

BELOK

Energimyndighetens nätverk
för energieffektiva lokaler

ENERGIEFFEKTIVA KÖLDMEDIER FÖR LOKALFASTIGHETER

Slutrapport

2026-01-30



UTFÖRT AV

Josep Termens
CIT Renergy

Helena Nakos Lantz
CIT Renergy

GRANSKAT AV

Per-Erik Nilsson
CIT Renergy

info@belok.se



ENERGIMYNDIGHETENS NÄTVERK FÖR ENERGIEFFEKTIVA LOKALER

Belok är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Sveriges största fastighetsägare med inriktning på lokalfastigheter. Belok initierades 2001 av Energimyndigheten och gruppen driver idag olika utvecklingsprojekt med inriktning mot energieffektivitet och miljöfrågor.

Gruppens målsättning är att energieffektiva system, produkter och metoder tidigare skall komma ut på marknaden. Utvecklingsprojekten syftar till att effektivisera energianvändningen samtidigt som funktion och komfort förbättras.

MEDLEMSFÖRETAG

ALECTA FASTIGHETER	HUMLEGÅRDEN FASTIGHETER
AMF FASTIGHETER	ICA FASTIGHETER
AKADEMISKA HUS	JERNHUSEN
ATRIUM LJUNGBERG	LOCUM
CASTELLUM	LUNDBERGS FASTIGHETER
COREM PROPERTY GROUP	MALMÖ STAD SERVICEFÖRVALTNINGEN
FABEGE	PLATZER FASTIGHETER AB
FASTIGHETS AB BALDER	SAFJÄLLET FASTIGHETER
FASTIGHETS AB STENVALVET	SKANDIA FASTIGHETER
FASTIGHETSKONTORET I STOCKHOLMS STAD	SKOLFASTIGHETER I STOCKHOLM (SISAB)
FORTIFIKATIONSVERKET	SPECIALFASTIGHETER
GRANITOR	STATENS FASTIGHETSVERK
GÖTEBORGS STAD –	SWEDAVIA
STADSFASTIGHETSFÖRVALTNINGEN	VASAKRONAN
HUDDINGE SAMHÄLLSFÄSTIGHETER	VÄSTRA GÖTALANDSREGIONEN
HUFVUDSTADEN	WIHLBORGS

TILL GRUPPEN ÄR ÄVEN KNUTNA

ENERGIMYNDIGHETEN
BYGGHERRARNA
FASTIGHETSÄGARNAS SVERIGE
SVERIGES KOMMUNER OCH REGIONER (SKR)
CIT RENERGY

CIT Renergy är ett konsultföretag med kompetens inom områdena byggd miljö, samhälle, industri samt inomhusmiljö med fokus på energi- och resurseffektivitet. De har fått i uppdrag av Energimyndigheten (via ramavtal) att leverera förstudier och utredningar inom verksamhetsområdet lokalfastigheter. Förstudierna och utredningarna genomförs internt eller av extern part och undersöker vilka områden inom energieffektiva lokaler som är intressanta att utveckla och vilka fördjupade utredningar och analyser som kan behövas.

Alla frågor kopplat till denna rapport hänvisas till CIT Renergy AB:
citrenergy@chalmersindustri teknisk.se. Alla förstudierrapporter görs tillgängliga via belok.se.



SAMMANFATTNING

Användning av värmepumpar och kylmaskiner för lokalfastighetssektorn befinner sig i ett skede av omställning som skapats av skärpta regelverk. Den reviderade F-gasförordningen innebär att majoriteten av dagens HFC-baserade aggregat inte längre kommer att kunna säljas om några år. Samtidigt inför REACH-förordningen även miljölagstiftning som sannolikt kommer att begränsa eller helt stoppa syntetiska köldmedier som klassas som PFAS.

Både regelverk och teknikutveckling gör naturliga köldmedier till reella alternativ i allt fler applikationer. Mot denna bakgrund framstår propan och koldioxid som de mest framtidssäkra alternativen för lokalfastighetsägare, som behöver säkerställa lång livslängd samt tillgång till service, reservdelar och påfyllnad.

I denna förstudie har kunskap gällande energiprestanda och driftaspekter i värmepumpar och kylmaskiner som använder naturliga köldmedier, för olika applikationer i lokalfastigheter, samlats in. Förstudien visar att både propan och koldioxid kan användas för uppvärmning och komfortkyla i lokalfastigheter, fast de passar olika typer av system och driftförhållanden. Propan utmärker sig genom enkelt handhavande, goda termodynamiska egenskaper och hög energieffektivitet i mindre och medelstora applikationer. Koldioxid kräver mer avancerade systemlösningar och expertis, och lämpar sig väl för stora effekter, höga temperaturer och integrerade system där det finns behov av värme och kyla samtidigt.

Energieffektivitet påverkas minst lika mycket av systemutformning och styrning som av själva valet av köldmedium. Från ett teoretiskt perspektiv kan propans energieffektivitet vara på samma nivå eller högre än de flesta HFC-köldmedier. Energieffektiviteten av koldioxid i andra typer av applikationer såsom livsmedelskyla har ökat under de senaste åren med hjälp av tekniskt avancerade lösningar fast det saknas dokumenterade erfarenheter kring energieffektivitet i just lokalfastighetsapplikationer.

Energieffektiviseringsvinsterna som rapporterats vid installation av propan- och koldioxidbaserade lösningar kan förklaras av bl.a., modern styrning som minskar antal start/stopp, bättre utnyttjande av värmeåtervinning, integration med geoenergi, fjärrvärme och/eller fjärrkyla men även att tidigare aggregat varit överdimensionerade.

De intervjuade aktörerna bekräftar att branschen behöver ett omfattande kompetenslyft när det gäller utformning, hantering och drift av system med naturliga köldmedier för lokalfastigheter. Lokalfastighetsägare behöver i sin tur höja sin beställarkompetens för att kunna ställa relevanta krav på funktion, systemintegration, energieffektivitet och uppföljning.

Det efterfrågas långsiktiga uppföljningar av verkliga installationer samt utveckling av systemlösningar speciellt anpassade för uppvärmning och komfortkyla i lokalfastigheter. Ett centralt framsteg vore att genomföra en innovationsupphandling för att skynda på denna utveckling, skapa incitament för leverantörsleden och ta fram en gemensam kravspecifikation som beställare kan använda sig av.



INNEHÅLL

Sammanfattning	4
Definitioner	7
1. Inledning	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	9
1.3 Genomförande	9
2. Översyn köldmedietyper, egenskaper och applikationer	10
2.1 HFC	11
2.2 HFO.....	11
2.3 Naturliga köldmedier	11
2.3.1 Kolväten	12
2.3.2 Koldioxid.....	12
2.3.3 Ammoniak	12
3. Lagstiftning gällande köldmedier	13
3.1 F-gas förordningen.....	13
3.2 REACH (PFAs)	15
4. Branschperspektiv på marknaden för naturliga köldmedier	17
5. Värme och kyla i lokalfastigheter med naturliga köldmedier	20
5.1 Förutsättningar i lokalfastigheter.....	20
5.2 Val av köldmedium.....	20
5.3 Systemutformning	22
5.4 Säkerhet.....	24
5.5 Kostnad	26
5.6 Drift- och underhållsaspekter	27
6. Energieffektivitet och potential för energieffektivisering	28
7. Utvecklingsbehov	31
7.1 Pågående forskning	31
7.2 Förslag på utvecklingsinsatser	31



8. Slutsatser	33
Referenser	35
Bilaga 1: Exempel på lokalfastigheter där aggregat med naturliga köldmedium installerats	36



DEFINITIONER

- **COP** (coefficient of performance): också kallad värmefaktor/köldfaktor beroende på applikation. Det är ett mått på energieffektivitet i en värmepump eller kylmaskin som beräknas som förhållandet mellan den nyttiga värme- eller kyleffekt som aggregatet levererar och den tillförda drivenergin till kompressorn i form av el.
- **F-gas** (fluorerade växthusgaser): syntetiska kemikalier där de flesta har stor eller mycket stor klimatpåverkan.
- **GWP**-värde (Global Warming Potential): anger hur stor växthuseffekt en mängd av ett kg av köldmediet har i jämförelse med en mängd av ett kg koldioxid (CO₂). Det är ett mått på klimatpåverkan.
- **HFC** (hydrofluorkarboner): syntetiska köldmedier oftast med hög klimatpåverkan
- **HFO** (hydrofluorolefiner): relativ ny generation köldmedier oftast med låg klimatpåverkan
- **Hysteres**: säkerhetsmarginal inbyggd i värmepumpar och kylmaskiner som förhindrar maskinen att reagera för snabbt på hastiga förändringar av exempelvis värmebehov. Systemet förhindrar att maskiner bl.a. startar och stoppar ofta, ger jämnare drift och gör att systemet får tid att jobba på ett stabilt sätt
- **Kritisk punkt**: för ett ämne är den temperatur och det tryck över vilket vätske- och ångfasen inte längre kan skiljas åt. Subkritisk och transkritisk drift avser att aggregatet arbetar över respektive under den kritiska punkten, vilket påverkar dess energieffektivitet.
- **PFAS** (per- och polyfluorerade alkylsubstanser): stor grupp syntetiska kemikalier som kännetecknas av starka kol-fluorbindningar, vilket gör dem extremt stabila och persistenta (nästan ingen nedbrytning i naturen). Enligt OECDs definition klassas ett ämne som PFAS om det ”innehåller minst en fullständigt fluorerad metyl- (CF₃-) eller metylen- (-CF₂-) kolatom (utan någon H/Cl/Br/I bunden till den”.
- **REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals): EU:s grundläggande kemikalielagstiftning
- **TFA** (trifluorättiksyra): kemikalier som bildas när HFC:er och HFO:er bryts ned. TFA är i sig en PFAS med lång livslängd, vilket innebär att även kortlivade köldmedier kan lämna kvar beständiga rester som samlas i naturen.
- **Vätskekylaggregat** (”chillers”): definieras i F-gasförordningen som ”ett enda system vars främsta funktion är att kyla en värmeöverföringsvätska (t.ex. vatten, glykol, saltlösning eller koldioxid) för kylning, processer, bibehållande eller komfort”.
Förkortning : VKA.



1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Energieffektivitet i värmepumpar och kylmaskiner påverkas stort av köldmediet som dessa maskiner använder. Tekniska lösningar med naturliga köldmedier (såsom koldioxid och propan) har utvecklats under de senaste åren och implementerats mer och mer på sistone i samband med införandet av F-gasförordningen¹, som påverkar användandet av fluorerade köldmedier (s.k. HFCs).

Den nya F-gasförordningen, som trädde i kraft mars 2024, innebär i praktiken utfasning eller begränsning i användandet av många fluorerade köldmedier (både i försäljning av nya och påfyllning av befintliga maskiner), krav på läckagevarningssystem och periodiska läckagekontroller, mm. Läckage av fluorerade köldmedier kan stå för en stor del av fastighetsföretagens klimatpåverkan, därför har även denna aspekt stor vikt.

Utöver det kan nya syntetiska köldmedier (s.k. HFO:s) som har låg klimatpåverkan men innehåller PFAS-kemikalier, påverkas av den nya REACH-förordningen² som diskuteras på EU-nivån.

