning. Dessa uppgifter har använts för att genomföra en jämförande analys mellan rapporteringspliktiga (exklusive fjärrvärme/fjärrkyla) och icke-rapporteringspliktiga anläggningar, med avseende på installerade mängder köldmedier samt utsläpp till följd av läckage. Utöver detta har kontakt tagits med kommunala fastighetsbolag i Stockholm, varav två har bidragit med uppgifter som motsvarar servicedata. Målsättningen har varit att uppskatta den totala köldmedieanvändningen inom Stockholms stad för alla stationära anläggningar som kan tänkas ha avtal med serviceföretag.

Den sammantagna analysen indikerar att rapporteringspliktiga anläggningar (i ECOS, exklusive fjärrvärme/fjärrkyla) står för cirka 91 procent av den totala mängden installerade köldmedier inom kommunen, räknat som CO₂e. Det betyder att icke-rapporteringspliktiga anläggningar skulle kunna uppgå till de resterande 9 procenten. För att uppnå full täckningsgrad har dessa resultat lagts till sammanställning i avsnitt 4.8 nedan).

4.5 Mobil luftkonditionering och kyla

Kartläggningen av köldmedieanvändningen i mobila luftkonditioneringsenheter (MAC) har innefattat olika fordon så som vägfordon, arbetsmaskiner, kyltransporter och övriga mobila AC-enheter.

4.5.1 Vägfordon och arbetsmaskiner

Med utgångspunkt från den nationella F-gas-modellen har beräkningar gjorts för respektive fordons- och arbetsmaskinstyp.

För beräkning av utsläpp från vägtrafik har statistik från Statistiska centralbyrån (SCB) över *Fordon i trafik* använts. Materialet är uppdelat på fordonstyperna personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar samt bussar. Denna metod ger en relativt god representation av fordonsägandets geografiska fördelning på kommunnivå. Det bör dock understrykas att statistiken inte nödvändigtvis återspeglar var fordonen faktiskt används i trafik, vilket innebär en betydande osäkerhet i relation till de faktiska utsläppens lokalisering. Metoden är emellertid väl lämpad för analyser där fokus ligger på ansvarsfördelning och styrmedel, särskilt i samband med kommunala beslut om upphandlingar och avtal.

Som jämförelse tillhandahåller Trafikverket årligen statistik över *Trafikarbete* per kommun. Dessa uppgifter baseras på årsmedeldygnslöden (ÅDT) från Vägtrafikdatabasen i kombination med väglängder från Nationell vägdatabas (NVDB). Trafikverkets statistik har dock begränsad användbarhet i föreliggande studie eftersom den endast särskiljer mellan tunga fordon och övriga fordon. Vidare saknas information om ansvarsfördelning utifrån fordonsägande. Denna indelning är därmed alltför grov i jämförelse med SCB:s mer detaljerade kategorisering av *Fordon i trafik*. Mot denna bakgrund har analysen i denna rapport utgått från SCB:s statistik. Jämförelsen mellan dessa två dataset redovisas i Tabell 5.

För kategorin arbetsmaskiner har beräkningarna baserats på den arbetsmaskinsmodell som utvecklats av SMED, vilken även används för geografisk fördelning av utsläpp inom ramen för RUS. Kategorin arbetsmaskiner omfattar ett flertal maskintyper, exempelvis traktorer och hjullastare.

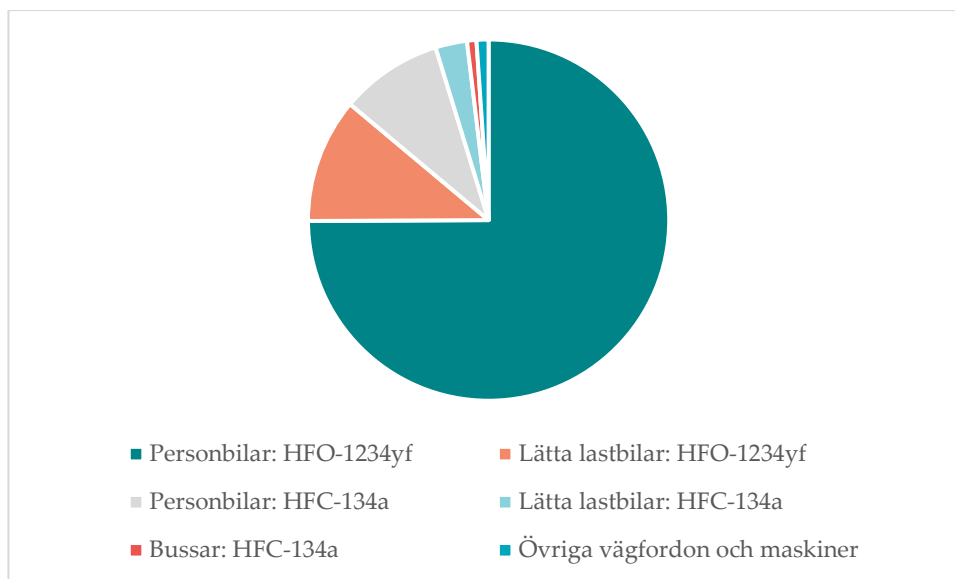
KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

Tabell 5. Andel fordon i Stockholms stad av Sveriges totala bestånd, per fordonstyp baserat på Fordon i trafik (SCB) respektive Trafikarbete (Trafikverket).

	Andel i Stockholms kommun av Sveriges bestånd	
Fordonstyp	Fordon i trafik	Trafikarbete
Personbilar	7%	2,0%
Lätt lastbil	10%	
Tung lastbil	7%	1,8%
Buss	5%	

Vidare har, utifrån uppgifter från Trafikförvaltningen i Stockholm, den årliga läckagefaktorn för bussar justerats från 10 procent till 20 procent. Denna justering motiveras av empiriska observationer som indikerar högre utsläppsnivåer än vad som antagits i den nationella standardmodellen.

Den sammanlagda mängden installerade köldmedier i fordons- och maskinflottan uppgår till närmare 620 ton. Av detta utgör HFO-1234yf cirka 86 procent (Figur 8), och samtliga köldmedier är definierade som PFAS.

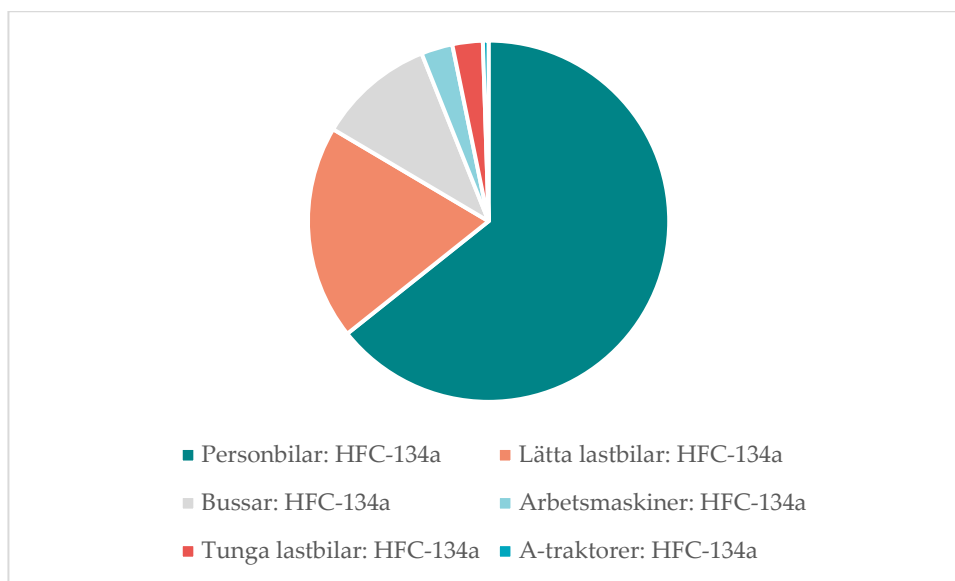


Figur 8. Fördelning av installerade mängder köldmedier per fordonstyp och kemikalie.

De årliga utsläppen av köldmedier uppskattas till 63 ton och fördelningen per fordonskategori följer i princip den för installerade mängder (se Figur 8 och Figur

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

9). Omräknat till klimatpåverkan motsvarar det cirka 13 000 ton CO₂e. Eftersom HFO-1234yf antas ha en marginell klimatpåverkan härrör CO₂e utsläpp i stort sett enbart från HFC-134a.



Figur 9. Fördelning av utsläpp av fluorerade växthusgaser (CO₂e) per fordonstyp. (Utsläpp av HFO-1234yf har exkluderats på grund av dess låga GWP)

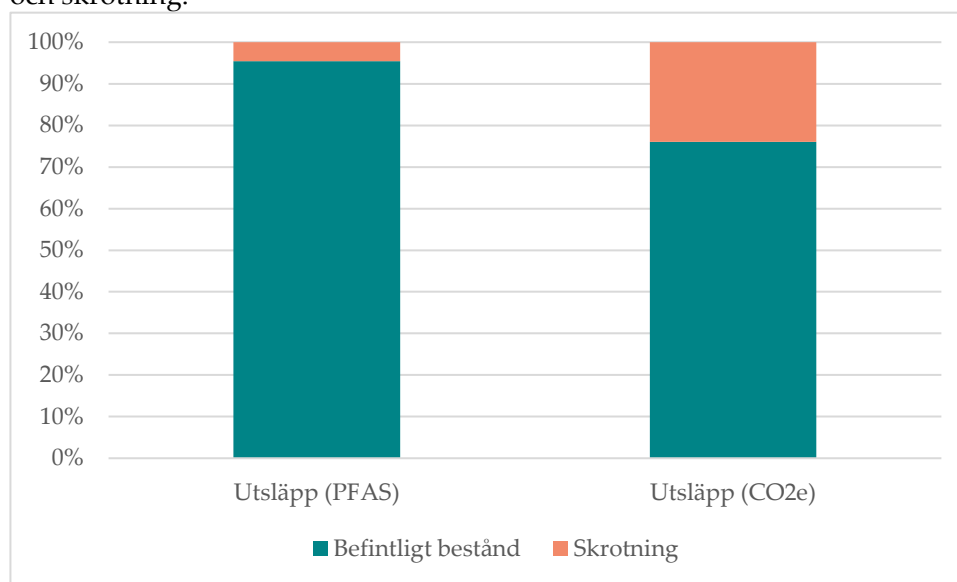
För att belysa osäkerheterna i de beräknade värdena är det relevant att jämföra utfallet vid användning av olika statistiska underlag. Om beräkningarna i stället hade baserats på *Trafikarbete* snarare än på SCB:s statistik över *Fordon i trafik* skulle de installerade mängderna reduceras till totalt 174 ton, medan utsläppen skulle uppgå till 18 ton PFAS respektive 5 000 ton fluorerade växthusgaser (CO₂e). Denna skillnad understryker att valet av metodologiskt angreppssätt har en avgörande inverkan på beräkningarnas resultat.

