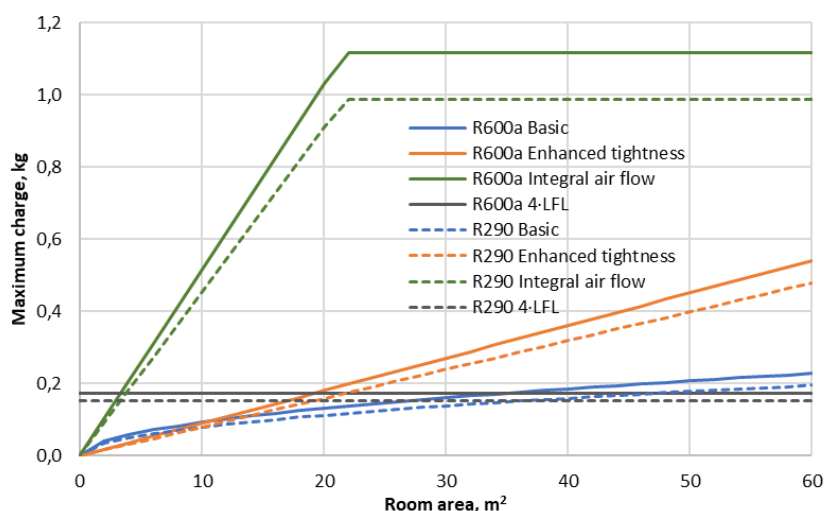


Jämförelse mellan propan och isobutan som köldmedium

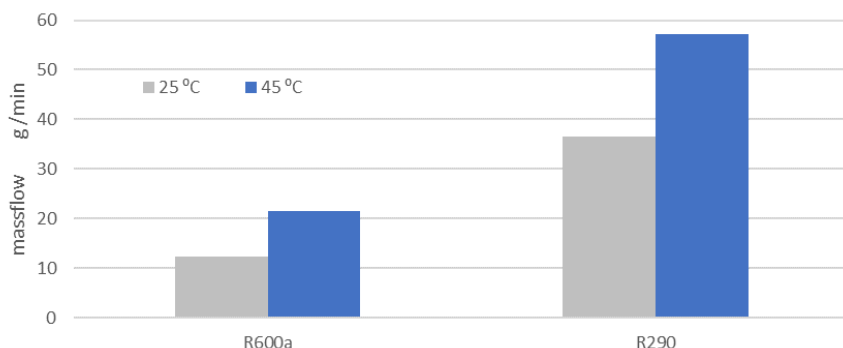
Av de kolväten som hittills använts som köldmedium är isobutan det i särklass vanligaste om vi räknar antalet enheter där det används. Detta är det totalt dominerande köldmediet i kylskåp i Europa sedan R12 förbjöds. Nu är värmepumpmarknaden på väg att gå över till naturliga medier, men här är fokus hittills helt på att använda propan. I projektet EcoPack som drivs på KTH under ledning av Viktor Ölen, SKVP, och med medverkan av Klas Andersson, mångårig konsult för Electrolux, Jan-Erik Nowacki, som knappast behöver någon presentation för branschen, och undertecknad, har vi utforskat möjligheterna att använda isobutan i en värmepump. Från början var tanken, som föreslogs av professor Eric Granryd, att använda en mindre värmepump, med isobutan, för att förbättra prestanda för en större värmepump genom att använda under kylningsvärmens från den större värmepumpen som värmekälla för den mindre värmepumpen. Professor Granryd visade att både kapacitet och värmefaktor skulle kunna bli högre med en sådan kombination än med bara den större värmepumpen. Eftersom temperaturnivån för den mindre värmepumpen skulle bli högre än vanligt för värmepumpar gjordes beräkningar, och senare tester, med isobutan i den mindre värmepumpen eftersom detta köldmedium ger lägre tryck vid given temperatur än propan och därför lämpar sig bra för högtemperaturvärmepumpar. Inom projektet visade vi att det går att bygga en värmepump med en kapacitet av upp till 12 kW med en fyllning av så lite som 120g isobutan. Som en del av projektet presenterade vi en artikel på Gustav Lorentzen konferensen i somras där vi jämförde för- och nackdelar med att använda isobutan i en typisk villavärmepump jämfört med att använda propan. Här kommer en kort sammanfattning av hur jämförelsen föll ut.