Det finns dock en kunskapsbrist gällande energieffektivitet hos naturliga köldmedier jämfört med traditionella (fluorerade) samt vilka lösningar och köldmedier som är optimala för olika värmepump- och kylmaskinsapplikationer. Fastighetsägare inom Belok står idag inför en beslutsväg där de behöver renovera värmepumpar och kylmaskiner p.g.a. att dessa har nått sin tekniska livslängd och/eller använder köldmedier som fasas ut p.g.a. den nya F-gasförordningen. Lokalfastighetsägare har uttryckt behovet av en ökad kunskap för att kunna välja tekniska lösningar med köldmedier som uppfyller regelverket, är energieffektiva och driftsäkra.

Intresset från Beloks medlemmar inom köldmediefrågan visades under seminariet om F-gasförordningen som Belok och Bebo arrangerade i mars 2024, men även under nätverkets träff i november 2024. Under dessa uttryckte nätverkets medlemmar behov av insatser för att dels höja kunskapen kring vilka lösningar med naturliga köldmedier som är mest energieffektiva, ta fram kravspecifikationer för systemlösningar med naturliga köldmedier, som även tar hänsyn till brandsäkerhet (exempelvis vid användning av propan) och förtydliga befintligt och kommande regelverk inom användning av köldmedier.

¹ [Förordning \(EU\) 2024/573](#) av den 7 februari 2024 om fluorerade växthusgaser

² [Kemikalieinspektionen, REACH-förordningen](#)



1.2 Syfte

Syftet med denna förstudie är att samla in kunskap gällande energiprestanda och driftaspekter i värmepumpar och kylmaskiner som använder naturliga köldmedier, för olika applikationer i lokalfastigheter.

Det övergripande syftet är att underlätta för lokalfastighetsägare att kravställa vid inköp av värmepumpar och kylmaskiner, så att dessa använder så lite energi som möjligt, med hänsyn till befintligt och kommande regelverk, miljöpåverkan samt säkerhet- och driftaspekter.

1.3 Genomförande

Genomförandet av förstudien har bestått av följande moment:

- Litteraturstudie kring naturliga köldmedier, inklusive
 - Egenskaper av olika köldmedier
 - Befintlig och kommande lagstiftningen gällande köldmedier samt dess konsekvenser för lokalfastighetsägare.
 - Energieffektivitet av olika köldmedier och olika systemlösningar
 - Pågående forskning och utveckling inom användning av naturliga köldmedier.
 - Exempel på användning av naturliga köldmedier i lokalfastigheter.
- Intervjustudie och kontakt med fastighetsägare inom Belok (Wihlborgs Fastigheter, Vasakronan, Hufvudstaden) som har installerat värmepumpar och kylmaskiner med naturliga köldmedier för att samla deras erfarenheter och synpunkter.
Frågeställningar som har diskuterats är bl.a.:
 - Erfarenheter från konvertering till naturliga köldmedier: energieffektivitet, värmeåtervinningspotential, drift och underhåll, exempel. I Bilaga 1 presenteras exempel på lokalfastigheter som respondenterna antingen känner till eller själva äger, där aggregat med naturliga köldmedium används.
 - Kravställning vid inköp av systemlösningar med naturliga köldmedier i nya och befintliga lokalfastigheter.
 - Utbud av kvalificerade leverantörer av produkter och tjänster (värmepumpar och kylmaskiner med naturliga köldmedier).
 - Utvecklingsbehov: maskiner och applikationer som behöver utvecklas.
- Intervjustudie med andra intressenter inklusive leverantörer av värmepumpar och kylmaskiner och tjänster till dessa (Enrad, Climacheck), branschorganisationen SKVP, akademi och experter (KTH, RISE) samt myndigheten Kemikalieinspektionen. Frågeställningar som har diskuterats är bl.a.:
 - Marknadssituation: utbud av /efterfråga på produkter och tjänster
 - Fördelar och nackdelar av naturliga köldmedier vs traditionella HFC
 - Energieffektivitet av olika systemlösningar och köldmedier
- Aspekter att beakta vid drift och underhåll med naturliga köldmedier



2. ÖVERSYN KÖLDMEDIETYP, EGENSKAPER OCH APPLIKATIONER

Detta kapitel ger en översikt över köldmedier som brukar användas i värmepumpar och kylmaskiner i applikationer i lokalfastigheter, grupperade efter familj, med deras viktigaste egenskaper. Köldmedierna som används nuförtiden brukar klassas i tre olika grupper:

- HFC: syntetiska köldmedier som används vanligtvis och som har hög klimatpåverkan när dessa läcker (hög GWP -Global Warming Potential).
- HFO: syntetiska köldmedier med låg klimatpåverkan men som kan ha stor miljöpåverkan p.g.a. att dessa är svåra att brytas ned.
- Naturliga köldmedier: olika typer av kolväten (tex. propan), koldioxid och ammoniak. Mycket låg klimat och miljöpåverkan.

För varje köldmediegrupp visas några exempel på köldmedier med respektive, egenskaper, fördelar och nackdelar, användningsområden samt andra relevanta aspekter. I tabell 1 visas en sammanfattning av några vanliga köldmedier:

Tabell 1: Exempel på köldmedier

	Köldmedium	Formula	NBP ^a (°C)	GWP	Säkerhetsklass ^b	PFAS ^c
HFC	R134a	CH ₂ F-CF ₃	-26,1	1430	A1	Ja
	R410A	Blandning	-48,5	2088	A1	Ja
	R32	CH ₂ F ₂	-51,7	675	A2L	Nej
HFO	R1234ze	CF ₃ CH=CHF	-18,9	≈1	A2L	Ja
	R1234yf	CH ₂ =CF ₂ CF ₃	-29,5	<1	A2L	Ja
Naturliga	R290 (propan)	C ₃ H ₈	-42,1	≈0	A3	Nej
	R744 (koldioxid)	CO ₂	-78,4	1	A1	Nej
	R717 (ammoniak)	NH ₃	-33,0	0	B2L	Nej

- NBP (Normal Boiling Point): Kokpunkt vid atmosfärstryck. Låg NBP brukar innebära höga tryck i systemet och tvärtom.
- Toxicitet: klass A: låg, klass B: hög. Brandfarlighet: klass 1: icke brandfarliga, klass 2L: låg brännbarhet, klass 2: högre brännbarhet, klass 3: mycket brandfarliga.
- Enligt OECDs definition klassas ett ämne som PFAS om det ”innehåller minst en fullständigt fluorerad metyl- (CF₃-) eller metylen- (-CF₂-) kolatom (utan någon H/Cl/Br/I bunden till den”.



2.1 HFC

Hydrofluorkarboner är syntetiska köldmedier som oftast har hög klimatpåverkan (GWP). De är väletablerade och används i många kyl- och luftbehandlingssystem, men regleras starkt av EU:s F-gasförordning (se avsnitt 3.1) som innebär att dess användning kommer att fasas ut succesivt. Vissa klassas även som PFAS vilket innebär miljöpåverkan. Bland de mest använda idag finns följande:

- R134a: vanligt förekommande i äldre aggregat, framför allt luft-luft. Hög GWP, PFAS.
- R410A: vanligt förekommande, särskilt i luft-vatten och vätska-vatten aggregat, fast användningen har minskat de senaste åren. Hög GWP, PFAS.
- R32: användning har ökat de senaste åren, särskilt luft-luft och luft-vatten aggregat. Medel GWP (675), ej PFAS.

En av de intervjuade experterna lyfte fram R152a. Den används inte kommersiellt idag fast skulle kunna ha potential p.g.a. dess relativt låg GWP (124) och att den inte klassas som PFAS.

2.2 HFO

Hydrofluorolefiner är en relativ ny generation köldmedier med mycket låg GWP. De används som rena medier eller i blandningar med HFC för att minska dess klimatpåverkan. Nackdelen med HFO är att dessa klassas som PFAS, ett ämne som är svårnedbrytbart i naturen och som har stor klimatpåverkan och effekter för människors hälsa. Några exempel på HFO-köldmedier är:

- R1234ze: har termofysikaliska egenskaper som liknar R134a fast det är mildt brandfarligt och har mycket låg klimatpåverkan. Används i stationära applikationer.
- R1234yf: en variant av R1234 optimerat för mindre aggregat som används i mobila applikationer (AC i fordon). Mildt brandfarligt och mycket låg klimatpåverkan.

Exempel på blandningar av HFO och HFC är R448A, R449A, R450A och R513A.

Enligt en intervjuad expert som har genomfört forskning med HFOer är dessa molekyler instabila (har dubbelbindning) och kan bilda polymerer (i form av skum tex). Om detta händer i kylaggregatet/värmepumpen finns det risk för kompressorhaverier.

2.3 Naturliga köldmedier

I denna grupp ingår olika kolväten, koldioxid och ammoniak, som finns i naturen. Alla dessa har mycket låg klimat- och miljöpåverkan men samtidigt har specifika nackdelar.



2.3.1 Kolväten

Under gruppen kolväten finns det en rad köldmedier såsom propan (R290), isobutan (R600) och propylen (R1270). Dessa är beprövade och har använts brett i kylindustrin. Den största nackdelen är att de är brandfarliga och därför kräver säkerhetsåtgärder som fördyrar installationen.

Kolväten har bra termodynamiska egenskaper vilket innebär att kylmaskiner och värmepumpar, med rätt utformning och drift, kan ha hög energieffektivitet. Dessutom har bra kompatibilitet med systemets komponenter och kompressoroljor och, pga. dess densitet, kräver mindre fyllnadsmängder (jämförd med de flesta syntetiska köldmedier) för att fungera.

Bland alla kolväten är propan det köldmedium som har tagit större plats i kylmaskiner och värmepumpar för kommersiella applikationer. Propan har låg klimatpåverkan (nära noll) och behöver endast ca 1/3 del av fyllnadsmängden som man hade haft med ett syntetiskt köldmedium.

2.3.2 Koldioxid

Koldioxid (R744) är ogiftigt, icke-brännbart, lätt tillgänglig och har mycket låg miljöpåverkan (GWP=1). Den kritiska punkten (när vätska och gas går inte att särskilja) är relativt låg (31 °C) vilket innebär att systemet går i transkritisk drift när temperaturen i mediet som används för kylning (utomhusluft tex) ligger nära eller över den punkten. Transkritisk drift innebär att kompressorn måste arbeta med högre tryck och att systemets energieffektivitet (COP) försämras.

Koldioxid arbetar vid höga tryck (vid 20 °C redan 60 bar) vilket ställer höga krav på komponenter. Utöver det brukar kylsystem med koldioxid kräva komplexa och avancerade tekniska lösningar för att uppnå hög energiprestanda.

Koldioxid har valts sedan mer än 10 år sedan som standardlösning i de flesta nya centralkylsystem i livsmedelsbutiker i Sverige.

2.3.3 Ammoniak

Ammoniak (R717) är ett beprövat köldmedium som har använts i kylteknik i många år. Det är mycket energieffektivt tack vare sina goda termodynamiska egenskaper och används främst i industriella, storskaliga kyl- och frysanläggningar. Ammoniak har ett GWP på 0 men det är frätande, giftigt och lättantändligt vid höga koncentrationer, vilket kräver omfattande riskbedömning, strikta säkerhetsåtgärder och begränsar användningen inom bebyggda miljöer. Ammoniak användas även i kombination med koldioxid i s.k. kaskadsystem för att uppnå låga temperaturer i frysapplikationer.