Det är värt att notera att eftersom HFO-1234yf introducerades i svenska fordon gradvis från 2012 bedöms majoriteten av köldmedierna i skrotade fordon fortfarande bestå av HFC-134a. Det medför att en relativt stor andel av utsläppen av växthusgaser (CO₂e) härstammar från skrotningsprocessen (Figur 10).

Enligt intervjuer med experter inom fordonsåtervinning, innehåller enbart cirka 20–30 procent av de fordon som når skroten fortfarande köldmedium i sina AC-system. I övriga fall kan man anta att köldmedierna har läckt, exempelvis på grund av slitage eller trafikolycka. Detta är en lägre andel än vad den nationella

modellen utgår ifrån. För att undvika en underskattning av utsläppen i Stockholms stad har därför den årliga läckagefaktorn för personbilar och lätta lastbilar justerats från 5 till 10 procent. Det bör framhållas att en årlig läckagefaktor på 10 procent redan används i övriga nordiska länder och dessutom är den internationellt rekommenderade faktorn för utvecklade länder enligt IPCC.

Slutligen kan konstateras att ingen fordonsproduktion förekommer inom Stockholms stad, vilket innebär att utsläppen enbart är kopplade till användning och skrotning.



Figur 10. Fördelning av utsläpp, PFAS respektive fluorerade växthusgaser (CO_{2e}) per befintligt bestånd och skrotning.

4.5.2 Kyltransporter

I avsaknad av mer detaljerade data för antalet fordon som används för kyl- och frysanläggningar för varutransporter i Stockholms stad har beräkningarna i denna studie baserats på den nationella modellen. En per capita-approximation har tillämpats, vilket innebär att 9,1 procent av de nationella siffrorna har fördelats till Stockholms stad, motsvarande dess andel av Sveriges befolkning.

I den nationella modellen antas att köldmediet R404A under lång tid varit det dominerande alternativet inom kyltransporter. Sedan 2018 har dock R452A successivt introducerats på marknaden, och år 2023 beräknas detta köldmedium utgöra cirka 30 procent av de nyinstallerade systemen. I princip all köldmedieanvändning inom kyltransporter faller således fortfarande under

definitionen för PFAS (R452A består till 11% av HFC-32). Uppskattade mängder installerade köldmedier uppgår till 11 ton och de årliga utsläppen till 0,8 ton. Omräknat till koldioxidekvivalenter motsvarar det drygt 36 000 ton CO_{2e} installerade mängder respektive cirka 3 000 ton CO_{2e} utsläpp.

4.5.3 Övriga mobila AC

Detta avsnitt redogör för metod och resultat avseende övriga mobila källor till köldmedieutsläpp, exklusive vägfordon, arbetsmaskiner och kyltransporter, vilka behandlats i föregående avsnitt. Kategorin omfattar fjärrtåg, tunnelbanefordon, pendeltågsfordon, lokalbanefordon samt inlandsfärjor (för utlandsgående färjor, se avsnitt 4.7).

Företag som har avtal med Region Stockholm rapporterar årligen in uppgifter om installerade mängder köldmedier och läckage över angivna tröskelvärden för sina fordon till Trafikförvaltningen i Region Stockholm. Denna data innehåller information om bussar, tunnelbane- och pendeltåg, lokalbanefordon och fartyg (inlandsfärjor). Flyg, fjärrtåg och internationell färjetrafik ingår inte i uppgifterna, vilket berörs i nedan stycken.

4.5.3.1 Fjärrtåg

Inom ramen för detta projekt har det inte varit möjligt att erhålla heltäckande uppgifter om det samlade användandet av köldmedier i svenska fjärrtåg. En överslagsberäkning indikerar dock att den totala installerade mängden kan uppgå till drygt 10 ton, huvudsakligen bestående av R134a.

Den del av fjärrtågens trafikarbete som sker inom Stockholms stad bedöms understiga 1 procent. Det årliga läckaget av köldmedier uppskattas till cirka 1–3 procent av den installerade mängden. Det bör emellertid noteras att denna uppskattning inte omfattar situationer där tåg står stilla vid Stockholms centralstation eller i depåer belägna inom kommunens geografiska gränser, vilket kan medföra en viss underskattning.

Mot bakgrund av begränsad tillgång till beräkningsunderlag samt det marginella bidraget från fjärrtåg till köldmedieutsläpp inom Stockholms stad, har denna trafikform exkluderats från vidare analys i studien.

4.5.3.2 Flyg

För flygtrafik har inga eller marginella utsläpp av köldmedier identifierats. Detta baseras på expertutlåtande från kontaktpersoner vid det flygbolag som främst trafikerar Bromma Flygplats, tillsammans med dokumentation vilken beskriver kylprocesser i flygplan. Luftkonditioneringen i flygplan är alltså inte beroende av köldmedier i samma utsträckning som andra transportslag. Istället används tryckförändringar och kallluft från omgivningen, tillsammans med varmluft från motorn, för att reglera temperaturen i kabinen (SAAB, 2020).

4.5.3.3 Tunnelbanefordon, pendeltågsfordon, lokalbanefordon och inlandsfärjor

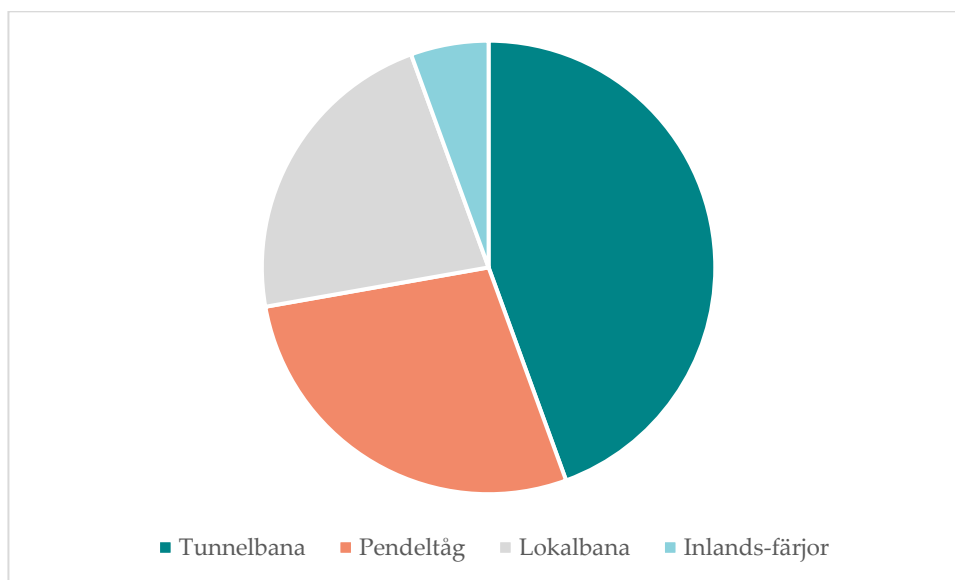
För dessa trafikslag har uppgifter inhämtats från företag med avtal med Region Stockholm, vilka enligt gällande regelverk är skyldiga att rapportera installerade och påfyllda mängder köldmedier vid installerad fyllnadsmängd över 14 ton CO₂-ekvivalenter. I detta projekt har dessa uppgifter tillhandahållits av Region Stockholms trafikförvaltning och omfattar hela Stockholmsregionen.

För att fördela uppgifterna till Stockholms stad har information om respektive trafikslags andel av sträckningen inom och utanför kommunens geografiska gränser använts. Läckageberäkningarna har därefter genomförts med trafikförvaltningens underlag, vilket möjliggör en proportionerlig fördelning av utsläppen på kommunnivå (Tabell 6).

Tabell 6. Beräknad andel av trafiksträckning och årläckage för tunnelbane-, pendeltågs-, lokalbanefordon samt inlandsfärjor i Stockholms stad.

Trafiktyp	Andel inom Stockholms stad	Beräknade årliga läckage
Tunnelbanefordon	90 %	4 %
Pendeltågsfordon	18 %	3 %
Lokalbanefordon	80 %	7 %
Inlandsfärjor	39 %	5 %

Sammanlagt uppgår installerade köldmedier till drygt 4 ton och årliga utsläpp till 0,2 ton, varav drygt 80 procent faller under definitionen för PFAS. Utsläppen sker främst i tunnelbanan följt av pendeltåg och lokalbanan (Figur 11). Små utsläpp antas härröra från inlandsfärjor i Stockholms stad. Främst härstammar installerade mängder och utsläpp främst från R134a och R407C, men till viss del även R410A, R448A, R404A, R513A och R452a. Endast minimala mängder av helt PFAS-fria alternativ, så som R290, används än så länge. Omräknat till koldioxidekvivalenter motsvarar det närmare 7 000 ton CO₂e installerade mängder respektive cirka 300 ton CO₂e utsläpp.



Figur 11. Fördelning av PFAS-utsläpp per trafiktyp.

4.6 Värmepumpar i hushåll

I den nationella F-gas-modellen inkluderas värmepumpar av mindre storlek, med en köldmediefyllning upp till cirka 2 kg. Majoriteten av dessa enheter (cirka 95 procent) understiger tröskelvärdet på 5 ton koldioxidekvivalenter (CO₂e) som krävs för att ett aggregat ska omfattas av en anläggnings rapporteringsplikt. En mindre andel äldre luft-vattenpumpar använder dock fortfarande R404A, vilket innebär att vissa enheter kan överskrida tröskelvärdet. För att erhålla en mer heltäckande bild av köldmedieanvändningen i Stockholms stad behöver därför alla mindre hushållsnära värmepumpar adderas till de uppgifter som erhållits från ECOS-databasen.

