

Köldmediespalten, Kyla & Värmepumpar 3 2025

Jämförelse av prestanda för rena låg-GWP köldmedier

Av Björn Palm

Vi har tidigare flera gånger skrivit om F-gasförordningen och att nästan alla syntetiska köldmedier tillhör gruppen PFAS-ämnen. Detta kommer att innebära att vi i framtiden kommer att använda naturliga medier för nästan alla applikationer. Europa ligger före, men även i USA finns flera projekt som undersöker hur riskerna med brännbara medier ska kunna undvikas. Kemi-industrin brukar hävda att en övergång till naturliga medier skulle sänka energieffektiviteten i systemen. I själva verket är både kolväten och ammoniak mycket bra köldmedier som kan förväntas vara lika bra eller bättre än de syntetiska. Detta har visats i många studier, både experimentella och teoretiska. Orsaken är bättre termodynamiska egenskaper och transportegenskaper.

Några av världens mest framstående forskare när det gäller köldmedier finns på NIST i USA. De ligger bland annat bakom Refprop, det program som används världen över för att ta fram egenskaper för köldmedier. I en artikel i Nature [1] gjorde de bland annat teoretiska jämförelser mellan prestanda för olika köldmedier använda i ett mindre AC-system. Några av slutsatserna från artikeln kommer att presenteras här.

I tidigare studier började de med mer än 60 miljoner ämnen/molekyler. De sorterade sedan bort ämnen baserat på flera olika kriterier: Mer än 18 atomer i molekylen, "udda" atomer i molekylen, dvs andra än C, H, F, Cl, Br, O, N eller S. (Redan för 100 år sedan drog Midgley slutsatsen att enbart dessa atomer kan tänkas ingå i ett köldmedium som ska växla fas mellan gas och vätska.) Detta minskade antalet ämnen till 184 000. Därefter sorterades ämnen med GWP över 1000 bort, och bara ämnen där kritiska temperaturen ligger mellan 47°C och 147°C behölls. Efter detta fanns 138 ämnen kvar. Några av dessa är kända som instabila och/eller giftiga och skulle ha kunnat gallras bort också.

I nästa steg simulerades prestanda för alla kvarvarande ämnen, plus åtta "vanliga" köldmedier som inte kvalat in på listan (t.ex. pga för högt GWP), i tre olika kylprocesser, se Figur 1. I samtliga fall antogs förångningstemperaturen vara +10°C och kondenseringstemperaturen +40°C, dvs typiskt AC-fall. Resultaten för den enkla processen (a i Figur 1) visas i Figur 2. På den vertikala axeln visas kvoten mellan köldfaktorn COP för en idealiserad verklig process (med isentropisk kompression och utan tryckfall) jämfört med COP för Carnotprocessen (vilket är den högsta COP som teoretiskt kan erhållas av någon process som arbetar mellan två temperaturer). På den horisontella axeln visas volymetrisk köldalstring, dvs hur mycket kyla som erhålls per m³ köldmedium som sugas in i kompressorn. Det mest önskvärda är naturligtvis att ligga högt upp till höger i diagrammet, dvs att få både hög köldfaktor och stor volymetrisk köldalstring. Vi ser dock att det finns en tydlig trend: Man tvingas välja antingen hög köldfaktor eller hög köldalstring. Vi bör också påminna oss att för att få hög volymetrisk köldalstring krävs höga tryck, dvs högtrycksköldmedier ligger till höger i diagrammet.

Baserat på resultaten från Figur 2, samt stabilitets- och giftighetskriterier valdes 27 låg-GWP medier ut för fortsatt noggrannare analys. De flesta av dessa är välkända sedan tidigare, men bland dessa finns också några ämnen som inte tidigare diskuterats som köldmedium. I detta fall optimerades värmeväxlarna (luft-luft) för att ge bästa möjliga värmeövergång i relation till tryckfallet, men yteffekten i förångaren var densamma för alla medier. Kompressornas verkningsgrad anpassades efter ämnens egenskaper och var i genomsnitt 70%.

Resultaten för den enkla processen (a i Figur 1) efter denna mer detaljerade analys visas i Figur 3. Här används R410A som referens. Ammoniak visade den högsta köldfaktorn 5,5% högre än R410A. Vi ser att både propan (R290), propen (R1270) och cyklopropan (RC270) har högre köldfaktor än R410A. Näst högst efter ammoniak ligger dock R32, som dessutom (på grund av sitt höga tryck) har högst