3. LAGSTIFTNING GÄLLANDE KÖLDMEDIER

Den mest relevanta lagstiftningen som har och göra med köldmedier kommer från F-gasförordningen, som reglerar användning av fluorerade växthusgaser, och REACH-förordningen, som reglerar användning av vissa kemikalier, som till exempel PFAS. Det finns en viss överlapp mellan F-gasförordningen och REACH, vilket innebär att en del köldmedier berörs av båda.

Fastighetsägare har varierande kunskapsnivå om nya F-gasförordningen. Vissa är väl insatta, andra upplever betydande oklarheter kring klassning av aggregat (t.ex. vätskekylda) och praktiska krav som läckagesökning.

PFAS/REACH skapar den största osäkerheten. Flera intervjupersoner bedömer att HFO inte är ett framtidssäkert alternativ p.g.a. PFAS-klassning men även kemisk instabilitet.

3.1 F-gas förordningen

Den senaste revideringen av F-gasförordningen EU 2024/573 trädde i kraft den 11 mars 2024 och syftar till att minska utsläppen av fluorerade växthusgaser (F-gaser), som har hög klimatpåverkan. Den ersätter tidigare förordning EU 517/2014 och innebär skärpta krav för kommersiella applikationer, inklusive värmepumpar och kylmaskiner i lokalfastigheter. Förordningen ställer övergripande krav för att ge utsläppsminskningar. Det primära syftet med den är att på ett kostnadseffektivt sätt bidra till att nå EU:s mål avseende utsläpp av växthusgaser.

Det finns särskilda krav och begränsningar på de företag och personer som äger och/eller hanterar stationära kyl-, luftkonditionerings- och värmepumpsutrustningar³. Dessa gäller installation av nya aggregat, påfyllning av befintliga aggregat och/eller krav på läckagesökning. Kraven träder i kraft progressivt fram till 2032 grupperas utifrån produktkategori (kylutrustning, värmepump och luftkonditionering, vätskekyllaggregat⁴,...) och storlek (nominell effekt). Produktkategorier definieras i detalj i förordningen.

Det finns inga stoppdatum som innebär användningsförbud när det gäller befintliga utrustningar med F-gaser men påfyllningsförbud eller brist på köldmedium kan leda till att utrustningen måste konverteras eller skrotas.

³ [Naturvårdsverket](#)

⁴ Vätskekyllaggregat ("chillers") definieras i F-gasförordningen som "ett enda system vars främsta funktion är att kyla en värmeöverföringsvätska (t.ex. vatten, glykol, saltlösning eller koldioxid) för kylning, processer, bibehållande eller komfort".



De mest relevanta krav och milstolpar för användning av F-gaser i värmepumpar och kylmaskiner för lokalfastigheter är⁵:

Placering på marknaden

Placering på marknaden begränsas stegvis mellan 2027–2032 med GWP-gränser (≥ 750 och ≥ 150) beroende på produktkategori:

- *Vätskekylaggregat (VKA)* med nominell effekt större än 12 kW och köldmedium med $\text{GWP} \geq 750$ får inte säljas från 2027.
- *Värmepumpar och luftkonditionering (utom VKA)*:
 - Monoblock (enhetsaggregat):
 - Nominell effekt mellan 12-50 kW och köldmedium med $\text{GWP} \geq 150$ får inte säljas från 2027.
 - Nominell effekt större än 50 kW och köldmedium med $\text{GWP} \geq 750$ får inte säljas från 2027, och med $\text{GWP} \geq 150$ får inte säljas från 2030.
 - Splittrar (delade enheter):
 - Nominell effekt större än 12 kW och köldmedium med $\text{GWP} \geq 750$ får inte säljas från 2029 och $\text{GWP} \geq 150$ får inte säljas från 2033.
- *Kylutrustning (utom VKA)*: centraliserade och fristående system som använder köldmedium med $\text{GWP} \geq 150$ får inte säljas från 2030.

Med andra ord, efter 2032 kommer inte kunna säljas i EU värmepumpar eller kylmaskiner som använder köldmedium med $\text{GWP} \geq 150$, med undantag av vätskekylaggregat (då är det GWP-gränsen 750, och gäller från 2027). Detta innebär att de allra flesta HFC inte kommer att kunna användas i nya aggregat. Ett exempel på produkt med HFC-köldmedium som kan fortsätta kommersiellt användas efter 2032 är vätskekylaggregat med R32, (GWP 675), fast inte andra typer av produkt/aggregat med samma köldmedium (då är gränsen GWP 150).

Påfyllningsförbud

Olika stoppdatum finns för ny tillverkat respektive regenererat eller återanvänt köldmedium. Det finns två gränser för högsta tillåtna GWP-värde, 2500 respektive 750.

- *Värmepumpar och luftkonditionering, samt vätskekylaggregat*:
 - Påfyllning med köldmedium med $\text{GWP} \geq 2500$ förbjuds 2032 (fram tills dess får endast regenererat/återvunnet köldmedium användas).
- *Kylutrustning (utom VKA)*:
 - Påfyllning med köldmedium med $\text{GWP} \geq 2500$ förbjuds 2030 (fram tills dess får endast regenererat/återvunnet köldmedium användas).
 - Påfyllning med köldmedium med $\text{GWP} \geq 750$ förbjuds 2032.

⁵ [Förordning \(EU\) 2024/573 Bilaga IV](#)



Med andra ord, efter 2032 är det förbjudet att fylla på med köldmedium med GWP över 2500 (värmepumpar och luftkonditionering samt vätskekylaggregat) respektive 750 (kylutrustning, vätskekylaggregat undantagna, då gäller 2500-gräns).

Läckagesökning

F-gasförordningen ställer även krav på läckagesökning vilket innebär att aggregat som innehåller F-gaser (både HFC- och HFO-köldmedier) måste kontrolleras regelbundet för läckage. Frekvensen av kontrollerna beror på fyllnadsmängd (mängd CO₂-ekvivalent).

Certifiering

Den finns en kompletterande förordning till F-gasförordningen (EU/2024/2215⁶) som innebär att personer och företag som installerar, servar eller demonterar utrustning med fluorerade växthusgaser (F-gaser) måste ha personcertifikat respektive företagscertifikat. Befintliga certifikat kommer på sikt att ersättas av nya certifikat för respektive köldmedietyper man hanterar, inklusive HFO och naturliga köldmedier som kolväten (HC), koldioxid (CO₂) och ammoniak (NH₃). Det är oklart när de nya certifikaten kan börja gälla då det än så länge pågår ett arbete med utveckling av utbildning och examinationsformer. Tills att de nya certifikaten finns tillgängliga och de nya kraven på certifikat kan tillämpas gäller de regler som finns i tidigare F-gasförordning enligt EU/517/2014⁷, under en övergångsperiod men som på sikt kommer att ersättas av nya certifikat.^{8,9}

3.2 REACH (PFAS)

Utöver klimatpåverkan kan en stor del av befintliga syntetiska köldmedier ha stor miljöpåverkan på grund av dessa klassas som PFAS.

PFAS (per- och polyfluorerade alkylsubstanser) är en stor grupp syntetiska kemikalier det finns mer än 10 000 som kännetecknas av starka kol-fluorbindningar, vilket gör dem extremt stabila och persistenta (nästan ingen nedbrytning i naturen), kallas därför ofta "evighetskemikalier" eftersom de stannar kvar i miljön under mycket lång tid. Dessa kan också samlas i människokroppen över tid. PFAS används i många produkter såsom brandskum, textilimpregnering, non-stick-beläggningar och köldmedier, som själva står för mer än 60% av PFAS emissionerna. De flesta PFAS-ämnen transporteras dessutom lätt i miljön och rör sig långa sträckor från källan för frisättning.

Ett relaterat problem är trifluorättiksyra (TFA), som bildas när HFC:er och HFO:er bryts ned. TFA är i sig en PFAS med lång livslängd, vilket innebär att även kortlivade köldmedier kan lämna kvar beständiga rester som samlas i naturen.

⁶ [Kommissionens genomförandeförordning \(EU\) 2024/2215.](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517)

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517>

⁸ <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/kemikalier/fluorerade-vaxthusgaser/overgangsperiod-infor-att-svenska-forordningar-om-f-gas-uppdateras/>

⁹ <https://alltomfgas.se/alltomfgas/lagstiftning-o-annan-information/certifiering>



Enligt OECDs definitionen av PFAS ("Alla ämnen som innehåller minst en fullständigt fluorerad metyl- (CF3-) eller metylen- (-CF2-) kolatom (utan någon H/Cl/Br/I bunden till den") och som följs av den europeiska ECHA (European Chemicals Agency), klassas många av de syntetiska köldmedierna (HFCs, HFOs och blandningar av dessa) som PFAS. Exempel på syntetiska köldmedier som inte klassas som PFAS är R32 och R152a.

REACH-förordningen ("Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals") är EU:s grundläggande kemikalielagstiftning. Den befintliga förordningen håller på att ses över och en ny version kommer att publiceras under de kommande åren. Under 2026 förväntas ett förslag från ECHA-kommitté (European Chemicals Agency) diskuteras inom EU-kommissionen. Efter det ska medlemsstaterna ta beslut (i bästa fall 2027) och det blir en implementeringsfas på 18 månader.

I den nya versionen förväntas ett antal köldmedier för vissa applikationer förbjudas fast det kommer även att finnas undantag med olika tidsgränser. I förslag som i skrivande stund finns på bordet¹⁰ (se figur 1), förbjuds att sätta på marknaden nya aggregat som använder köldmedier som klassas som PFAS, fast påfyllning av befintliga aggregat undantas. Undantaget är tänkt utan tidsgräns, (för aggregat som säljs före/efter 18 månader efter förbudet träder i kraft).

Sector/topic	Paragraph in Draft entry text ¹³		Remark	Proposed transition period
	Background Document (2025)	Annex XV report (2023)		
Applications of fluorinated gases	5.n - Refrigerants, clean fire-suppressing agents and insulation gases for maintenance and refilling of existing HVACR, fire-suppressing and switchgear equipment put on the market before 18 months (or placed on the market after 18 months after EIF based on an applicable derogation)	5.i - Maintenance and refilling of existing HVACR equipment put on the market before [18 months after EIF] and for which no drop-in alternative exist.	Scope expanded to include fire-suppressing and switchgear equipment placed on the market before 18 months after EIF or after 18 months after EIF based on applicable derogations.	Indefinite

Figur 1: extrakt från förslaget om förbud av köldmedier som klassas som PFAS till nya REACH-förordning

Även om påfyllning av aggregat som använder PFAS-köldmedier undantas är den stora frågan om dessa köldmedier kommer att tillverkas/finnas tillgängliga över huvud taget, med tanke på att nya aggregat som säljs i framtiden inte får använda sådana köldmedier.

¹⁰ [What you need to know about the updated PFAS restriction dossier](#). Kemi – Swedish Chemicals Agency m.fl., 2025. Annex 2, sida 28



4. BRANSCHPERSPEKTIV PÅ MARKNADEN FÖR NATURLIGA KÖLDMEDIER

I detta avsnitt presenteras en sammanställning från de intervjuer som genomförts för att kartlägga branshperspektivet på marknaden, kopplat till utbud samt efterfrågan på produkter och tjänster med naturliga köldmedium.

Under de kommande åren står fastighetsägare inför behovet av att byta ut befintliga aggregat för olika värmepump- och kylmaskinsapplikationer. Kunskap och erfarenhet kring användning av naturliga köldmedier är fortfarande under utveckling hos många lokalfastighetsägare, men intresset och medvetenheten ökar successivt.