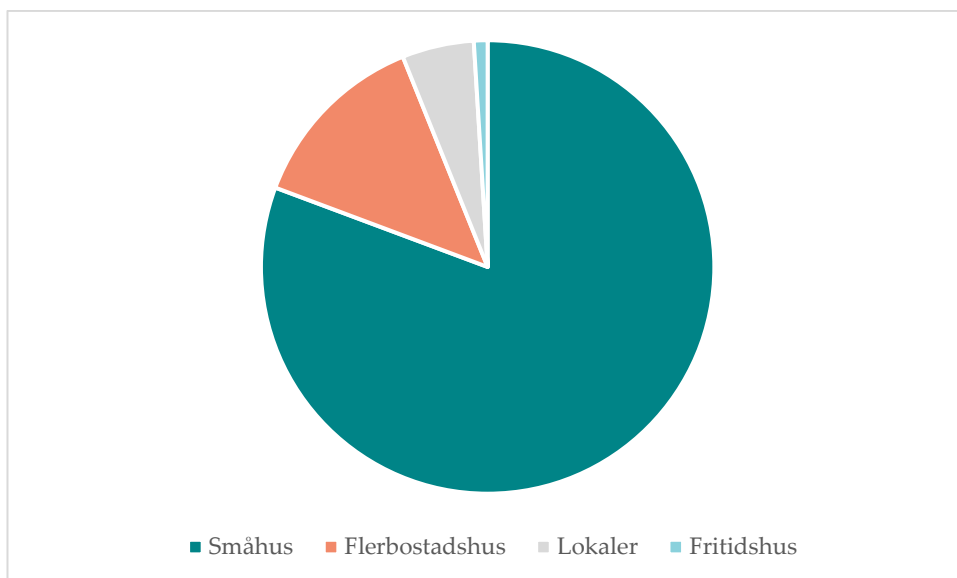
KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

Den nationella modellen bygger på statistik från Svenska Kyl- och Värmepumpföreningen (SKVP) över antalet nyinstallerade pumpar per år, fördelade på följande fyra kategorier:

- luft-luftvärmepumpar,
- luft-vattenpumpar,
- frånluftsvärmepumpar,
- vätska-vattenpumpar (berg- och jordvärme-pumpar).

Fördelningen av pumpar per kategori baseras på modellens antaganden om köldmedietyper.

För att skatta antalet värmepumpar i Stockholms stad har officiell statistik från Energimyndighetens undersökningar av energianvändning i fritidshus, småhus, flerbostadshus och lokaler använts. Enligt dessa undersökningar uppgår det totala antalet värmepumpar i Sverige till 1,922 miljoner, vilket ligger nära F-gas-modellens uppskattning på 1,978 miljoner. Av dessa utgör luft-luftvärmepumpar ungefär hälften. Fördelningen på kommunnivå har beräknats proportionellt utifrån antalet fritidshus, småhus och lokaler i Stockholm i relation till motsvarande byggnadstyper i landet hjälp av statistiskt underlag från SCB. För flerbostadshus saknas officiell statistik över antalet byggnader, varför antalet lägenheter har använts som approximation. Fördelningen av värmepumpar över olika fastighetstyper redovisas i Figur 12.



Figur 12. Fördelning av värmepumpar i Stockholm per fastighetstyper. Beräknat från den nationella modellen.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

Resultaten visar att andelen små värmepumpar i Stockholm stad är relativt låg jämfört med övriga Sverige. Endast drygt 2 procent av det nationella beståndet återfinns i staden, motsvarande cirka 46 000 enheter. Tabell 7 redovisar fördelningen av dessa pumpar per kategori. På grund av Energimyndighetens statistikindelning har luft-vatten- och frånluftsvärmepumpar slagits samman till en gemensam kategori.

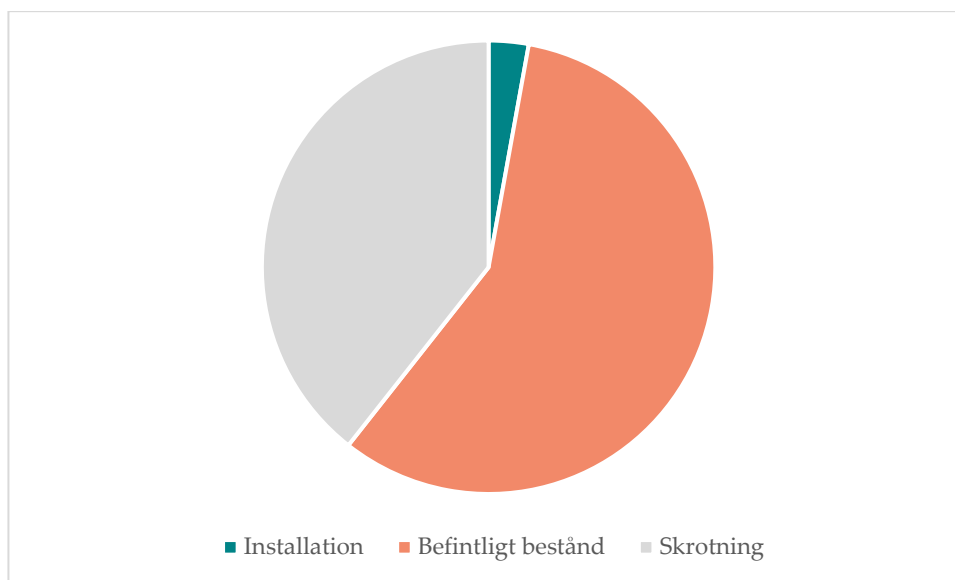
Tabell 7. Antal och fördelning av värmepumpar inom olika kategorier i Stockholms stad.

Värmepumpstyp	Antal i Stockholm (1000-tal)	Andel av nationella F-gas-modellen
Vätska-vatten	15	2,8%
Luft-vatten/Frånluft	13	2,7%
Luft-luft	18	1,9%

Totalt installerade mängder köldmedier i värmepumpar i Stockholms stad uppskattas till drygt 54 ton och årliga utsläpp till cirka 0,8 ton, varav ungefär hälften av dessa mängder faller under definitionen för PFAS. Omräknat till koldioxidekvivalenter motsvarar det närmare 83 000 ton CO₂e installerade mängder respektive drygt 1 000 ton CO₂e utsläpp.

R32 är numera det vanligaste köldmediet i nyinstallerade värmepumpar och andelen R290 ökar varje år. Eftersom årliga läckage från värmepumpar oftast är väldigt låga (1% antas i F-gas-modellen) är det relativt stora utsläpp från skrotning (Figur 13).

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026



Figur 13. Fördelning av växthusgasutsläpp från värmepumpar per livscykelstadium.

4.7 Utlandsfärjor

Det finns ett antal kryssningsfärjor som ankrar i Stockholm: Silja Symphony, Silja Serenade, Viking Grace, Viking Glory, Viking XPRS, Birka Gotland, Viking Gabriella, Viking Cinderella.

Fartyg med svensk flagg som anlöper till svensk hamn ska registrera mängder köldmedier och läckage till Transportstyrelsen om installerad fyllnadsmängd i utrustningen överstiger gällande tröskelvärde på 14 ton CO₂-ekvivalenter. I ett utdrag från Transportstyrelsen har vi fått alla fartyg som registrerat köldmedier 2010–2022. Utav de åtta fartygen ovan är enbart ett med i Transportstyrelsens dataunderlag, varav man kan dra slutsatsen att övriga går under utländsk flagg eller inte har rapporterat uppgifter in till Transportstyrelsen. Fartyget, som återfinns i underlaget, står för ca 13 procent av totala passagerar-kapaciteten, men vi har även fått kompletterande uppgifter om läckage för fem fartyg.

Med detta underlag har vi gjort en uppskattning av de åtta fartygens installerade köldmedier till totalt 15 ton och ett årligt läckage på 3 ton, varav allt köldmedium faller under definitionen för PFAS. Omräknat till koldioxidekvivalenter motsvarar det drygt 30 000 ton CO₂e installerade mängder respektive drygt 5 000 ton CO₂e utsläpp. Det är uppenbart att det årliga läckaget är relativt stort, uppskattat till 17% årligen. Det är värt att notera att den genomsnittliga läckagefaktorn är relativt hög (17 procent), men att den är i paritet med de faktorer som redovisas i Hafner (2019).

Enligt Hafner finns det flera orsaker till de relativt höga läckagen i jämförelse med landbaserade fordon, såsom exempelvis mer omfattande rörelser, lägre utbildningsnivå inom området hos besättningen.

Eftersom dessa kryssningsfartyg huvudsakligen trafikerar internationellt vatten har de inte inkluderats i de fortsatta sammanställningarna för Stockholms stad. Samtidigt är det av stor vikt för staden att ha kännedom om de mängder köldmedier som dessa fartyg omfattar, då ett eventuellt haveri under hamnuppehåll skulle kunna resultera i betydande utsläpp med potentiella konsekvenser för stadens miljö och befolkning.

4.8 Sammanställning av resultat

För att få en så heltäckande bild som möjligt av installerade mängder köldmedier och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS i Stockholms stad har vi i denna studie valt att sammanställa uppgifter för respektive sektor:

- Rapporteringspliktiga anläggningar (RP) (uppdelat på fjärrvärme/fjärrkyla och övriga stationära anläggningar) via ECOS-data (avsnitt 4.2),
- Icke-rapporteringspliktiga anläggningar (IRP), uppskattade via service-data (avsnitt 4.4),
- Mobil luftkonditionering (MAC) i vägfordon och arbetsmaskiner (avsnitt 4.5.1),
- Kyltransporter (avsnitt 4.5.2),
- Övrig mobil luftkonditionering (MAC) i tunnelbanefordon, pendeltågsfordon, lokalbanefordon och inlands-färjor (avsnitt 4.5.3),
- Mindre, hushållsnära värmepumpar, som inte anses täckas in under rapporteringspliktiga och icke-rapporteringspliktiga anläggningar (avsnitt 4.6)

Notera att vi har valt att inte inkludera resultaten för fjärrtåg, flyg och kryssningsfärjor i denna sammanställning enligt tidigare motiveringar.