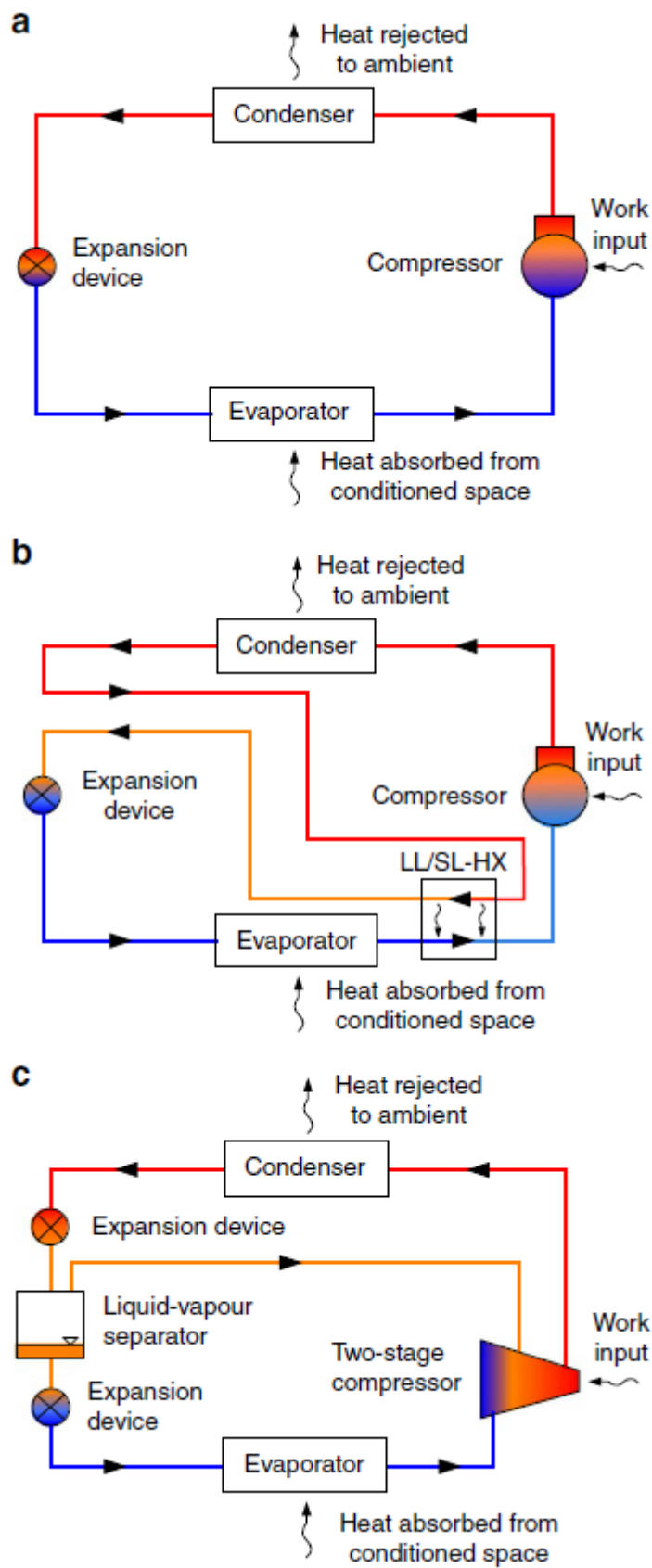
volymetrisk köldalstring av de mer kända medierna. Om en intern värmeväxlare används (b i Figur 1), förändras bilden något. Detta visas i Figur 4. Enkla molekyler, som R32 och ammoniak, förlorar i denna jämförelse och har inte längre de högsta köldfaktorerna. Istället tjänar mer komplexa molekyler på den interna värmeväxlaren, och i topp vad gäller köldfaktorn ligger nu propen (R1270) och propan (R290).

Av låg-GWP köldmedierna är alla utom en mer eller mindre brandfarliga. Undantaget är R1225ye(Z) som är ett lågtrycksköldmedium, och dessutom är giftigt i relativt låga koncentrationer vid längre exponering.

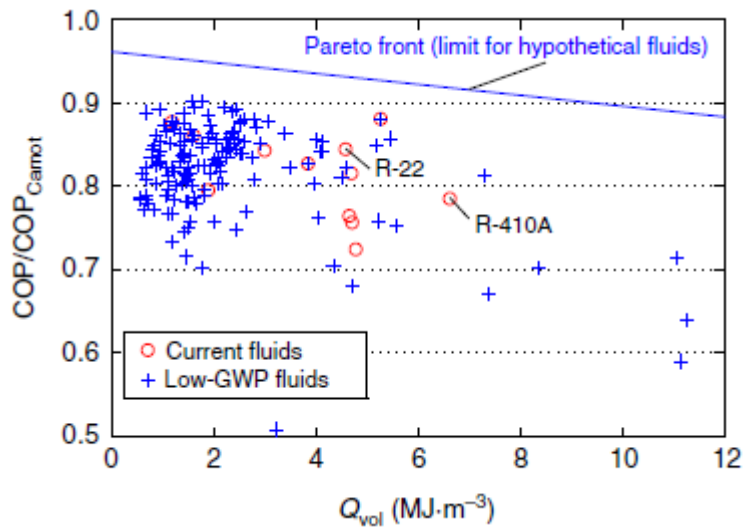
Alla ämnen ger bättre köldfaktor med economizer-koppling (Figur 1 c). I detta fall har ammoniak högst köldfaktor, tätt följd av propen och R32. Det bör dock noteras att skillnaderna mellan alla medierna vad gäller köldfaktor är liten, bara ca 5% högre eller lägre än R410A, oavsett process.