Som nämnts tidigare finns det i F- gasförordningen inga datum som innebär användningsförbud när det gäller befintlig utrustning med F-gaser. Däremot kan påfyllningsförbud eller brist på köldmedium leda till att utrustningen behöver skrotas om det inte finns möjlighet för konvertering till andra köldmedier med låg klimatpåverkan. Utöver F-gasförordningen skapar REACH förordningen den största osäkerheten kring lämpliga framtida köldmediumalternativ då syntetiska köldmedier som har låg klimatpåverkan men innehåller PFAS-kemikalier sannolikt kommer att påverkas. Dessutom finns osäkerheter kring tillgång på syntetiska köldmedier som medför risk för framtida brist eller kraftigt ökade kostnader för dessa.

Genom intervjustudien framkom att före skärpningen av kraven i F-gasförordningen i början av 2024, försökte leverantörer av värmepumpar och kylmaskiner möta marknadens behov genom konverteringar till syntetiska köldmedier med låg klimatpåverkan. På senare tid har situationen förändrats och det återstår få år kvar för att anpassa produktutbudet till de nya kraven i F-gasförordningen. Leverantörerna positionerar sig nu genom att förespråka naturliga köldmedier som propan, koldioxid samt syntetiska köldmedier med låg klimatpåverkan. Det finns en bred medvetenhet om att syntetiska köldmedier successivt kommer att fasas ut för de flesta typer av system. Samtidigt råder delade uppfattningar om hur brådskande det är att ersätta befintliga system med naturliga köldmedier.

Leverantörerna är i dagsläget uppdelade i grupper som driver de system de själva arbetar med. För kommersiella byggnader är de naturliga köldmedier som främst används propan, koldioxid och ammoniak. Utbudet av kompetens och produkter ökar kontinuerligt men upplevs fortfarande som begränsat inom vissa tillämpningar. Flera fastighetsägare framhåller behovet av ytterligare kompetensutveckling och fler leverantörer, särskilt för stora anläggningar och lösningar med koldioxid som köldmedium. Den största utmaningen som ses just nu är behovet av kompetensutveckling och behovet av att utbilda fler tekniker med kunskap om naturliga köldmedier. Samtidigt lyfts under intervjuer att den nya F-gasförordningen innebär att nya certifieringskrav införs för arbete med dessa köldmedier, vilket tidigare inte har varit nödvändigt. Som tidigare nämnts, trädde en ny genomförandeförordning för certifiering, EU/2024/2215¹¹, i kraft den 29 september 2024.

¹¹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202402215



Denna innebär att det krävs både företags- och personligt certifikat för att få hantera fler ämnen än tidigare och inkluderar även HFO och naturliga köldmedier. Det är oklart när de nya certifikaten kan börja gälla då det än så länge pågår ett arbete med utveckling av utbildning och examinationsformer. Tills att de nya certifikaten finns tillgängliga och de nya kraven på certifikat kan tillämpas gäller de regler som finns i tidigare F-gasförordning enligt EU/517/2014¹², under en övergångsperiod men som på sikt kommer att ersättas av nya certifikat.^{13,14} SKVP har i samarbete med Real Alternatives tagit fram en utbildningsplattform¹⁵ kopplat till att öka kunskap kring alternativa köldmedium inriktad på det som kommer krävas för den nya certifieringen. Utbildningen är i dagsläget kostnadsfri och hittas på realalternatives.eu/E-learning¹⁶. Behovet av kunskapsutveckling skulle kunna mötas av denna typ av utbildning och vara ett komplement till de nya certifieringskraven när de väl kommer på plats.

Nedan presenteras en sammanställning av de leverantörer av värmepumpar och kylmaskiner med naturliga köldmedier som identifierats via intervjuer och som levererar lösningar för lokalfastigheter. Det bör noteras att sammanställningen endast omfattar leverantörer som framkommit i intervjuer och ska inte betraktas som en komplett lista. Projektgruppen har kontaktat samtliga med förfrågan till intervju för att fånga upp insikter av marknadssituationen från olika intressenter och förutsättningar.

Tabell 2: exempel på svenska leverantörer av värmepumpar och kylmaskiner med naturliga köldmedier

Leverantör/ Återförsäljare	Köldmedium	Kommentar
Enrad https://enrad.se/	propan	Tillverkare av kylaggregat och värmepumpar. Erbjuder lösningar relaterade till olika kyl- och värmelösningar (butikskyla, komfortkyla, processkyla och värmepumpslösningar). Bolaget har sitt huvudkontor och tillverkning i Borås.
SCM REF https://www.scmref.se/	propan	Tillverkare av kylsystem, värmepumpar och värmeåtervinningsutrustning. Erbjuder lösningar relaterade till industri, livsmedel, fastighet och komfort. Bolaget har sitt huvudkontor och tillverkning i Vislanda. Har inte haft möjlighet att avsätta tid för en intervju.
Labkyl https://www.labkyl.se	koldioxid	Systemleverantör och återförsäljare med verksamhetsområden kyla, värme, energi och service. Erbjuder värmepumpslösningar med koldioxidteknik. Bolaget har sitt huvudkontor i Stockholm men har ingen egentillverkning. Har inte haft möjlighet att avsätta tid för en intervju.

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517>

¹³ <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/kemikalier/fluorerade-vaxthusgaser/overgangsperiod-infor-att-svenska-forordningar-om-f-gas-uppdateras/>

¹⁴ <https://alltomfgas.se/alltomfgas/lagstiftning-o-annan-information/certifiering>

¹⁵ <https://skvp.se/webshop/prov-kurser-o-tester/real-alternatives---e-learning-gratis>

¹⁶ För att komma till utbildningen krävs registrering på hemsidan. Därefter gå in på Real Alternatives Europe – Swedish - realalternatives.eu/E-learning. Eller via SKVPs webbutik (länk ovan – Referens 12)



Intervjuerna som genomförts i denna förstudie med de skilda aktörerna har belyst olika perspektiv på marknadssituationen för de köldmedier som idag är vanligast förekommande i lokalfastigheter. Nedan presenteras en sammanställning av de främsta insikterna.

Ammoniak har länge varit etablerat som köldmedium för bl.a. industriapplikationer, ishallar och kyl- och fryslager, men flera intervjuade framhåller att kompetensen kring hantering av köldmediet är begränsad och att antalet leverantörer som erbjuder aggregat med ammoniak lämpade för lokalfastigheter är få. Men framför allt framförs att ammoniak kräver särskilda skyddsåtgärder pga. att det är en brandfarlig gas samt ett frätande och giftigt ämne. Detta skapar utmaningar för en bredare implementering.

Propan betraktas inte som en ny lösning. En av de intervjuade påpekar att propan användes redan under 90-talet men att problem uppstod i värmepumpar vid konvertering av köldmedium till propan. Problemen berodde på att hänsyn inte togs till oljekompatibilitet i värmepumparna vid bytet, vilket ansågs i intervjun bidragit till en idag missvisande uppfattning av att propan kan vara ett problematiskt köldmedium. Efterfrågan på propanlösningar för applikationer inom lokalfastigheter har ökat markant de senaste åren. Tidigare fanns en viss oro kring propans brandfarlighet, men idag upplever beställare en ökad trygghet tack vare förbättrade säkerhetsåtgärder. Allt fler leverantörer erbjuder nu värmepumpar och kylmaskiner med propan, som ofta används genom modulära aggregat som parallellkopplas.

När det gäller koldioxid är utbudet mer begränsat för kommersiella fastigheter. En svensk återförsäljare anses vara ledande nationellt inom tekniken. Företaget säljer i sin tur aggregat vidare till andra företag, vilket innebär att alternativleverantören blir dyrare. Det finns även leverantörer som är specialiserade på livsmedelskyla, men dessa applikationer skiljer sig väsentligt från förutsättningarna i lokalfastigheter. Koldioxid används främst när det kommer till större effektklasser och i projekt där samverkan med fjärrvärme eller fjärrkyla är aktuellt.



5. VÄRME OCH KYLA I LOKALFASTIGHETER MED NATURLIGA KÖLDMEDIER

5.1 Förutsättningar i lokalfastigheter

Man skulle kunna tänka sig att andra typer av lokaler som redan har implementerat naturliga köldmedier (eller är på väg att göra det) kan ”visa vägen” för lokalfastigheter. Exempel kan vara livsmedelsbutiker (som har sedan tidigare övergått från att använda R404A som köldmedium till koldioxid i de flesta fall) eller kylindustri (som använder ammoniak och/eller koldioxid). Dessa verksamheter har däremot andra arbetstemperaturer än de som behövs i lokaler, samt stabilare driftförhållanden. Därför går det inte att applicera direkt sådana lösningar i lokalfastigheter, utan här krävs en annan systemutformning och styrstrategi.

Lokalfastigheter är ofta komplexa med varierande värme- och/eller kylaster, värmekretsar med olika temperaturer och flöden och även behov av både värme och kyla samtidigt i olika delar av fastigheten. Till och med processkyla kan behövas (till exempel livsmedelsbutiker och restauranger, serverrum). Vädervariationer och verksamhetsförändringar spelar därför stor roll.

Det innebär att arbetstemperaturer (och flöden) för värmebärare och köldbärare varierar stort. Arbetstemperaturer i aggregat för värme och kyla i lokalfastigheter kan variera beroende på ett antal faktorer.

5.2 Val av köldmedium

I detta avsnitt kommer vi att fokusera på utformning av system med värmepumpar och kylmaskiner i applikationer för lokalfastigheter med de naturliga köldmedier som erbjuds kommersiellt idag, med fokus på propan och koldioxid. Trots att ammoniak är ett beprövat köldmedium som även anses vara energieffektivt av de flesta intervjuade har det stora begränsningar när det gäller användning i bebyggda områden där de flesta lokalfastigheter befinner sig. Ammoniak lämpa sig däremot utmärkt i industri, ishallar och kyl- o fryslager.

Valet av köldmedium beror på ett antal faktorer såsom anläggningsstorlek, placering (luftvatten, vatten-vatten, arbetstemperaturer i köldbärare och värmebärare, säkerhetsaspekter, m.fl.)

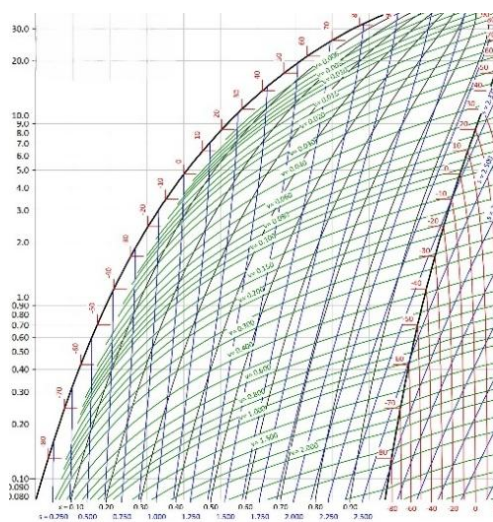
PROPAN

Propan har, som andra kolväten, mycket bra termodynamiska egenskaper och anses vara ett mycket bra och energieffektivt köldmedium enligt flera intervjuade experter, med en COP i linje med eller bättre än de flesta HFC-köldmedier som används idag. Detaljerade aspekter kring energieffektivitet visas i kapitel 6. Enligt några intervjuade experter ”påminner” propan



lite om R32 när det gäller funktion och användning för olika tillämpningar (uppvärmning och komfortkyla).