I Figur 14 till Figur 16 visas installerade köldmedier, utsläpp och läckagefaktorer i Stockholms stad per övergripande användningsområde. Läckagefaktor motsvarar årligt läckage i relation till totalt installerad mängd köldmedium per användningsområde.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

Det är emellertid viktigt att understryka att resultaten i studien, med undantag för uppgifter från rapporteringspliktiga anläggningar i ECOS, är behäftade med betydande osäkerheter, vilket motiverar försiktighet vid vidare tolkning och användning av data. Detta gäller i synnerhet för mobila luftkonditioneringssystem, där alternativt metodval kan resultera i avsevärt lägre värden än de redovisas här (se avsnitt 4.5.1 för en enkel överslagsberäkning).

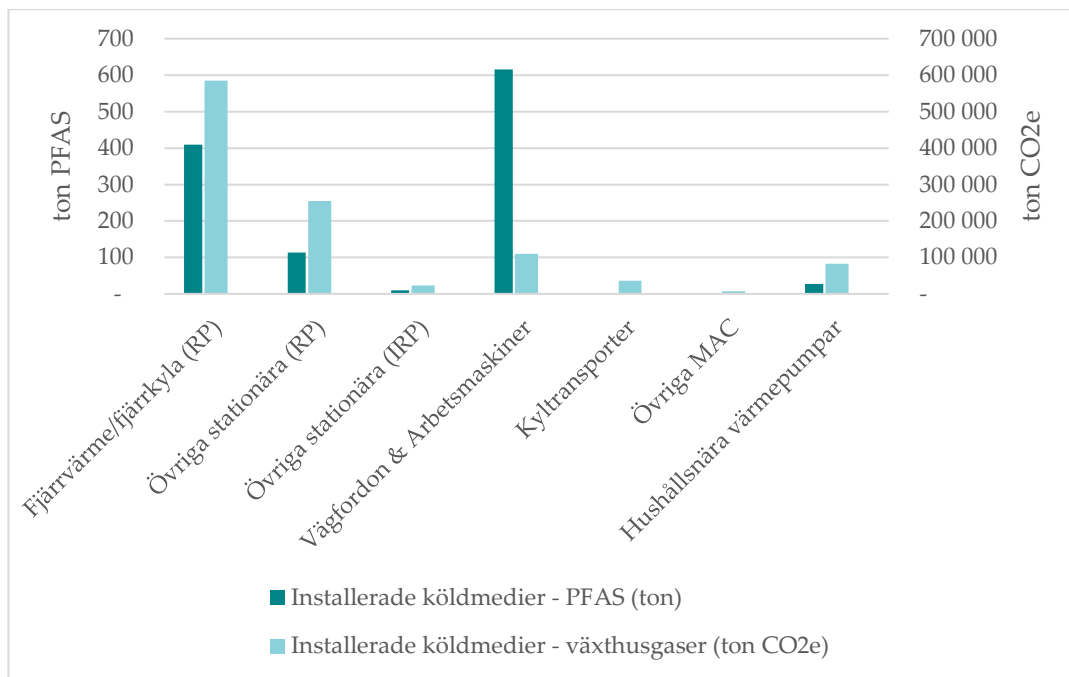
Vidare omfattar den nedanstående sammanställningen inte användningen av naturliga köldmedier, vilket i sin tur försvårar möjligheten att genomföra en heltäckande analys av den totala köldmedieanvändningen i Stockholms stad samt att bedöma omställningens aktuella status.

Ett antal intressanta resultat är dock värda att lyfta fram från figurerna:

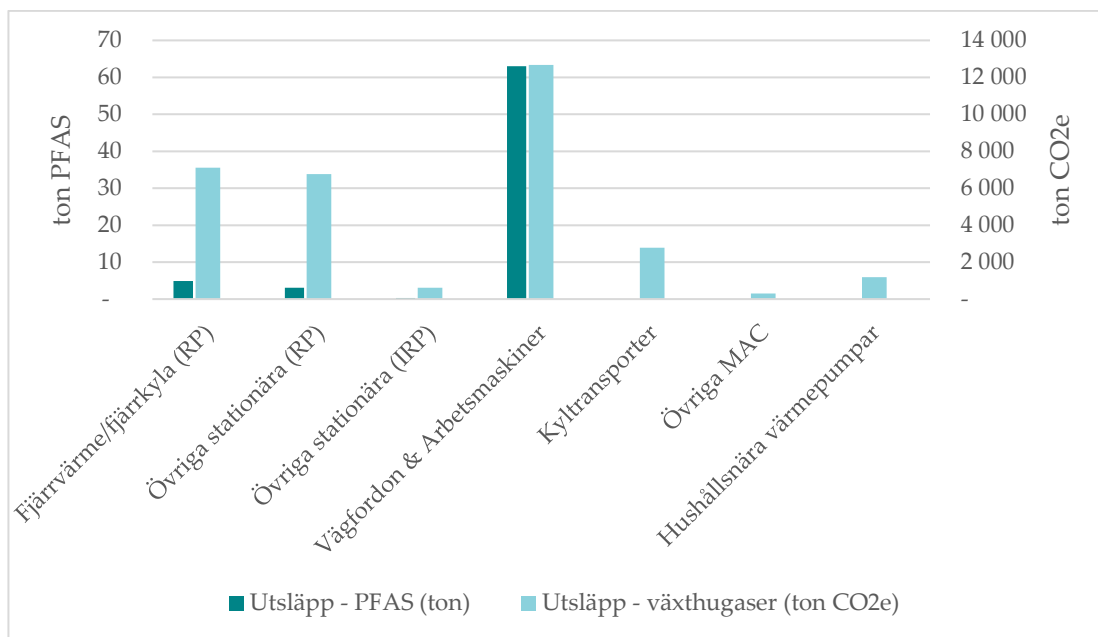
- Totala installerade syntetiska köldmedier uppgår till drygt 1 200 ton, varav 95 procent faller under definitionen för PFAS. Detta motsvarar en klimatpåverkan om cirka 1,1 miljoner ton CO₂e.
- Största användningsområdet är mobila AC i vägfordon och arbetsmaskiner (50%) följt av fjärrvärme/fjärrkyla (33%).
- De årliga utsläppen uppskattas till cirka 74 ton, varav 97 procent faller under definitionen för PFAS.
- Mobila AC i vägfordon och arbetsmaskiner har den i högsta genomsnittliga läckagefaktorn (11%) och den största andelen HFO, vilket resulterar att 88% av PFAS-utsläppen härstammar från denna kategori.
- Även Kyltransporter uppvisar en hög genomsnittlig årlig läckagefaktor (cirka 8 %) samt den högsta genomsnittliga globala uppvärmningspotentialen (GWP) för utsläpp (cirka 3500 CO₂e). Detta innebär att segmentet, i förhållande till sin relativa storlek, har längst kvar i omställningen mot att reducera sin klimatpåverkan.

Jämfört med de SMED-resultat för Stockholms stad som presenterades i kapitel 4.1 pekar resultaten i denna studie på fluorerade växthusgasutsläpp på ungefär hälften. Den stora skillnaden i resultaten tillskrivs till stora delar den osäkerhet som SMED-metoden använder för att fördela utsläppen per kommun (per invånare). Men SMED-modellen omfattar även mycket högre läckagefaktorer jämfört med det genomsnittliga läckage som redovisas för de rapporteringspliktiga anläggningarna i ECOS. Det rör främst kommersiell och industriell kyla, där SMED-modellen antar relativt höga läckagefaktorer för att säkerställa att Sverige inte rapporterar underskattade utsläpp till UNFCCC.

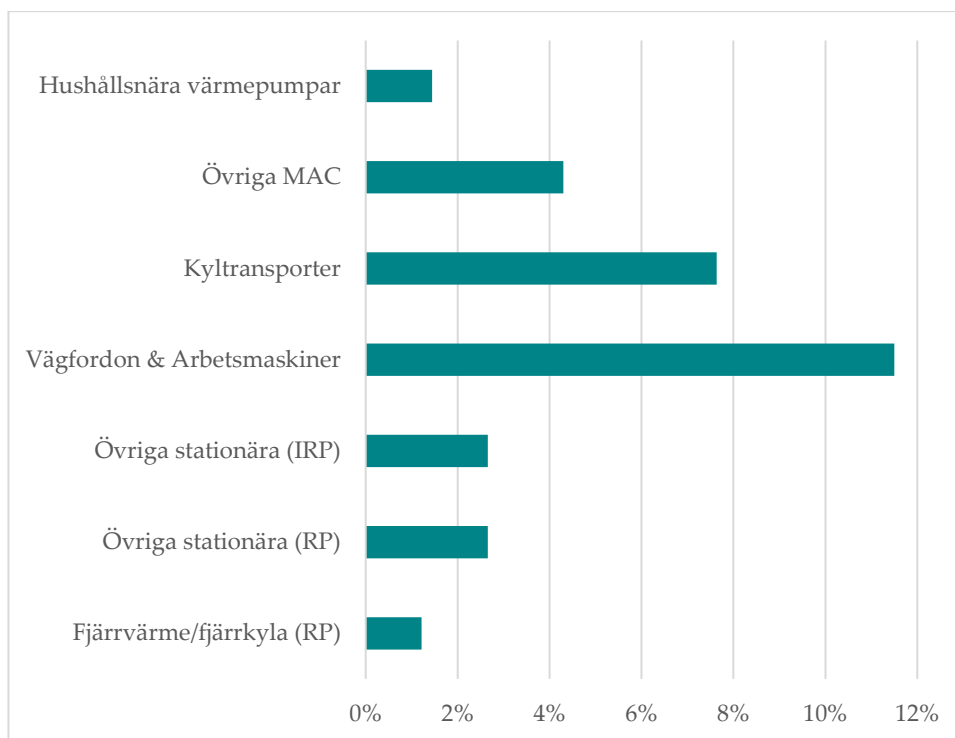
KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026



Figur 14. Installerade köldmedier, som mängd PFAS (ton) respektive fluorerade växthusgaser (ton CO₂e), per användningsområde. Totaler för rapporteringspliktiga anläggningar markeras med "RP" och icke-rapporteringspliktiga med "IRP".