Både isobutan och propan är mycket brännbara. Det finns dock en viss skillnad: För propan är den lägre brännbarhetsgränsen (LFL) 38 g/m³, medan den är 43 g/m³ för isobutan. Detta har betydelse för hur mycket köldmedium som får finnas i ett system placerat inomhus utan att särskilda säkerhetsåtgärder måste vidtas. Enligt IEC 60335-2-40 (och enligt EN378) är gränsen 4xLFL, dvs 152 g för propan och 172 g för isobutan. Skillnaden kan verka liten, men den kan vara avgörande för prestanda vid konstruktion av en värmepump med liten fyllning. För fyllningsmängder över 4xLFL beror den tillåtna fyllningsmängden på rummets storlek. Mängden får ökas om systemet är byggt för att vara extra tätt, eller om det finns en fläkt som ser till att luften i rummet blandas om. Detta visas i Figur 1. Som framgår är det stor skillnad mellan maximal fyllning med eller utan fläkt och beroende på om systemet är extra tätt eller inte. Det är också en tydlig skillnad mellan de två köldmedierna.



Figur 1: Maximalt tillåten fyllning som funktion av rumstorlek vid takhöjden 2,4m för isobutan och propan. Se [1] för ytterligare antaganden.

En annan skillnad mellan köldmedierna är att ångtrycket för isobutan är lägre än för propan. Detta innebär att vid ett läckage genom ett litet hål kommer det utströmmande massflödet att bli betydligt större med propan än med isobutan, vilket visas tydligt i Figur 2. Detta kommer i sin tur att påverka hur hög koncentrationen av köldmediet blir vid golvet, där köldmediet samlas om det inte finns någon fläkt som blandar om luften. Simuleringar som gjorts på KTH nyligen visar att isobutan av detta skäl ett säkrare köldmedium [2].



Figur 2; Utströmning av isobutan och propan genom ett hål med diametern 0,5 mm² vid två olika temperaturer. Beräknat enligt EN60079-10-1:2015. [1]

I artikeln till Gustav Lorentzen-konferensen gjordes också ett försök att uppskatta vilket av de två köldmedierna som kräver störst fyllning. Lägre tryck (för isobutan) ger lägre densitet för gasen, men lägre densitet ger också större volymflöden, varför rören måste vara större. En noggrann analys av alla komponenter i systemet visade att isobutan kräver något mindre fyllning för att nå en given kapacitet. Omvänt gäller att en given massa köldmedium kan förväntas ge större värmeeffekt för värmepumpen (om komponenterna väljs på lämpligt sätt). Till detta kommer, som redan nämnts, att maximala köldmediefyllningen för en given rumsstorlek är större med isobutan.

En ytterligare fördel med isobutan är att det lägre trycket ger lägre läckage genom packningar och kopplingar. Detta kan innebära att semi-hermetiska kompressorer kan tänkas användas. Därmed öppnas möjligheten att använda den typ av kompressorer som idag finns i elbilar för kyla och värme. Vissa tillverkare av sådana kompressorer arbetar på modeller för stationärt bruk med kolväten. Fördelen med denna typ av kompressorer är dels att de har liten volym, vilket i sig ger liten fyllning, dels att de har mycket lite olja. Med vanliga kompressorer med stor oljevolym, och kolväten som köldmedium, kommer en ansevärd del av köldmediet att finnas i kompressoroljan. En ytterligare fördel är att de har ett mycket stort varvtalsområde vilket gör det möjligt att anpassa värmekapaciteten till behovet under hela året. En återstående utmaning är att visa att livslängden kan bli lika lång som för vanliga hermetiska kompressorer.

Sammanfattningsvis finns alltså endel fördelar med att använda isobutan som köldmedium inte bara i kylskåp utan också i värmepumpar.

Björn Palm

Referenser:

[1] Ölen V., Palm, B., Andersson, K., Nowacki, J-E, 2024, Low-charge isobutane heat pump for medium and high-temperature applications, proc. 16th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Refrigerants, College Park, Maryland, USA 2024, DOI: 10.18462/iir.gl2024.1251

[2] Esmaeliani, J., Khodabandeh, R., Palm, B., Ignatowicz, M., 2024, Impact of hydrocarbon refrigerants type on leakage rate and resulting flammability risk, proc. IIR Compressors, Slovakia, 9–11 September 2024, DOI: 10.18462/iir.compr.2024.0694