Propan är brandfarligt men det finns applikationer där aggregatet kan vara utomhus (luft-vatten aggregat) eller annars finns det ett antal säkerhetsåtgärder som kan vidtas om den placeras inomhus (vätska-vätska aggregat) vilket gör att brandrisken anses hanterbar. Propan anses lämpa sig väl för värmepumpsutförande (med värmebärartemperatur upp till ca 60 °C, men verkningsgraden blir högre vid låga framledningstemperaturer) och komfortkyla (köldbärartemperatur på -5°C /-10°C som kallast). Propan är dock inte lika bra för applikationer med mycket låga temperatur (frys).

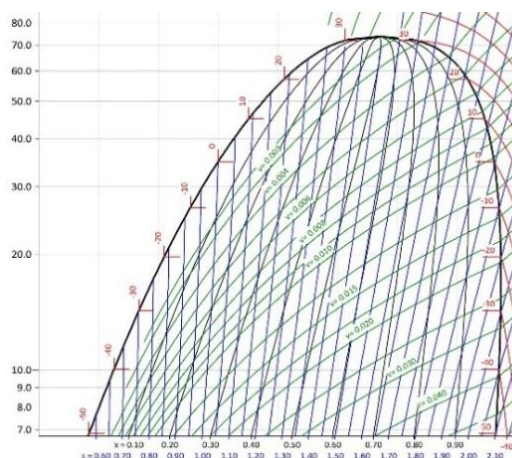


Figur 2 : Ph-diagram propan . (HVAC-ENG.com)

Indirekta system är standard för större propananläggningar. Fyllnadsmängden i aggregatet minimeras för att minska risken för läckage och brandfarlighet. Därför brukar flera mindre aggregat installeras parallellt i rack för att behålla den individuella fyllnadsmängden låg. Typiska leveransnivåer per aggregat är upp till ~130 kW (då med ca 5 kg fyllnadsmängd). Aggregat kan vara varvtalsstyrda och beroende på behovet så bestämmer ”masterskåpet” hur många som ska gå. Det är en bra lösning för redundans (skulle en maskin behöva stängas av har man ändå mycket kapacitet) men som samtidigt innebär en fördyrning och kan vara utrymmeskrävande. I fastigheter med mycket stort effektbehov (över 1 MW tex) kan det vara en utmaning att få plats och få en fungerande styrning med väldigt många mindre aggregat.

KOLDIOXID

Koldioxid arbetar vid mycket högre tryck än andra köldmedier (redan vid 30 °C blir mättnadsstryck över 70 bar, jämfört med ca 12 bar för propan) vilket ställer högre krav på komponenterna. Aggregat med koldioxid har tekniska utmaningar och kräver komplexa lösningar (tex ”booster” konfiguration) med flera komponenter i systemet (tex injektorer, gaskylare, större värmeväxlare, högre tryckklass för rör) för att uppnå en bra energiprestanda (COP).

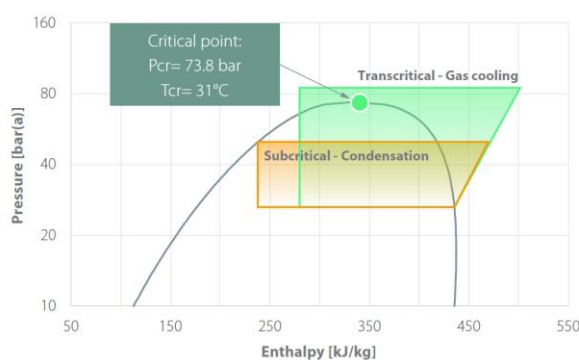


Figur 3 : Ph-diagram koldioxid . (HVAC-ENG.com)



I värmepump-utförande är koldioxid ett köldmedium som är mycket bra när det finns behov av höga systemtemperaturer (framledningstemperatur) och/eller när temperaturlyft är stort, tex för beredning av tappvarmvatten, (stor temperaturskillnad, från ca 10 till 60 grader) men inte lika bra för små temperatursprång på den varma sidan.

Koldioxid har en låg kritisk temperatur (31 grader). I kylmaskinutförande blir det sämre effektivitet ju närmare kondensortemperaturen kommer till den kritiska punkten. Vid transkritisk drift (dvs med höga avgivningstemperaturer) är värmeöverföringen inte lika bra, vilket medför lägre COP.



Figur 4 : subkritisk respektive transkritisk drift med koldioxid. Källa: Danfoss Climate solutions

Koldioxid lämpar sig bra när det finns mycket stora effektbehov (>1 MW) som är svårt att tillgodose med många parallellkopplade propanaggregat (då består systemet av flera kompressorer). Däremot anses det svårare att få bra energieffektivitet i mindre anläggningar med små effekter.

Drift med koldioxid kräver hög kompetens av drift- och underhållspersonalen . Koldioxid har ”kämpat” med ryktet av låg energieffektivitet, har gjort en lång resa med utveckling av specifika systemkomponenter som lyckats få upp energieffektiviteten så att nu är den jämförbar med andra HFC-köldmedier . Men det krävs en väsentlig insats och rätt kompetens för att få en bra effektivitet. Jämförelsevis är det oftast lättare med propan. Med andra ord krävs hög kompetens för att göra energieffektiva system med koldioxid.

Koldioxid i kylmaskiner fungerar mycket bättre i norra och mellan Europa, men inte lika bra i södra Europa (högre utomhustemperaturer innebär att man behöver gå in i transkritisk drift oftare). Ju högre avgivningstemperatur desto sämre effektivitet för koldioxidssystem .

5.3 Systemutformning

Oavsett vilket val för systemutformning är start och stopp på värmepumpar/kylmaskiner det som försämrar effektiviteten, därför ska systemet vara rätt dimensionerat. Om man räknar effektbehovet plus en stor marginal ”för säkerhets skull” är det stor risk för mycket start/stop.

Utifrån de synpunkterna från intervjuade fastighetsägare och experter finns det olika strategier vid systemutformning:



- Ett antal mindre aggregat (varvtalsreglerade) parallellkopplade i rack (typiskt med propan).
- Ett stort aggregat med flera kompressorer som startar efter behov/varvtalsreglerade (typiskt för koldioxid)
- Ett stort aggregat (en kompressor) med varvtalsreglering.

Det finns dock oenighet bland de intervjuade kring vilket är det bästa alternativet ur energiprestanda synpunkt.

Vissa tycker att stora maskiner med flera kompressorer eller inverterstyrda maskiner kan fungera lika bra om **dellastprestanda** och styrning är väl utformad. Felaktig hysteres (differens mellan start- och stoppvärden) ger däremot sämre verkningsgrad.

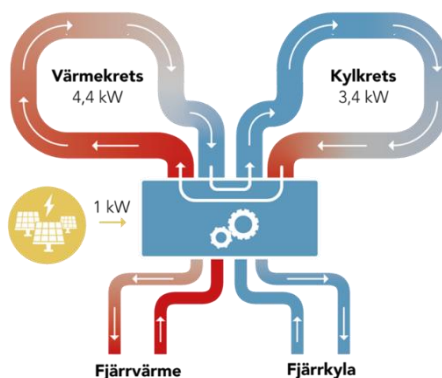
Om man väljer ett stort varvtalsreglerat aggregat måste man bedöma vilket intervall ska det arbeta inom, om det normala effektbehovet är mycket lägre än den maximala blir inte energieffektiviteten lika bra (tex om man pendlar mellan 30%-100% är det bättre att ha flera mindre system, då kan man ha en bättre justering).

En aspekt som lyftes fram av en fastighetsägare som nyligen hade installerat ett koldioxid-aggregat som levererar både värme och komfortkyla var att styrning av aggregatet är mycket komplex pga. att köldmediekretsen påverkas av kringliggande vätskeflöden (köldbärare och värmebärare) när aggregatet ska leverera värme och kyla samtidigt. När man har behov av både värme och kyla kanske det räcker inte med flödena i kringliggande kretsar. Därför är korrekt dimensionering av kringflöden (köldbärare och värmebärare) avgörande för stabil drift, oavsett köldmedium.

En annan aspekt är valet mellan luft-väska och vätska-väska aggregat. Luft-väska har fördelen att det finns en utomhusdel som, vid användning av propan, gör det lättare ur säkerhetssynpunkt. Vätska-väska aggregat kräver borrhål för avkylning/värmeupptagning alternativt koppling till fjärrvärme och fjärrkyla, eller en kombination av dessa. Till exempel kan det vara intressant att avlasta borrhållslaget under vissa perioder genom att använda fjärrvärme.

Samverkan med fjärrvärme eller fjärrkyla kan ge betydande systemnyttor, vilket bekräftas av praktiska exempel från bland annat Wihlborgs Fastigheter, som har utvecklat en egen lösning ("Jannelösning"). Systemet, som vanligtvis har fjärrvärme och fjärrkyla som primär energikälla, består av ett antal parallellt kopplade propan-aggregat som hämtar in värme från allt i fastigheten som behöver kylas under värmesäsong, (typ kökskyla, serverrum luftkompressorer mm). Värmen går sedan tillbaka till fastigheten vid propanaggregaten som återvinner värmen. Systemet kompletteras med en solcellsanläggning för att minska inköp av el under sommaren.





Figur 5: kombination kyl-och värmeaggregat med fjärrvärme och fjärrkyla. Källa: Wihlborgs

En till möjlig systemutformning vid varierande laster och temperaturer när det finns både värme och kylbehov är en flexibel lösning med både koldioxid- och propanaggregat, alltså man kombinerar ”det bästa av båda världar” med respektive aggregat som styrs utifrån behovet och utnyttjar olika köldmediernas fördelar vid olika arbetstemperaturer för att optimera energianvändningen.

Även om det innebär en komplexitet i driften av kyl- och värmeaggregat, är den bästa situationen om det finns behov av både värme och kyla i fastigheten. På så sätt finns det potential för återvinning av värme och hög energiprestanda. Begränsningen dock är att man bara kan styra med ett börvärde, på varma eller kalla sida. Till exempel om man styr med ett börvärde på +55°C, då kommer köldbäraren inte bli kallare än en viss temperatur. Med andra ord måste man prioritera värme eller kyla. En lösning kan vara att dela upp aggregat så att vissa styr på värme och andra på komfort kyla, men som ändå har gemensamma styrsystem.

I lokalfastigheter med hyresgäster som själva har större processkyla-anläggningar (tex livsmedelsbutiker) kan det vara intressant att undersöka möjligheter för både värmeåtervinning från kylmaskinen för att täcka en del av värmebehovet i fastigheten, men även leverans av komfortkyla med hyresgästens kylmaskin.

5.4 Säkerhet

Säkerhetsfrågor är en central aspekt vid val och användning av naturliga köldmedier. Intervjuerna har belyst olika perspektiv, men samstämmigt framhålls att värmepumpar och kylmaskiner med naturliga köldmedier ställer högre krav på säkerhetsfunktioner jämfört med konventionella system. Dessutom krävs särskild kompetens vid installation och drift av system med naturliga köldmedier, eftersom köldmediernas egenskaper, exempelvis brandfarlighet och tryck, ställer högre krav. Denna osäkerhet har länge bidragit till en viss försiktighet i branschen, vilket gör att många aktörer tenderar att hålla fast vid traditionella lösningar. Trots detta ses utvecklingen gå mot ökad användning av naturliga köldmedier, även om förändringen kan ta tid.