Figur 15. Utsläpp av köldmedier, som PFAS (ton) respektive fluorerade växthusgaser (ton CO₂e), per användningsområde. Totaler för rapporteringspliktiga anläggningar markeras med "RP" och icke-rapporteringspliktiga med "IRP".



Figur 16. Genomsnittliga läckagefaktorer per användningsområde. Läckagefaktor motsvarar totalt årligt läckage genom installerade mängder köldmedier per användningsområde. Totaler för rapporteringspliktiga anläggningar markeras med "RP" och icke-rapporteringspliktiga med "IRP".

5 Hantering av köldmedier vid skrotning

Stationära köldmedieutrustningar ska enligt gällande lagstiftning tömmas på köldmedier innan de skickas till återvinning. För mobila luftkonditioneringssystem sker tömningen i regel vid demonteringsanläggningar, där köldmedierna avlägsnas i samband med skrotning.

För rapporteringspliktiga anläggningar med serviceavtal ansvarar ackrediterade köldmedieserviceföretag för omhändertagande av överskjutande köldmedier vid service, konvertering och skrotning. Återanvändning av köldmedier är vanligt förekommande, under förutsättning att de inte är alltför kontaminerade (exempelvis av oljor). I dessa fall sker återanvändningen ofta direkt av serviceföretagen. Vid behov kan köldmedierna skickas för rening innan de återanvänds, vilket i Sverige utförs av aktörer såsom Ahlsell, Kylma och Dahl (Nordic Council of Ministers, 2024). I andra fall skickas köldmedierna vidare för

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

regenerering eller destruktion utomlands, exempelvis i Tyskland, Frankrike eller Finland, då det i dagsläget saknas anläggningar för regenerering i Sverige. Destruktion av köldmedier sker även nationellt av Fortum Waste Solution och Stena Recycling.

De aktörer som yrkesmässigt importerar, för in eller överlåter fluorerade växthusgaser i produkter och utrustning är enligt bilaga I och II i EU:s F-gasförordning skyldiga att kostnadsfritt återta motsvarande mängd levererad F-gas som omhändertagits samt tillhandahålla behållare för detta ändamål. Denna skyldighet omfattar således HFC, men inte HFO. I praktiken tillämpas emellertid i stor utsträckning samma rutiner för båda grupperna. Centrala aktörer i Sveriges logistikkedja är exempelvis Linde, Ahlsell, Kylma, Dahls, Refrico och H. Jessen Jørgensen.

För rapporteringspliktiga anläggningar bedöms hanteringen således fungera relativt väl tack vare krav på certifiering och dokumentation. För icke-rapporteringspliktiga anläggningar och hushållsnära värmepumpar saknas däremot ofta kontroll vid skrotning, vilket sannolikt leder till felaktig hantering och direkta utsläpp i större omfattning.

Ett problem som branschorganisationen Kyl- och värmepumpimportörerna lyfter fram är svårigheter att hitta transportörer med tillstånd för köldmedier – särskilt för längre transporter. De menar att detta bland annat beror på den komplexa och tidskrävande tillståndsprocessen. Organisationens förslag är därför att köldmedieavfall som är inneslutet i stålcyllindrar (köldmedieflaskor) ska undantas från tillståndsplikten, under förutsättning att syftet med transporten är destruktion eller regenerering. Undantaget bör gälla genom hela transportkedjan.

6 Möjligheter för utsläppsminskning och omställning

Detta kapitel analyserar hur långt omställningen till alternativa köldmedier har kommit inom olika sektorer samt bedömer potentialen för att ytterligare minska utsläppen av F-gaser och PFAS i Stockholms stad. Analysen baseras på resultaten i kapitel 4, där de största utsläppskällorna identifierades, samt på den tekniska och regulatoriska utveckling som redovisats i kapitel 2 och 3. En central utgångspunkt är att kostnaderna för omställningen i hög grad styr valet av köldmediealternativ. Marknadsaktörer tenderar att prioritera de ekonomiskt mest fördelaktiga lösningarna, under förutsättning att dessa är förenliga med gällande lagstiftning.

Det har emellertid visat sig svårt att kvantifiera den faktiska genomslagskraften för alternativa köldmedier på marknaden, särskilt vid en branschspecifik uppdelning. Den följande analysen bör därför betraktas som övergripande och indikativ snarare än fullständigt representativ.

Nedan presenteras en sammanfattande analys av potentialen för utfasning av syntetiska köldmedier inom olika områden, med särskilt fokus på de största utsläppskällorna enligt sammanställningen i avsnitt 4.8.

6.1 Mobila luftkonditioneringssystem (MAC)

Mobila AC-system i vägfordon utgör den största enskilda källan till utsläpp av både fluorerade växthusgaser och PFAS. F-gasförordningen har i stor utsträckning bidragit till att HFC ersatts med HFO i nya vägfordon, med undantag för bussar, tunga lastbilar och arbetsmaskiner där HFC-134a fortfarande används. De årliga läckagen från fordon är betydande, vilket understryker behovet av en snabb övergång till naturliga köldmedier. Samtidigt framstår ett systematiskt säkerställande av regelbunden service som en tänkbar åtgärd för att minska utsläppen. En expert framhåller att krav på service av mobila AC-system är en klok åtgärd, och att stat och kommun kan behöva gå före genom att omfattas av strängare krav för att leda utvecklingen.

I kontakt med svenska fordonsindustrin framgår att R744 (Koldioxid) och propan har diskuterats som ersättare till R1234yf i lätta vägfordon. R744 har redan implementerats i vissa elbilar (exempelvis Audi E-Tron, Skoda Enyaq, Volkswagen ID-serien och vissa Mercedes-modeller), medan propan ännu inte finns i

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

kommersiella system (Dhamane, 2024). En bedömning i dagsläget är att bilindustrin avvaktar eventuella undantag om PFAS-förbud innan man sätter sin slutliga strategi för värme/kylsystem i bilarna. Blir EU:s PFAS-förbud totalt (RO1) kan man anta att fokus kommer ligga på R744-lösningar för framtidens personbilar. Övergången till CO₂ är dock tekniskt mer komplex än tidigare skiften, då det kräver helt nya systemlösningar för att hantera höga tryck som kan medföra negativ inverkan på drift och underhåll. För lätta fordon framhåller en annan expert att R152a (GWP = 124) är ett tänkbart framtida PFAS-fritt alternativ samt att R456A (GWP = 685) och R444A (GWP = 98) skulle kunna fungera som övergångsalternativ.

För tunga lastbilar anges R450A, R513A och R515B (samtliga med GWP under 750) som möjliga övergångsalternativ, men dessa omfattas alla av definitionen för PFAS.

Utfasningen av HFC som köldmedium inom tunga fordon ser olika ut beroende på tillverkare och fordonstyp. I samband med införandet av kvotsystemet inom F-gas-förordningen började R1234yf ersätta R134A. Då förslaget om PFAS-förbud aktualiserades har dock fordonstillverkarna haft svårt att hitta ett riktigt bra köldmedialternativ. Propandrivna AC-system har testats, exempelvis av MAN, men på grund av köldmediets brandfarlighet har inga kommersiella aggregat utvecklats. Att installera flera kilo brandfarliga köldmedier i fordon är förknippat med ökade risker och skulle kräva tydliga säkerhetslösningar. Ingen av de svenska lastbilstillverkarna har hittills gjort något officiellt uttalande om vilka köldmedier som kommer att prioriteras om ett PFAS-förbud träder i kraft. När det gäller elektriska stadsbussar finns uppgifter om att CO₂ används i klimatsystemen hos vissa tillverkare och att övergången sker gradvis.

Branschen bedömer att R1234yf inte är ett alternativ för stora arbetsmaskiner såsom hjullastare och grävmaskiner. Här kan naturliga köldmedier som propan eller CO₂ bli aktuella. För stora maskiner gäller dock andra krav än för exempelvis lastbilar, vilket påverkar valet av lösningar.

Branschorganisationen SAE International har hittills endast utvecklat standarder för R134a, R1234yf och CO₂. Avsaknaden av nya patent eller innovationer inom området indikerar att inga ytterligare köldmedier är på väg att introduceras inom överskådlig tid. Därmed framstår CO₂ som det enda realistiska PFAS-fria alternativet i dagsläget.

För övriga MAC-system finns betydande potential att ersätta R134a och andra HFC med naturliga alternativ såsom R290 (propan) eller R744 (CO₂). Exempelvis har Tyskland framgångsrikt utvecklat och testat propandrivna AC-system i tåg (Boeck., 2025).

6.2 Fjärrvärme/fjärrkyla

Inom Stockholms energisektor konstateras en låg grad av utfasning av köldmedier med hög global uppvärmningspotential (GWP) och PFAS-innehåll. I dialog med Stockholm Exergi framkommer att vid installation av ny utrustning prioriteras utrustning som använder naturliga köldmedier, exempelvis NH₃ och CO₂, men att befintliga anläggningar fortsatt kommer använda sig av syntetiska köldmedier, främst R134a, under en uppskattad tidsperiod om minst tio år.

Mot bakgrund av den pågående diskussionen om ett eventuellt PFAS-förbud har Stockholm Exergi initierat samarbetsprojekt med värmepumpleverantörer och Kungliga Tekniska högskolan (KTH) i syfte att identifiera alternativa köldmedier med lägre klimatpåverkan. Fokus ligger för närvarande på olika kolväten. Det bör även framhållas att företaget redan idag delvis använder frikyla via sjövattnet.

Enligt oberoende experter kan det, för större värmepumpar inom fjärrvärmesektorn (>5 MW), finnas skäl att överväga strängare krav än de som föreskrivs i F-gasförordningen, eftersom ett haveri i dessa anläggningar kan ge upphov till mycket omfattande utsläpp. Det ska dock tilläggas att pumparna är utrustade med läckagesensorer.