Jämförelsen har gjorts för en speciell applikation: en liten AC-anläggning med luft som både värmekälla och värmesänka. För andra applikationer och temperaturnivåer kommer resultaten att bli något annorlunda, men författarna menar att slutsatserna gäller även små kylanläggningar och värmepumpar.

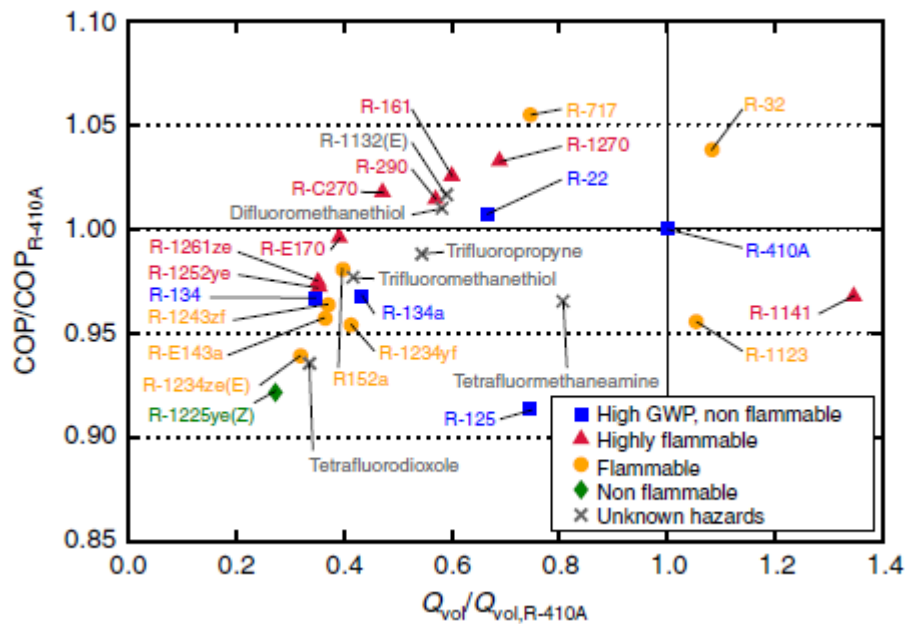
Källa: Mark O. McLinden, J. Steven Brown, Riccardo Brignoli, Andrei F. Kazakov & Piotr A. Domanski, 2016, Limited options for low-global-warming-potential refrigerants, NATURE COMMUNICATIONS | 8:14476 | DOI: 10.1038/ncomms14476 , <https://www.nature.com/articles/ncomms14476>



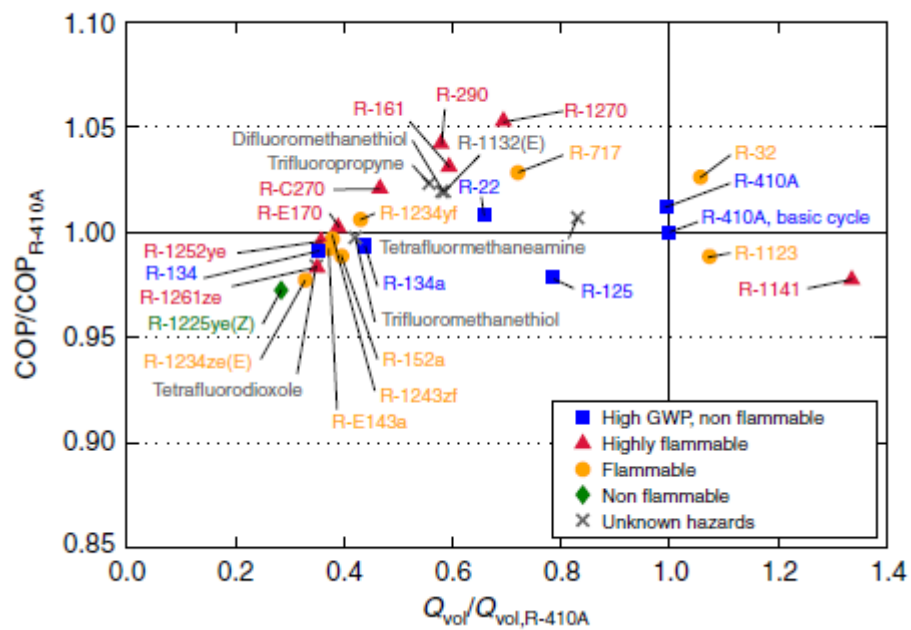
Figur 1: De tre olika typer av cykler som användes i analysen



Figur 2: Prestanda för den enkla processen med olika köldmedier



Figur 3: Prestanda för de 27 bästa ämnena efter en mer detaljerad analys. Enkel process.



Figur 4: Prestanda med intern värmeväxlare.