Propan klassas som brandfarligt vilket medför bland annat begränsningar i fyllnadsmängder per enhet, kapslade aggregat, krav på gasdetektering och gaslarm, frånlufts-och



undertrycksventilation. En fastighetsägare framförde att en viktig säkerhetsåtgärd hos dem är att maskiner görs spänningslösa vid läckage. De intervjuade framför också att fyllnadsmängd per maskin hålls normalt under en viss mängd. Det är möjligt att använda en högre fyllnadsmängd, men detta kan kräva en särskild klassning av teknikrummet och andra säkerhetsåtgärder, vilket medför höga kostnader. Därför begränsas vanligtvis fyllnadsmängden i kombination med ett undertrycksventilerat chassi. Detta gör att aggregaten kan installeras i ett apparatrum, exempelvis ett fläktrum. En fördel med propan är dess höga densitet, vilket innebär att fyllnadsmängden blir ungefär en tredjedel jämfört med motsvarande system med syntetiska köldmedier.

Koldioxid klassas som icke brandfarligt och som icke giftigt köldmedium men kräver hantering av höga tryck, korrekt dimensionerade gaskylare/förångare samt certifierad personal för installation och underhåll.

Ammoniak klassas som brandfarligt samt giftig och frätande. Köldmediet har ett högt tryck vilket kräver hantering av höga tryck och underhållas regelbundet för att minimera risken för olyckor. Krav ställs även på gasdetektorer, separata maskinrum och tydliga säkerhetsbarriärer.

I intervjuerna framförs att säkerhetsrutiner är avgörande vid installation och drift oavsett köldmedium. Det är viktigt att säkerställa att gasdetektorer och ventilationsfläktar fungerar som avsett och att systemen används enligt specifikation. Dessa aspekter går igenom vid installationen, men det är avgörande att de följs även i den löpande driften. Det finns exempel där maskinrum har använts för andra ändamål än vad de avses för, såsom temporär förvaring av exempelvis livsmedel eller kontorspapper vilket inte är lämpligt i miljöer med brandfarliga köldmedier. Myndigheten för civilt försvar har tagit fram material och information för arbeten med brandfarliga köldmedium, med bland annat tillstånd och vad som gäller kring publik hantering¹⁷.

Utöver detta nämns i litteraturen flera tekniska lösningar som kan bidra till ökad säkerhet när det kommer till naturliga köldmedier:

- Sektionering av köldmediekretsen med snabbstängande ventiler för att begränsa mängden köldmedium som kan läcka ut vid exempelvis rörbrott.
- Tätt hölje med forcerad ventilation till uteluften, utrustad med ATEX¹⁸-klassade fläktar.
- Tätt hölje med syrefri miljö för att minimera risk för antändning.
- Omblandning av luft och köldmedium vid läckage för att förhindra höga koncentrationer vid golvnivå.
- Minimering av fyllnadsmängden genom användning av kompakta värmeväxlare och kompressorer, kortare rörledningar samt oljor som inte löser in köldmedium.

¹⁷ <https://www.mcf.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandfarligt-och-explosivt/brandfarliga-varor/brandfarliga-gaser/koldmedium/>

¹⁸ Klassning enligt ATEX direktiv för utrustning som används i miljöer där det finns risk för explosion på grund av brandfarliga gaser.



För att underlätta övergången behövs tydliga stödverktyg, såsom checklistor och strukturerade riskbedömningar som hjälper beställare att hantera säkerhetsaspekterna på ett systematiskt sätt.

5.5 Kostnad

Aggregat som använder propan eller koldioxid är generellt dyrare i inköp än motsvarande alternativ med syntetiska köldmedier. Enligt flera intervjuade aktörer beror prisskillnaden främst på den högre komplexiteten, behovet av fler komponenter samt säkerhetsutrustning som krävs i dessa värmepumpar jämfört med mer konventionella system. Koldioxidaggregat anses dyra särskilt vid små effekter och när avancerad systemdesign krävs, komponent- och programvarukostnader kan vara betydande. För propanaggregat kan även systemens modulära uppbyggnad påverka kostnaden då flera mindre aggregat ofta blir dyrare än ett större enhetligt system. Den exakta kostnadsskillnaden är dock svår att fastställa eftersom jämförelser påverkas av olika faktorer, exempelvis att äldre aggregat kan ha varit överdimensionerade.

Samtidigt framhålls att syntetiska köldmedier bedöms bli både dyrare och mindre tillgängliga över tid. De merkostnader som idag är förknippade med exempelvis propanaggregat förväntas däremot minska på sikt i takt med att tekniken troligtvis kommer utvecklas och andelen aggregat med naturliga köldmedier kommer öka.

SKVP¹⁹ har tagit fram en vägledning för val av köldmedium och i den tredje versionen (2024) presenterades en ekonomisk modell för en kylanläggning. Exemplet som visas i figur 6 är endast avsedda att illustrera hur merkostnaderna kan variera mellan olika alternativ.

Observera att de angivna priserna är exempelvärden och sannolikt skiljer sig från faktiska marknadspriser. I exemplet utgår SKVP från 10 år som avskrivningstid och ska inte förväxlas med förväntad livslängd. Då avskrivningstiden är beroende av den tid som köldmedium kommer finnas tillgängligt för påfyllnad vid ett eventuellt läckage har avskrivningstiden satts lika med det antal år som F-gasförordningen och föreslagen uppdatering av REACH ersättningsköldmedium kan förväntas finnas på marknaden. Syftet är att ge en indikation på prisskillnader och merkostnader, inte att ange exakta kostnader.

Räkneexemplen indikerar den årliga kostnaden med naturliga köldmedium kan vara lägre jämfört med HFC köldmedium medan de är högre i jämförelse med HFO som ett resultat av regleringarna som kommer. Notera att en ny version av vägledningen publicerades 2026 och den nya versionen innehåller inga beräkningar.

¹⁹ <https://www.kylmastarna.se/media/h0inirra/skvp-vaegledning-vid-val-av-koeldmedium-v30.pdf>



Några räkneexempel på årlig kostnad utifrån föreslagna regleringar

Naturligt köldmedium		HFO köldmedium (R02)		HFC köldmedium (f-gasförordningen)	
Investeringskostnad	500 000 kr	Investeringskostnad	250 000 kr	Investeringskostnad	400 000 kr
Driftkostnad per år	50 000 kr	Driftkostnad per år	50 000 kr	Driftkostnad per år	50 000 kr
Ersättningsköldmedium	-	Ersättningsköldmedium	10 år	Ersättningsköldmedium	6 år
Beräknad livslängd	10 år				
Årlig kostnad	100 000 kr	Årlig kostnad	75 000 kr	Årlig kostnad	117 000 kr

Figur 6: SKVP. ”Vägledning vid val av Köldmedium. En skrift utgiven av Svenska Kyl & Värmepumpsföreningen. Version 3.0”.

5.6 Drift- och underhållsaspekter

Drift och underhåll av värmepumpsanläggningar är avgörande för att säkerställa att anläggningen går som den ska. Med rätt drift säkerställs bland annat energieffektivitet, låga driftskostnader, lång livslängd och rätt inomhusklimat i fastigheten. Följande drift- och underhållsaspekter framfördes under intervjuer:

För propanaggregat omfattar underhållet främst årlig tredjepartskontroll, inklusive funktionskontroll av gaslarmet för att säkerställa att aggregatet larmar korrekt. Säkerhetsventiler och högtrycksskydd testas regelbundet. Systemmässigt är propanaggregat relativt lika som HFC-baserade lösningar, vilket innebär att kyltekniker med erfarenhet av HFC känner igen sig både vad gäller systemuppbyggnad och trycknivåer. Det finns inga specialkomponenter som kräver särskild kompetens. För koldioxidaggregat är situationen annorlunda. Dessa innehåller komponenter som inte förekommer i konventionella köldmediekretsar, vilket ställer krav på särskild kompetens hos den som utför service och underhåll.

Utöver de aspekter som rör specifikt olika typer av köldmedier framkom i intervjuer att styrningen av befintliga aggregat i vissa fall är problematisk. Orsaken är att maskinens egna hysteres²⁰ inte alltid beaktas vilket kan resultera i felaktig drift och överstyrning av utrustningen. Detta är dock ett generellt problem som kan förekomma för alla typer av värmepumpar.

Generellt betonas behovet av kontinuerlig övervakning, tidig avvikelsetektering och kompetenta resurser vid driftsättning och optimering. Övervakningstjänster lyfts som en möjliggörare för förbättrad driftkontroll.

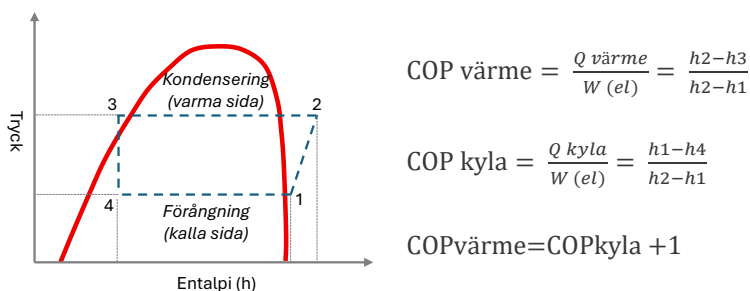
Vid upphandling är det viktigt att ställa tydliga krav på drift och underhåll, eftersom dessa aggregat generellt är mer komplexa än HFC-baserade system.

²⁰ Hysteres är en säkerhetsmarginal inbyggd i värmepumpar och kylmaskiner som förhindrar maskinen att reagera för snabbt på hastiga förändringar av exempelvis värmebehov. Systemet förhindrar att maskiner bl.a. startar och stoppar ofta, ger jämnare drift och gör att systemet får tid att jobba på ett stabilt sätt.



6. ENERGIEFFEKTIVITET OCH POTENTIAL FÖR ENERGIEFFEKTIVISERING

Med energieffektivitet i en värmepump eller kylmaskin avses COP (coefficient of performance, också kallad värmefaktor/köldfaktor beroende på applikation), dvs förhållandet mellan den nyttiga värme- eller kyleffekt som en värmepump eller kylmaskin levererar och den tillförda drivenergin i form av el.



Figur 7: Beräkning av COP utifrån tryck-entalpidiagram

Effektivitet (COP) av olika köldmedier avgörs av applikation (värmepump eller kylmaskin), systemtemperaturer och systemutformning. Alltså det är inte bara köldmediet i sig som avgör effektiviteten. Välfungerande styrning, dellast (antal start/stopp) och systemintegration (värmeåtervinning, rätt temperaturnivåer) kan påverka mer än valet av köldmedium i sig.

Några generella regler för att få en bra effektivitet i systemet är:

- COP blir alltid högre ju mindre temperaturskillnaden är mellan varma och kalla sidor.
- Hög kondenseringstemperatur försämrar COP i kylmaskinutformning.
- Låg förångningstemperatur försämrar COP i värmepumputformning.