6.3 Övriga stationära anläggningar

Utfasningen har inletts inom både rapporteringspliktiga och icke-rapporteringspliktiga stationära anläggningar. Potentialen för fortsatt utfasning är betydande, särskilt i utrustning där utsläppen av fluorerade växthusgaser och PFAS är höga. Undantag gäller dock utrustning med krav på mycket låga eller stabila temperaturer, där omställningen förväntas ta längre tid (se Bilaga 1 för redovisade undantag). Den reviderade F-gasförordningen har haft en tydligt styrande effekt, då företag vid byte av utrustning eller påfyllning av köldmedium i allt högre grad installerar system med låg GWP.

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

I dialog med ett av Stockholms stads egna bostadsbolag framkom att ett strategiskt arbete pågår för att successivt konvertera befintlig utrustning till mer miljövänliga alternativ. Strategin är uppdelad i flera steg. Den första prioriteten är att gradvis ersätta R404A (GWP = 3922) med R448 eller R449 (båda med GWP omkring 1400). Den andra prioriteten avser långsiktigt planerat underhåll, där ambitionen är att i ökad utsträckning ersätta befintliga system med lösningar baserade på naturliga köldmedier, såsom koldioxid (CO₂) och propan. Dessa byten är emellertid kostsamma och ställer höga krav på planering, logistik och teknisk anpassning. Trots detta är målsättningen att successivt öka takten i övergången. Som ett led i detta har bolagets projekteringsanvisningar uppdaterats, vilket innebär att gränsvärdet för tillåtna köldmedier vid nybyggnationer och större ombyggnadsprojekt har fastställts till ett GWP-värde under 3. Detta innebär i praktiken att enbart naturliga köldmedier accepteras i dessa sammanhang.

Ett annat tydligt exempel som framkommer inom studien är livsmedelshandeln. Analysen av ECOS-data för de fem största butikskedjorna i Stockholms stad (ICA, Willys, Lidl, Hemköp och Coop) visar att konverteringsgraden till CO₂- eller propan-baserade system varierar mellan 22 och 59 procent. Metoden bygger på antagandet att butiker som inte längre återfinns i ECOS har konverterat till alternativa köldmedier och därmed inte längre är rapporteringspliktiga. Vid kontakt med en av koncernerna framkom att cirka hälften av deras butiker, både i Stockholm och nationellt, redan är delvis eller helt konverterade till CO₂, med störst framsteg i större butiker.

Enligt expertutlåtanden är det rimligt att ställa krav på att nya aggregat i livsmedelsbutiker använder naturliga köldmedier, eftersom marknaden för CO₂ och propan i detta segment bedöms som mogen med god konkurrens och brett produktutbud. Samtidigt betonas vikten av att en kommun inte förekommer den nationella lagstiftningen och därmed utesluter framtida innovationer, exempelvis blandningar av naturliga och syntetiska medier som kan förbättra effektivitet eller minska brännbarhet. Emellertid poängteras att krav på förtida utfasning av fungerande HFC-anläggningar, särskilt i mindre butiker, riskerar att medföra alltför höga ekonomiska bördor och i förlängningen hota verksamhetens överlevnad.

När det gäller kostnader för omställning anger branschorganisationen Svenska Kyl & Värmepumpföreningen (SKVP) som exempel att en kylanläggning med en effektstorlek på 50 kW har en investeringskostnad som är cirka 50 000 kronor högre jämfört med en anläggning baserad på syntetiska köldmedier. Samtidigt framhålls

att den årliga kostnaden blir högre om man väljer ett köldmedium som inom några år måste bytas ut på grund av lagkrav.

6.4 Mindre hushållsvärmepumpar

Inom kategorin hushållsnära värmepumpar konstateras en snabb teknisk utveckling och en relativt hög grad av utfasning av köldmedier med högt GWP till följd av EU-förordningen (se Bilaga 1). Exempelvis har luftluftvärmepumpar med R32 och R290 etablerat sig på marknaden under de senaste åren. Dessa system använder i regel mindre mängder köldmedium, vilket gör dem särskilt lämpade för övergång till naturliga alternativ. Dock kvarstår utmaningar inom segmentet vätska-vatten, där utfasningen går långsammare.

Enligt branschaktörer är den största utmaningen inte tillgången på teknik, utan snarare regelverk och säkerhetsföreskrifter kopplade till brandfarliga köldmedier. För att möjliggöra en bredare användning av propan i bostadshus och större installationer krävs anpassningar i byggnormer och brandskyddsregler.

Ur ett kommunalt perspektiv framstår hushållsnära värmepumpar som ett område med stor potential ur ett längre perspektiv. Informationsinsatser riktade till hushåll och fastighetsägare om korrekt installation, drift och skrotning kan bidra till att ytterligare minska utsläppen.

6.5 Kyltransporter

Inom segmentet kyltransporter har övergången från R404A till R452A bidragit till en viss minskning av växthusgasutsläppen, men effekten på PFAS-utsläpp är fortsatt begränsad. De tekniska lösningarna i detta område är särskilt utmanande, eftersom systemen ofta måste hantera varierande temperaturkrav och utsätts för hårda driftsförhållanden.

Naturliga köldmedier såsom koldioxid (CO₂) och propan (R290) utgör möjliga alternativ, men deras bredare implementering försvåras av tekniska begränsningar. För CO₂ gäller framför allt utmaningar kopplade till energieffektivitet vid höga omgivningstemperaturer, medan propan är förknippat med brandrisker som kräver särskilda säkerhetsåtgärder.

Enligt expertutlåtanden kan R454C, med låg GWP, fungera som ett övergångsalternativ i vissa tillämpningar. Detta köldmedium omfattas dock av definitionen för PFAS, vilket innebär att det inte utgör en långsiktigt hållbar lösning.

6.6 Utlandsfärjor

För utlandsfärjor som trafikerar Stockholms hamnar är användningen av syntetiska köldmedier fortsatt omfattande. Dessa fartyg är ofta utrustade med stora kyl- och frysanläggningar samt luftkonditioneringssystem, vilka tillsammans innehåller betydande mängder köldmedium. Tillgängliga uppgifter indikerar att HFC-134a fortfarande är det dominerande köldmediet, även om vissa rederier har påbörjat en gradvis övergång till alternativ med lägre GWP. Ett sätt att reducera användningen av syntetiska köldmedier är att använda så kallade indirekta kylarsystem med havsvattnet som kylkomponent (Hafner, 2019). Hafner (2019) pekar på att R744 är det mest realistiska alternativet för framtida utfasning av HFC i denna sektor.

7 Diskussion och rekommendationer

Syftet med denna studie har varit att kartlägga användningen av köldmedier i Stockholms stad, uppskatta utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS, samt analysera möjligheterna till fortsatta utsläppsminskningar och omställning. Analysen har genomförts med beaktande av branschernas pågående arbete med utfasning och implementering av alternativa lösningar, i relation till gällande och föreslagna lagstiftningar. Analysen visar tydligt att klimat- och hälsoutmaningar är nära sammanflätade och att olika sektorer befinner sig i skilda faser av omställningen.

I det följande kapitlet diskuteras studiens frågeställningar (se avsnitt 1.2), med avslutande rekommendationer riktade till Stockholms stad. Förhoppningen är att denna studie kan utgöra ett stöd för Stockholms stad i arbetet med att påskynda utfasningen av klimat- och miljöskadliga köldmedier

Utsläppsmängder och kategorivis bedömning

Kartläggningen visar att de största volymerna av köldmedier återfinns inom mobila luftkonditioneringssystem (MAC) samt inom fjärrvärme- och fjärrkylsystem. Trots att MAC till stor del använder köldmediet HFO1234yf, som

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

har en låg GWP och därmed en begränsad direkt klimatpåverkan, är dess roll central i diskussionen om föreslagen PFAS-reglering eftersom HFO faller under definitionen för PFAS.

MAC står dessutom för de största faktiska utsläppen av PFAS, på grund av höga årliga läckage. En ytterligare problematik är att de flesta mobila AC-system undantas från krav på kontroll och rapportering, vilket innebär att dessa utsläpp inte systematiskt följs upp. Utöver detta utgör hushållsnära värmepumpar och mindre anläggningar en betydande osäkerhetsfaktor. Dessa faller utanför rapporteringsplikten, vilket försvårar en heltäckande bedömning av de totala utsläppen.

Det är således viktigt att understryka att resultaten i studien är behäftade med betydande osäkerheter, vilket motiverar försiktighet vid vidare tolkning och användning av data. Detta gäller i synnerhet för mobila luftkonditioneringssystem, där alternativt metodval kan resultera i avsevärt lägre värden än de som antas i föreliggande studie.

Branschspecifika strategier för utbyte

En av de största utmaningarna återfinns inom segmentet mobil luftkonditionering, där både de installerade mängderna av PFAS-relaterade kemikalier och läckagenivåerna är höga, samtidigt som nuvarande regelverk för tillsyn och kontroll framstår som otillräckligt. Branschen uppvisar dessutom en splittrad syn på framtida tekniska lösningar. Även om utvecklingen av system baserade på koldioxid (CO₂) och propan (R290) fortskrider, krävs ytterligare standardisering och godkännandeprocesser innan dessa kan implementeras i större skala. Ett alternativ som diskuteras är att under en övergångsperiod använda köldmedier med låg GWP men som omfattas av PFAS-definitionen.

Det andra segmentet med dominerande volymer av syntetiska köldmedier utgörs av fjärrvärme- och fjärrkylasystem. Strategin för omställning inom detta område beskrivs som stegvis, där naturliga köldmedier successivt introduceras i nya installationer. Parallellt bedrivs forsknings- och utvecklingsinsatser med målsättningen att på längre sikt möjliggöra en fullständig ersättning av syntetiska köldmedier i befintliga anläggningar.

Inom de kommunala bostadsbolagen pågår en successiv utfasning av befintliga köldmedier med höga GWP-värden. Arbetet sker stegvis genom en övergång till

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

köldmedier med lägre GWP-värden, med målsättningen att på längre sikt helt ersätta dessa med PFAS-fria alternativ.

Inom branscher med omfattande användning av kyl- och frysanläggningar, såsom livsmedelshandeln, pågår en successiv omställning mot PFAS-fria alternativ, främst baserade på koldioxid (CO₂) och propan (R290). Utvecklingen indikerar att köldmedier med höga GWP-värden i allt större utsträckning fasas ut i samband med att befintlig utrustning når slutet av sin livslängd och ersätts med ny teknik.

Samtidigt finns ett motstånd mot att i förtid fasa ut befintliga köldmedier till förmån för mer kostsamma alternativ. I detta sammanhang skulle Stockholms stad kunna påskynda utvecklingen genom att överväga införandet av ekonomiska incitament, särskilt riktade mot småföretag. Det föreligger även tekniska och juridiska hinder för installation av brandfarliga alternativ, såsom propan, på grund av säkerhetsklassning och gällande bygglagstiftning. Detta försvårar en snabb implementering, särskilt inom segmentet hushållsnära värmepumpar.

Sammantaget framträder en splittrad bild där vissa branscher aktivt driver utvecklingen framåt, medan andra avvaktar på grund av tekniska, juridiska eller ekonomiska begränsningar. I detta sammanhang skulle Stockholms stad kunna inta en successivt mer aktiv roll genom att, via avtal och upphandlingar, ställa stegrande skärpta krav på PFAS-fria köldmedier i nya fordon och arbetsmaskiner samt krav på mer rigorös service och underhåll av AC-system.

Lagstiftningens påverkan

Den reviderade F-gasförordningen har haft, och fortsätter att ha, en tydlig styrande effekt genom att påskynda utfasningen av köldmedier med hög GWP. Samtidigt har detta lett till en ökad användning av HFO som faller under definitionen för PFAS. Det föreslagna EU-förbudet mot PFAS kan därför bli avgörande för att styra utvecklingen mot långsiktigt hållbara alternativ. Lagstiftningen fungerar alltså både som drivkraft och som potentiell källa till nya problem, varför det är väsentligt att både klimat-och hälsoaspekterna tas hänsyn till vid utformade av och anpassning till nya lagstiftningar. Exempelvis, för den viktiga fordonsindustrin krävs tydlighet och framförhållning för att möjliggöra satsningar på alternativa PFAS-fria köldmedier.

För att kunna analysera och utvärdera effekterna av de relevanta lagstiftningarna bör Stockholms stad noggrant följa utvecklingen av EU:s förslag till PFAS-förbud

samt Naturvårdsverkets skrivelse med förslag till författningsändringar med anledning av den reviderade F-gasförordningen.

Utbytbarhet och potential

På grund av begränsad tillgång till detaljerat underlag har det inte varit möjligt att genomföra en fullständig branschspecifik analys av den pågående omställningen. Analysen är därför av mer övergripande karaktär.

Studien visar att naturliga köldmedier (ammoniak, koldioxid, kolväten) har stor potential att ersätta både HFC och HFO. Dessa alternativ är klimatomåliggöra och hälsomåliggöra bättre, men deras breda implementering begränsas av säkerhetskrav, tekniska anpassningar och initiala kostnader. Det råder exempelvis viss osäkerhet inom värmepumpbranschen kring vilka alternativ som bör prioriteras, delvis på grund av säkerhetskrav kopplade till installation av brandfarliga köldmedier, exempelvis propan (R290), enligt plan- och bygglagen (PBL).

Den relativt långt pågående utfasningen mot CO₂ inom exempelvis livsmedelssektorn visar dock att det är tekniskt och ekonomiskt möjligt att ta steget fullt ut mot mer hållbara alternativ inom vissa branscher. Att fordonsbranschen till viss del redan har och även funderar på att ytterligare övergå till CO₂ som köldmedium spårar på den slutsatsen. Vanligast är att alternativa köldmedier eller andra tekniska lösningar övervägs när äldre utrustningar ska bytas ut, vilket gör att det kan krävas lagstiftning för att snabbare fasa ut de stora mängderna HFC som är installerade i de befintliga storskaliga systemen inom fjärrvärme/fjärrkyla. För att snabba på utfasning i förväg skulle troligen tydliga ekonomiska incitament krävas, såsom positiva styrmedel.

Samtidigt bör det framhållas att den svenska köldmedielagstiftningen redan är långtgående och innebär en betydande utmaning för branschen, varför ytterligare kommunala särkrav bör övervägas med försiktighet.

GWP-PFAS-relation och målkonflikter

Ett centralt resultat i studien är att substitutionen från HFC till HFO reducerar klimatpåverkan, utan att minska PFAS-belastningen. Detta illustrerar en tydlig målkonflikt mellan klimat-, hälso- och kemikaliepolitiska mål. För att undvika att lösa ett problem genom att skapa ett annat krävs en mer integrerad och sammanlänkande lagstiftning och anpassning där både uppvärmningspotentialen, kemikalie- och hälsoegenskaper vägs in vid val av köldmedium. Ett antagande av

föreslaget PFAS-förbud i REACH skulle tydligare driva utvecklingen i den riktningen.

Skrotning och omhändertagande

För rapporteringspliktiga anläggningar antas omhändertagandet av köldmedier fungera relativt väl, då ackrediterade serviceföretag ansvarar för återvinning och vidare hantering för regenerering eller destruktion. Däremot är icke-rapporteringspliktiga anläggningar och hushållsnära utrustning, exempelvis mindre värmepumpar en svag punkt, där bristande kontroll kan leda till relativt höga utsläpp. Här skulle troligen förbättrade informationskampanjer till allmänheten kunna bidra till att minska felaktig hantering av köldmedier vid skrotning.

Metod för årlig uppföljning

Den nationella F-gas-modellen har varit en viktig utgångspunkt i denna studie, inte minst som komplement till de uppgifter Miljöförvaltningen i Stockholms stad redan besitter i egenskap av Tillsynsmyndighet, men modellen bygger på generella antaganden som riskerar att uppskattningar på kommunnivå med för låg precision.

För att framöver kunna följa omställningen mot mer hållbara köldmedier bör Stockholms stad fortsätta att analysera de årliga rapporteringsdata som inkommer via sitt ärendehanteringssystem ECOS. För en mer tillförlitlig uppföljning krävs emellertid ett systematiskt och heltäckande inflöde av data, exempelvis genom mer tillgängliga uppgifter från serviceföretag och branschaktörer.

Ett framtida system skulle exempelvis även kunna inkludera information om samtliga syntetiska köldmedier som omfattas av PFAS-definitionen, såsom HFO, men också om användningen av naturliga köldmedier. Ett sådant system skulle möjliggöra en mer precis och kontinuerlig uppföljning av både utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS, samt ge en tydligare bild av omställningstakten inom olika branscher.

Rekommendationer till Stockholm stad

Utifrån resultaten och analysen i denna studie rekommenderar vi Stockholm stad att överväga följande punkter för att verka för en mer hållbar framtid genom att:

Säkerställa att klimat- och miljöskadliga köldmedier fasas ut genom **tydliga krav i avtal och upphandlingar**:

- Val av PFAS-fria alternativ vid nyinstallationer eller konverteringar, där det är tekniskt och säkerhetsmässigt möjligt.
- Regelbunden service och kontroller av mobil luftkonditionering och kyltransporter.

Höja allmänhetens medvetenhet om korrekt hantering av köldmedier, särskilt vid skrotning av utrustning, via **informationskampanjer**.

Främja användning av system baserade på alternativa köldmedier såsom koldioxid, ammoniak eller propan, till exempel genom att **överväga ekonomiska incitament** som kompensation vid högre initiala kostnader och i vissa fall lägre energieffektivitet.

Följa den juridiska och tekniska utvecklingen genom att anpassa stadens åtgärder i takt med förändringar i lagstiftning och tekniska möjligheter, samt arbeta för att lagar och föreskrifter möjliggör bredare användning av brandfarliga köldmedier som propan.

Förbättra datainsamling och rapportering genom att arbeta för ett mer heltäckande system för rapportering av köldmedier som inkluderar även köldmedier med låg klimatpåverkan som definieras som PFAS.

8 Referensförteckning

American National Standards Institute (ASHRAE) (2025). Designation and Safety Classification of Refrigerants (ANSI/ASHRAE Standard 34-2024).

Arp, HPH., et al. (2024). *The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA)*. Environmental Science & Technology 2024 58 (45), 19925-19935. DOI: 10.1021/acs.est.4c06189

Boeck, L., et.al., (2025). *Umweltfreundliche mobile Klimatisierung mit natürlichen Kältemitteln: Klimatisierung von Schienenfahrzeugen mit Propan (R290)*.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltfreundliche-mobile-klimatisierung>

Council of the European Union. (2023, 27 November). *Preparation of IMO/SSE 10 (London, 4-8 March 2024) – Draft Union information paper to the 10th session of the International Maritime Organization's Sub-Committee on Ship Systems and Equipment containing information on the opinions of the scientific committees of the European Chemicals Agency on a restriction proposal with regard to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in firefighting foams* (Document ST-15410/23).
<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15410-2023-INIT/en/pdf>

Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/573 of the European parliament and of the council of 7 February 2024 on fluorinated greenhouse gases, amending Directive (EU) 2019/1937 and repealing Regulation (EU) No 517/2014. Dhamane B., M. and Tipnis, V., M. (2024). *New thermal management system for alternative refrigerants*. Master's Thesis. Chalmers University of Technology / Department of Mechanics and Maritime Sciences.
<http://hdl.handle.net/20.500.12380/308498>

European Chemical Agency (ECHA) (2022). *[Trifluoroacetic acid] [REACH-dossier]*.
<https://echa.europa.eu/nl/registration-dossier/-/registered-dossier/5203/11/?documentUUID=0f600d1a-4e25-42b0-b6dd-47f362d158bc>

European Chemical Agency (ECHA) (2023a). *Registry of CLH intentions until outcome*. <https://echa.europa.eu/de/registry-of-clh-intentions-until-outcome/-/dislist/details/0b0236e188e6e587#msdyntrid=XuTijdX8JNqFEGuNBOIPVRtfmPgEkJy-wokd-Garfo>

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

European Chemical Agency (ECHA) (2023b). *Restriction proposal for per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS)*.
https://echa.europa.eu/documents/10162/17233/rest_pfas_bd_draft_240625_en.pdf/86488ab5-30c9-f7b9-547d-84db15535d9a?t=1755590462498

European Chemical Agency (ECHA) (2025a). *Annex B to the Background Document to the Opinion on the Annex XV dossier proposing restrictions on Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs)*.
https://echa.europa.eu/documents/10162/17233/rest_pfas_bd_draft_annex_b_240625_en.pdf/3aa306ae-f8f9-3e15-82eb-e4820310d4e8?t=1755590520106