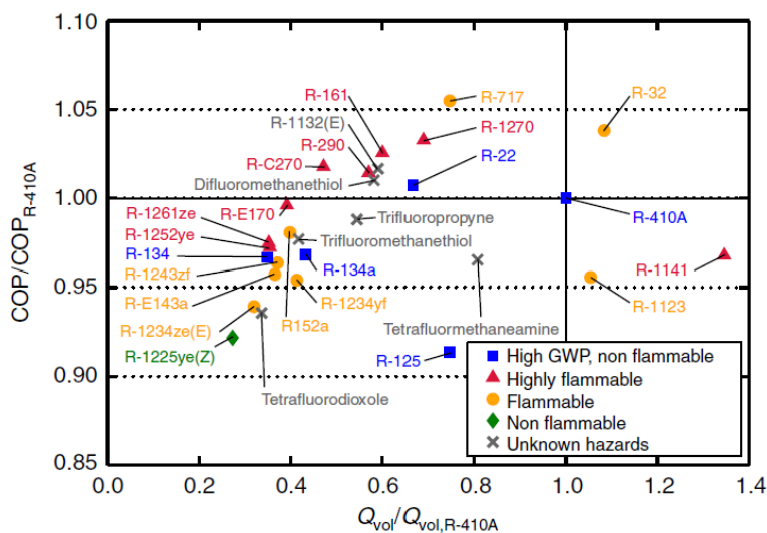
Utifrån ett teoretiskt perspektiv har propan och andra kolväten mycket goda termodynamiska egenskaper som kan leda till att dess energieffektivitet blir på samma nivå eller högre än syntetiska köldmedier²¹. Detta bekräftas av de genomförda intervjuerna och teoretiska studier.

NIST i USA gjorde en omfattande studie²² där teoretisk prestanda (COP) för olika köldmedier i ett mindre luft-luft AC-system jämfördes. Ett typiskt fall valdes där förångningstemperaturen var +10°C och kondenseringstemperaturen +40°C. Tre olika systemutformningar simulerades och jämfördes. Resultatet representerades i ett diagram med R410A som referens (figur 8) : på den vertikala axeln visas COP och på den horisontella axeln visas den volymetriska köldalstringen (dvs hur mycket kyla som erhålls per volym köldmedium som suges in i kompressorn).

²¹ "A transition to sustainable heat pumps, a position paper from the scientific community (2023)

²² McLinden et al., "Limited options for low-global-warming-potential refrigerants", Nature Communications, 2017





Figur 8: Simulering av COP av olika köldmedier i en enkel process med R410 som referens. Källa: NIS

Resultatet visade att flera kolväten, inklusive propan (R290) uppnådde en (teoretiskt) högre COP än alla HFCs och HFOs. Bara R32 (HFC) visade bättre resultat.

Det går inte att dra generella slutsatser eftersom resultatet gäller för en simulering av ett konkret fall (ett mindre system med specifika arbetstemperaturer), men den ger en indikation på att effektiviteten av propan kan ligga i samma nivå eller högre än den för syntetiska köldmedier.

För koldioxid finns det inga specifika studier av effektivitet i lokalbyggnader. Ett antal studier har genomförts de senaste åren av KTH som analyserar energieffektivitet i kylapplikationer i livsmedelskyla i kalla klimat²³ ²⁴ och visar att koldioxids energieffektivitet kan, i moderna system med rätt systemutformning och styrning, vara på samma nivå som eller högre än traditionella HFC. Livsmedelskyla skiljer sig dock mycket från de förutsättningar som finns i lokalfastigheter. Därför behövs det specifika studier och/eller mätningar på effektivitet av koldioxid i lokaler för både komfortkyla och värmepumpsapplikationer.

Koldioxid anses av flera intervjuade ändå kunna nå jämförbar effektivitetsnivå som kolväten, HFC och HFO men det kräver en mer avancerad systemutformning och avancerad kunskap för drift (koldioxid är mer känsligt för driftförhållanden). Om man bygger systemet på ett förenklat sätt blir effektiviteten dålig, därför behöver man ha fler komponenter och högre kompetens vid systemutformning.

Oavsett köldmedium anses att kontinuerlig prestandaövervakning och justering/optimering av anläggningen kan ge betydande besparingar. Utfasning av HFCs kan vara en möjlighet att "få ordning" och koll på anläggningarna och optimera dessa.

²³ Karampour, M. Sawalha S. Energy Efficiency Evaluation of Integrated CO2 Trans-critical System in Supermarkets: A Field Measurements and Modelling Analysis. 2017

²⁴ Sotirios, T. et al. Field measurement analysis of integrated refrigeration system in a new supermarket. 2021



Ambitionen i denna förstudie var även att kunna göra en global analys på national nivå av energibesparingspotential i samband med utfasning av HFCs och byte till andra låg GWP köldmedier. Tanken var att, utifrån tillgänglig data om installerade värmepumpar och kylmaskiner i Sveriges lokalfastigheter, andel köldmedier i olika applikationer samt energieffektivitet av naturliga köldmedier, uppskatta energibesparingspotential.

På nationell nivå har flera av de intervjuade aktörerna uttryckt att det saknas tillräckligt underlag för att kunna göra en sådan uppskattning. Det saknas en samlad bild över installerad effekt för värmepumpar och kylmaskiner i kommersiella byggnader (Branschförening har statistik för försäljning av värmepumpar för den privata marknaden, men inte konkret för lokalfastigheter och inte heller statistik över befintliga aggregat). En annan väg skulle kunna vara att uppskatta utifrån mängd köldmedier som finns i lokalfastigheter men återigen saknas en nationell sammanställning för just den typen av fastigheter (Naturvårdsverket och Kyl- och värmepumpimportörerna -KVI har delar av underlaget men inte allt).



7. UTVECKLINGSBEHOV

7.1 Pågående forskning

Den akademiska forskningen gällande användning av naturliga köldmedier i kylmaskiner i och värmepumpar fokuserar på bl.a. följande områden:

- Minskning av köldmediemängd (kolväten, för att minska brandfarlighet).
- Säker användning av brännbara köldmedier.
- Utveckling av utformning av värmeväxlare.
- Utveckling av kompressorer för att minska oljemängden och turbolösningar.
- Avancerad styrning för jämn drift.
- Användning av stora värmepumpar med naturliga köldmedier i fjärrvärmenätet.
- Utveckling av små aggregat (luft-luft) med propan för villa applikationer
- Användning av kylmaskiner med koldioxid som köldmedium inom livsmedelskyla.
- Optimering av industriella värmepumpar med naturliga köldmedier.

De organisationerna som är inblandade i forskning med naturliga köldmedier är bl.a. KTH, Svensk Kyl- o Värmepumpförening, RISE.

Allmän forskning inom värmepumps- och kylteknik pågår inom Energimyndighetens program TERMO och innovationsklustern Varm & Kallt. Internationellt bedriver IEA programmet Heat Pumping Technologies.

Det är relevant att det saknas specifika satsningar som har som målgrupp lokalfastigheter (kontor, köpcentrum, etc), med undantag av forskningsinsatser inom användning av naturliga köldmedier i livsmedelsbutiker.

7.2 Förslag på utvecklingsinsatser

Utifrån synpunkterna från de intervjuade aktörerna och de pågående forskningsinsatser som redan finns, har följande behov identifierats:

- Även om det finns några teoretiska beräkningar och genomförda fältmätningar på effektivitet av naturliga köldmedier, saknas det specifik och fullständig data gällande prestanda för kylmaskiner och värmepumpar i komplexa lokalfastigheter. Dels är det inte så många lokalfastighetsägare som redan börjat installera dessa, dels är de som har installerats så pass nya att det fortfarande inte finns tillräckligt underlag för att kunna utvärdera dessa. Det behövs en kontinuerlig uppföljning av COP och energianvändning för att kunna få fram jämförelsedata och identifiera de mest optimala systemutformningar och styrstrategier.
- Just nu läggs mycket fokus på att utveckla kylmaskiner och värmepumpar för applikationer såsom småhus, fjärrvärme/fjärrkyla och industri. Det finns bara ett fåtal



leverantörer och produkter som är anpassade efter just lokalfastigheters förutsättningar, som skiljer sig mycket från andra applikationer.

- Intervjuade experter och fastighetsägare är överens om att det fortfarande saknas mycket kunskap kring användning av naturliga köldmedier och systemintegration i komplexa fastigheter. Kunskapsbrist gäller flera målgrupper, särskilt leverantörer av tjänster (kyltekniker som installerar och underhåller aggregat) och beställare (tekniska förvaltare och driftpersonal hos fastighetsägare).

Därför förslås föreslås specifika **fortsättningsinsatser**:

- **Monitorering och utvärdering** av nyligen installerade värmepumpar/kylmaskiner med propan och/eller koldioxid som köldmedium i lokalfastigheter. Ett antal fallstudier borde följas upp (det finns några exempel i bilaga 1) där man utvärderar systemets energieffektivitet (om det går kan den jämföras med HFC-lösning som ev. ersättes), styrstrategier, drift och underhåll. Fallstudierna bör inkludera olika köldmedier och systemutformningar (propan/koldioxid, modulära/integrerade system, luft-vatten/vätskavatten, ...). Det finns redan företag som erbjuder tjänster för kontinuerlig prestanda övervakning som skulle kunna användas i ett sådant projekt.
- **Innovationsupphandling** av kylmaskiner/värmepumpar med naturliga köldmedier specifikt anpassade för att ersätta befintliga HFC-aggregat i lokalfastigheter och som tar hänsyn till förutsättningarna i denna typ av lokal (säkerhet, olika värmebärartemperaturer, varierande interna laster, behov av kyla och värme samtidigt, ev. samkörning med fjärrvärme/fjärrkyla, ...). Det efterfrågas inte bara själva aggregat utan integration i komplexa lokaler och optimala styrningsstrategier som klarar leverans av värme och kyla samtidigt med varierande temperaturer med hänsyn till kringliggande flöden (värmebärare, köldbärare). En kravspecifikation behöver tas fram med tydligt funktionsansvar, prestandauppföljning och driftkrav över olika laster.
- **Utbildningsinsatser** med fokus på kyltekniker som ska installera och underhålla värmepumpar och kylmaskiner med naturliga köldmedier. Kompetenshöjning gäller säker hantering av köldmedier, energieffektiv styrning och drift samt anpassning till de specifika förutsättningar som lokalfastigheter har. Utöver det rekommenderas även riktade insatser till tekniska förvaltare och driftpersonal hos fastighetsägare.



8. SLUTSATSER

Denna förstudie visar sammantaget att användning av värmepumpar och kylmaskiner för lokalfastighetssektorn befinner sig i ett skede av omställning där val av köldmedium, systemutformning och kompetensnivå kommer att få avgörande betydelse för energieffektivitet. Drivkrafterna bakom förändringen är tydliga: skärpta regelverk genom F-gasförordningen och kommande REACH-begränsningar för PFAS-ämnena.

Regelverk och teknikutveckling gör naturliga köldmedier till reella alternativ i allt fler applikationer. Mot denna bakgrund framstår propan och koldioxid som de mest framtidssäkra alternativen för värmepumpar och kylmaskiner i lokalfastigheter.

F-gasförordningens skärpningar som träder i kraft succesivt innebär att majoriteten av dagens HFC-baserade aggregat inte längre kommer att kunna säljas om några år. Samtidigt inför REACH även miljölagstiftning som sannolikt kommer att begränsa eller helt stoppa syntetiska köldmedier som klassas som PFAS. Tillsammans innebär detta att syntetiska köldmedier inte kan betraktas som framtidssäkra. Även de som idag har låg GWP står inför osäker tillgång, ökade kostnader eller risk för framtida förbud. För fastighetsägare innebär detta att investeringar i system med naturliga köldmedier är det alternativ som bäst säkerställer livslängd, tillgång till service, reservdelar och påfyllnad.