European Chemical Agency (ECHA) (2025b). ECHA update on the per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) restriction process.
https://echa.europa.eu/documents/10162/111425157/echa_update_pfas_en.pdf/6775e241-204e-af0a-a2d0-4c16ba2c138d?t=1756287349062

European Chemical Agency (ECHA) (2025c). Registry of restriction intentions until outcome.
<https://echa.europa.eu/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18663449b>

European Chemical Agency (ECHA) (2025d). Highlights from December RAC and SEAC meetings.
<https://echa.europa.eu/-/highlights-from-december-2025-rac-and-seac-meetings>

Europeiska unionens råd (2025) *Water pollution: Council and Parliament reach provisional deal to update priority substances in surface and ground waters*. Pressmeddelande. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2025/09/23/water-pollution-council-and-parliament-reach-provisional-deal-to-update-priority-substances-in-surface-and-ground-waters/>

Hafner, A., Gabrielli, C.H., and Widell, K. (2019). *Refrigeration units in marine vessels. Alternatives to HCFCs and high GWP HFCs*. TemaNord 2019:527

International Organization for Standardization (ISO) (2024) *Refrigerants – Designation and safety classification*. (<https://www.iso.org/standard/83452.html>)

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

Kemikalieinspektionen (2025). What you need to know about the updated PFAS restriction dossier.
<https://www.kemi.se/download/18.43415f2e19a0f60356220f8/1761224887540/What%20you%20need%20to%20know%20about%20the%20updated%20PFAS%20restriction%20dossier-Updated-2025-10-23-2.pdf>

Livsmedelsverket. Lindfeldt, E, Gyllenhammar, I, Strandh, S, Halldin Ankarberg, E, (2021). L 2021 nr 21: Kartläggning av per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) i Sveriges kommunala rå- och dricksvatten. Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala. Naturvårdsverket (2025). National Inventory Document Sweden 2025. Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2023. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Paris Agreement.
<https://unfccc.int/documents/646476>

Nordic Council of Ministers (2024). End-of-life treatment of Hydrofluoroolefins (HFOs). TemaNord 2024:522. <http://dx.doi.org/10.6027/temanord2024-522>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2021). Reconciling terminology of the universe of per- and polyfluoroalkyl substances.

SAAB (2020). SAAB 340B Aircraft Operational Manual. Section 2 – Air conditioning and pressurization.

Salierno, G. (2024). On the Chemical Pathways Influencing the Effective Global Warming Potential of Commercial Hydrofluoroolefin Gases. ChemSusChem 2024, e202400280.
<https://doi.org/10.1002/cssc.202400280>

Sinche Chele, F., Salvador, C. et. al. (2024). Critical Literature Review of Low Global Warming Potential (GWP) Refrigerants and their Environmental Impact
<https://www.osti.gov/biblio/2528023>

Svenska Kyl & Värmepump Föreningen (SKVP) (2024). Vägledning vid val av köldmedium 3.0.

TURI (2025). Assessment of available low global warming potential alternatives to f-gas refrigerants. A Report by the Toxics Use Reduction Institute of Massachusetts.
<https://www.turi.org/publications/assessment-of-alternatives-to-f-gas-refrigerants/>

9 Bilagor

Bilaga 1. Utdrag ur Bilaga IV till (EU) 2024/573

FÖRBUD MOT UTSLÄPPANDE PÅ MARKNADEN SOM AVSES I ARTIKEL 11.1

Produkter och utrustning		Förbudsdatum
STATIONÄR KYLUTRUSTNING		
2. Kyl- och frysskåp för hushållsbruk	a)som innehåller fluorkolväten med en GWP på 150 eller mer.	1 januari 2015
	b)som innehåller fluorerade växthusgaser, utom om det krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften.	1 januari 2026
3.Kyl- och frysskåp för kommersiellt bruk (fristående utrustning)	a)som innehåller fluorkolväten med en GWP på 2 500 eller mer.	1 januari 2020
	b)som innehåller fluorkolväten med en GWP på 150 eller mer.	1 januari 2022
	c)som innehåller andra fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer.	1 januari 2025

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

4.All fristående kylutrustning, utom vätskekylaggregat, som innehåller fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om dessa krävs för att uppfylla säkerhetsnormer på platsen för driften.		1 januari 2025
5.Kylutrustning, utom vätskekylaggregat och utrustning som omfattas av punkterna 4 och 6, som innehåller eller vars funktion är beroende av	a)fluorkolväten med en GWP på 2 500 eller mer, utom utrustning avsedd för tillämpningar som är utformade för att kyla produkter till temperaturer under -50 °C.	1 januari 2020
	b)fluorerade växthusgaser med en GWP på 2 500 eller mer, utom utrustning avsedd för tillämpningar som är utformade för att kyla produkter till temperaturer under -50 °C.	1 januari 2025
	c)fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om dessa krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften.	1 januari 2030
6.Centraliserade kylsystem med flera moduler för kommersiell användning med en nominell kapacitet på minst 40 kW och som innehåller, eller vilkas funktion är beroende av, fluorerade växthusgaser som förtecknas i bilaga I med en GWP på 150 eller mer, detta gäller dock inte för den primära kylkretsen i kaskadsystem, i vilken fluorerade växthusgaser med en GWP på mindre än 1 500 får användas.		1 januari 2022
STATIONÄRA VÄTSKEKYLAGGREGAT		
7.Vätskekylaggregat som innehåller, eller vars funktion är beroende av	a)fluorerade växthusgaser med en GWP på 2 500 eller mer, utom för utrustning avsedd för tillämpningar som är utformade för att kyla produkter till temperaturer under -50 °C	1 januari 2020
	b)fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer för vätskekylaggregat med en nominell kapacitet på upp till och 12	1 januari 2027

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

	kW, utom om dessa krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften	
	c)fluorerade växthusgaser för vätskekylaggregat med en nominell kapacitet på upp till och med 12 kW, utom om dessa krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften	1 januari 2032
	d)fluorerade växthusgaser med en GWP på minst 750 för vätskekylaggregat över 12 kW, utom om dessa krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften	1 januari 2027
STATIONÄR LUFTKONDITIONERINGSUTRUSTNING OCH STATIONÄRA VÄRMEPUMPAR		
8.Fristående luftkonditioneringsutrustning och värmepumpar, utom vätskekylaggregat	a)Inpluggningsbar luftkonditioneringsutrustning för inomhusbruk som kan flyttas mellan rum av slutanvändaren och som innehåller fluorkolväten med en GWP på 150 eller mer.	1 januari 2020
	b)Inpluggningsbar luftkonditioneringsutrustning för inomhusbruk, luftkonditioneringsutrustning av monoblocktyp, annan fristående luftkonditioneringsutrustning och fristående värmepumpar med en nominell maxkapacitet på upp till och med 12 kW som innehåller fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav. Om säkerhetskraven på platsen för driften inte tillåter användning av fluorerade växthusgaser med en GWP på mindre än 150, är GWP-gränsen 750.	1 januari 2027

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

	c) Inpluggningsbar luftkonditioneringsutrustning för inomhusbruk, luftkonditioneringsutrustning av monoblockstyp, och annan fristående luftkonditioneringsutrustning och fristående värmepumpar med en nominell maxkapacitet på upp till och med 12 kW som innehåller fluorerade växthusgaser, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav. Om säkerhetskraven på platsen för driften inte tillåter användning av alternativ till fluorerade växthusgaser är GWP-gränsen 750.	1 januari 2032
	d) Luftkonditionerings-utrustning av monoblockstyp och annan fristående luftkonditioneringsutrustning och värmepumpar med en nominell maxkapacitet på mer än 12 kW men högst 50 kW som innehåller fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav. Om säkerhetskraven på platsen för driften inte tillåter användning av fluorerade växthusgaser med en GWP på mindre än 150, är GWP-gränsen 750.	1 januari 2027
	e) Annan fristående luftkonditioneringsutrustning och värmepumpar som innehåller fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav. Om säkerhetskraven på platsen för driften inte tillåter användning av fluorerade växthusgaser med en GWP på mindre än 150, är GWP-gränsen 750.	1 januari 2030
9. Delad luftkonditioneringsutrustning och värmepumpar (1) :	a) Enkla delade luftkonditioneringsystem som innehåller mindre än tre kg fluorerade växthusgaser som förtecknas i bilaga I och som innehåller eller vars funktion är beroende av fluorerade	1 januari 2025

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
 Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
 Januari 2026

	växthusgaser som förtecknas i bilaga I med en GWP på 750 eller mer	
	b)Delade luft-till-vatten-system med en nominell kapacitet på upp till och med 12 kW och som innehåller, eller vars funktion är beroende av, fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften.	1 januari 2027
	c)Delade luft-till-luft-system med en nominell kapacitet på upp till och med 12 kW och som innehåller, eller vars funktion är beroende av, fluorerade växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften.	1 januari 2029
	d)Delade system med en nominell kapacitet på upp till och med 12 kW som innehåller eller vars funktion är beroende av fluorerade växthusgaser, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften.	1 januari 2035
	e)Delade system med en nominell kapacitet på mer än 12 kW och som innehåller, eller vars funktion är beroende av, fluorerade växthusgaser med en GWP på 750 eller mer, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften.	1 januari 2029
	f)Delade system med en nominell kapacitet på mer än 12 kW och som innehåller, eller vars funktion är beroende av, fluorerade	1 januari 2033

KARTLÄGGNING AV KÖLDMEDIER I STOCKHOLMS STAD
Installerade mängder och utsläpp av fluorerade växthusgaser och PFAS
Januari 2026

	växthusgaser med en GWP på 150 eller mer, utom om detta krävs för att uppfylla säkerhetskrav på platsen för driften.	
--	--	--

STOCKHOLM

Box 21060, 100 31 Stockholm

GÖTEBORG

Box 53021, 400 14 Göteborg

MALMÖ

Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

KRISTINEBERG

**(Center för marin forskning och
innovation)**

Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

SKELLEFTEÅ

Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

BEIJING, CHINA

Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se