Förstudien visar att både propan och koldioxid kan användas för uppvärmning och komfortkyla i lokalfastigheter, fast de passar olika typer av system och driftförhållanden. Propan utmärker sig genom enkelt handhavande, goda termodynamiska egenskaper och hög energieffektivitet i mindre och medelstora applikationer. Koldioxid kräver mer avancerade systemlösningar och expertis, och lämpar sig väl för stora effekter, höga temperaturer och integrerade system där det finns behov för värme och kyla samtidigt.

Erfarenheter från de genomförda intervjuerna visar att propanbaserade lösningar ofta kombineras i modulära aggregat, vilket ger fördelar som redundans, god dellastprestanda och möjlighet att begränsa fyllnadsmängderna för att minska brandrisken. Koldioxidlösningar erbjuder hög temperaturprestanda men är också känsliga för variationer i omgivningstemperaturer, särskilt när systemet går i transkritisk drift, och kräver genomarbetad styrning för att få en bra energieffektivitet.

En viktig slutsats som kan dras i denna förstudie är att energieffektivitet påverkas minst lika mycket av systemutformningen och styrning som av själva valet av köldmedium. Från ett teoretiskt perspektiv kan propans energieffektivitet vara på samma nivå eller högre än de flesta HFC-köldmedier. Energieffektiviteten med koldioxid i andra typer av applikationer såsom livsmedelskyla har ökat under de senaste åren med hjälp av tekniskt avancerade lösningar fast det saknas dokumenterade erfarenheter kring energieffektivitet i just lokalfastighetsapplikationer.

Erfarenheter och exempel från de intervjuade aktörerna visar att en stor del av effektiviseringspotentialen åstadkoms genom helhetssyn på fastighetens energisystem, inte



genom köldmedievalet ensamt. Energieffektiviseringsvinsterna som rapporterats vid installation av propan- och koldioxidbaserade lösningar kan förklaras av bl.a., modern styrning som minskar antal start/stopp, bättre utnyttjande av värmeåtervinning, integration med geoenergi, fjärrvärme och/eller fjärrkyla men även att tidigare aggregat varit överdimensionerade.

Både propan- och koldioxidaggregat är idag generellt dyrare i inköp jämfört med syntetiska aggregat. Kostnadsdrivare är framför allt säkerhetsutrustning och modulbaserad konstruktion (propan) och mer avancerad styr- och komponentteknik (koldioxid). Samtidigt bedöms syntetiska köldmedier få betydande prisökningar framöver och riskerar att bli svåråtkomliga.

En tydlig slutsats är att värmepump- och kylbranschen behöver ett omfattande kompetenslyft. Installatörer och drifttekniker behöver utbildning i hantering, systemuppbyggnad, drift och optimering av system med naturliga köldmedier. Samtidigt måste fastighetsägare höja sin beställarkompetens för att kunna ställa relevanta krav på funktion, systemintegration, energieffektivitet och uppföljning.

Det saknas fortfarande dokumenterad uppföljning av energiprestanda i applikationer med naturliga köldmedier i lokalfastigheter. De anläggningar som finns är få och ofta nyinstallerade, vilket gör det svårt att dra generella slutsatser om långsiktig energieffektivitet, resultat av styrstrategier och driftaspekter. Ett nästa steg kan vara att genomföra långsiktiga uppföljningar av verkliga installationer, dokumentera goda exempel och få till demonstrationsprojekt med fokus på olika systemlösningar för lokalfastigheter. Erfarenhetsutbyte och spridning av fallstudier efterfrågas.

Utöver det behövs utveckling av systemlösningar (inte bara aggregat och styrning, utan integration med resten av fastighetens energisystem) speciellt anpassade för uppvärmning och komfortkyla i lokalfastigheter. Ett centralt framsteg vore att genomföra en innovationsupphandling för att skynda på denna utveckling, skapa incitament för leverantörsleden och ta fram en gemensam kravspecifikation som beställare kan använda sig av.



REFERENSER

- Förordning (EU) 2024/573 av den 7 februari 2024 om fluorerade växthusgaser
- What you need to know about the updated PFAS restriction dossier. Kemi (2025)
- Köldmedier med låg växthuseffekt - deltagande i IEA HPT Annex 54, KTH 2022
- Nya köldmedier för miljövänliga värmepumpsystem, KTH 2022
- Säker användning av brännbara köldmedier, KTH 2025
- Artiklar i ”Kyla och värme” (Palm, B.):
 - Jämförelse av prestanda för rena låg-GWP köldmedier (mars 2025)
 - Vad säger de stora företagen om framtidens köldmedier? (februari 2025)
 - Om PFAS, TFA och syntetiska kemikalier (januari 2025)
 - Olika kolväten som köldmedium (mars 2024)
 - Statistik över använda köldmedier i Europa (maj 2024)
 - Säkerhet med brännbara köldmedier (maj 2024)
- Palm, B. et al. A Transition to Sustainable Heat Pumps – a Position Paper from the Scientific Community (2023)
- Palm, B. PFAS, TFA and the Hidden Risks of Synthetic Refrigerants (Kyla, Januari 2025)
- Mark O. McLinden et al. Limited options for low-global-warming-potential refrigerants (2017)
- CO₂ as refrigerant in Cooling and Heating systems Fundamentals & Applications , Danfoss (2023)
- Vägledning vid val av köldmedium 3.0 och 4.0. Svenska Kyl och värmepumpförningen (2024/2025)
- Karampour, M. Sawalha S. Energy Efficiency Evaluation of Integrated CO₂ Trans-critical System in Supermarkets: A Field Measurements and Modelling Analysis. 2017
- Sotirios, T. et al. Field measurement analysis of integrated refrigeration system in a new supermarket. 2021
- Portal ”allt om F-gas”: <https://alltomfgas.se> (Svenska Kyl och värmepumpförningen)



BILAGA 1: EXEMPEL PÅ LOKALFASTIGHETER DÄR AGGREGAT MED NATURLIGA KÖLDMEDIUM INSTALLERATS

Vid intervjuerna framkom och lyftes flera exempel på lokalfastigheter som respondenterna antingen känner till eller själva äger, där aggregat med naturliga köldmedium används. Dessa beskrivs kortfattat i detta avsnitt.

Baltzar City, Malmö (Wihlborgs)

Wihlborgs har använt sin egen ”Janne-lösning”, framtagen av Janne Larsson, projektledare för kyla- och värmelösningar hos Wihlborgs, i de fastigheter där aggregat med propan används. Janne-lösningen beskrivs i avsnitt 5.3.

I Baltzar City ersattes tre stora aggregat som gick med R407C (200 kg) med 28 parallellkopplade propanaggregat, med en total effekt på 840 kW (30 kW per aggregat). Varje aggregat innehåller ca 1,5 kg propan. Propanaggregaten återvinner värme och kyla i fastigheten, som är även kopplad till fjärrvärme- och fjärrkylanätet.

Besparing jämfört med tidigare system är ca 300 MWh el (35%) och ca 670 MWh fjärrvärme (56%). Fjärrvärmeeffekt har minskat med ca 200 kW (54%).

Wihlborgs har installerat denna lösning i 12 fastigheter.

NK-huset, Stockholm (Hufvudstaden):

I NK-huset (ca 50 000 m²) pågår ett arbete med att byta ut de befintliga aggregaten för komfortkyla som gick med R134A. I oktober 2025 installerades två nya aggregat, luft-vätska med koldioxid som köldmedium. Maskinerna går att kapacitetsreglera stegvis i ett mindre antal steg då flera kompressorer sitter i en maskin. De nya aggregaten kommer även fungera som en värmepump på vintern. Utedelen fungerar som kylmedelkylare eller som förångare beroende på behovet. Dessa maskiner har en kyleffekt på ca 1 MW och, tillsammans med två befintliga maskiner som är specifika för komfortkyla kommer de upp till ca 2MW kyleffekt. Det har förekommit inkörningsutmaningar pga. komplexiteten i styrning när huset har både kyl- och värmebehov samtidigt.

Sergel Gatan (Vasakronan)

Fastigheten använde tidigare fjärrvärme- och fjärrkylanätet för att täcka värme- och kylbehovet. Nya aggregat för värme och komfortkyla med koldioxid som köldmedium installerades 2021. Den totala installerade kyleffekten var 2 MW. Under de första 2-3 åren efter installation förekom en del inkörningsproblem och utmaningar med att få in rätt systemtemperaturer. Fastigheten har inte kopplats bort helt från fjärrvärme- och fjärrkylanätet dock.



Lund Kemientrum (Akademiska Hus),

Det befintliga systemet består av en geoenergianläggning med två bergvärmepumpar som täcker 85% av energibehovet där fjärrvärme används som spets. Bergvärmepumparna använder R134a som kommer bytas ut då många komponenter uppnått sin teoretiska livslängd. Den nya anläggningen planeras bli en flexibel lösning med både koldioxid och propan. Fastighetsägaren bedömer att 95% av energibehovet kommer täckas. Fördelen med att både använd sig av koldioxid och propan ses vara kombinationen där de får ett system med optimalt arbete från respektive köldmedium under olika förutsättningar (varierande laster och systemtemperaturer). Byggnationen startade mars 2025 och förväntas vara klar vår 2026.²⁵

Borås Högskola: (Akademiska Hus):

Kyleffekt AB har på uppdrag av Akademiska Hus installerat en värmepump med propan som tillägg till det befintliga fjärrvärme- och fjärrkylsystemet i Högskolan i Borås.

Värmepumpen har en värmeeffekt på 75 kW och en kyleffekt på 55 kW. Lösningen med en värmepump som producerar både värme och kyla samtidigt till campus minskar behovet av köpt energi och enligt beräkningar bedöms energibesparingen bli ca 380 000 kWh/år.²⁶

The Plus (Vestre):

The Plus är en möbelfabrik i Norge som byggdes av företaget Vestre med visionen att ligga i framkant för hållbar produktion. Fabriken är BREEAM certifierad med miljöklassen ”outstanding” och byggd som ett ”plushus”²⁷. Fabriken har installerat fyra kyl- och värmepumpar med propan som använder bergvärme. Då fastigheten har processvärme och processkyla kan mycket av den energin återanvändas till fastigheten för att täcka både dess värme- och kylbehov. Detta har resulterat i att byggnaden är självförsörjande på energi för uppvärmning så länge temperaturen är över 5 grader.²⁸

Comfort Hotell Solna Arenastaden (Fabege)

Byggnaden är ett nollenergi hotell certifierad enligt FEBY Guld Plushus. Fastigheten förses med kyla och värme från värmepumpar med propan kopplade till ett borrhållslager.

Fastigheten använder därutöver solceller som tillsammans med värmepumparna producerar den energi som används i fastigheten och resulterar i att bygganden når nollenergi.

²⁵ <https://www.energi-miljo.se/flexibel-losning-ger-nya-system/>

²⁶ <https://www.kyleffekt.se/kundcase/kyleffekt-sanker-energikostnaderna-for-hogskolan-i-boras/>

²⁷ <https://vestre.com/se/aktuellt/nu-oppnar-vi-officiellt-the-plus---varldens-mest-miljovanliga-mobelfabrik>

²⁸ <https://enrad.se/kundcase/the-plus/>

