



NUTEKs utvecklingsprogram

ALTERNATIVA KÖLDMEDIER

Rapport nr 5, 1995

Propan i små värmepumpar

Christina Ljungqvist

Sekretariatet för
ALTERNATIVA
KÖLDMEDIER
CIT
Chalmers Teknikpark
S-412 88 Göteborg.
Tel 031-772 36 91
031-772 36 96
Fax 031-41 80 56
e-mail:
lil@cit.chalmers.se

Denna rapport ingår i en serie projektrapporter, som redovisar resultat från utvecklingsprogrammet ALTERNATIVA KÖLDMEDIER i vilket samverkar företagen ABB STAL Refrigeration i Norrköping, AKA Kyla i Stockholm, Alfa Laval Thermal i Lund, Electrolux i Stockholm, ElektroStandard i Katrineholm samt forskare vid avd för Kylteknik, KTH och inst för Värmeteknik och Maskinlära, CTH samt avd för Värmeöverföring, LTH.

Propan i små värmepumpar

Christina Ljungqvist, KTH

Sammanfattning.

Vad finns det för hållbara alternativ till köldmediet R22? I vårt projekt har vi utfört prov för att utröna om propan kan vara en lämplig ersättare. En värmepump, med nominell effekt två kilowatt och liten fyllnadsmängd, har körts med såväl R22 som propan. Vi har framförallt intresserat oss för de två lödda plattvärmeväxlarna, i vilka köldmediet kondenseras och förångas.

Mätresultaten visar att propan och R22 har likvärdiga värmeöverföringsegenskaper. I kondensorn förefaller R22 ge något bättre resultat, medan i förångaren är propan aningen bättre. Skillnaderna är dock små.

Då volymflödet låses till ett visst värde ger R22 högre effekt än propan. Detta beror på att mediernas volymiteter är olika. Propan kompenserar till viss del sin höga volymitet med ett högt förångningsvärme.

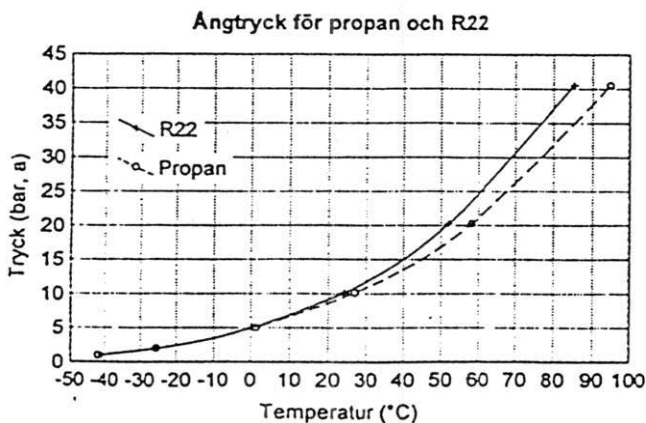
Med propan i köldmediekretsen uppmättes lägre tryckfall jämfört med då R22 användes. De låga tryckfallen ger utrymme för modifiering av plattvärmeväxlaren, och potential till förbättrad värmeöverföring. Detta skulle i sin tur kunna innebära minskade temperaturdifferenser mellan propan och värme- respektive köldbärare.

Av de erhållna resultaten kan vi dra slutsatsen att det är fullt möjligt att ersätta R22 med propan. De något lägre effekterna som erhålls då propan ersätter R22 skulle delvis kunna kompenseras genom att förbättra värmeöverföringen i plattvärmeväxlaren.

1. Inledning

Med anledning av utfasningen av köldmedier klassade som CFC och HCFC, har brännbara medier åter vunnit intresse. Dessa har ingen negativ påverkan på ozonlagret i stratosfären, och bidrar inte i någon nämnvärd omfattning till växthuseffekten. I detta delprojekt betraktas en värmepump med liten fyllnadsmängd. Den nominella värmeeffekten för det studerade systemet är två kilowatt.

SWEP AB och Elektrostandard AB deltar i det här projektet. Projektets mål är att tekniskt undersöka och utvärdera en värmepump där propan har ersatt R22 som köldmedium. Ångtryckskurvan för propan överensstämmer väl med den för R22, vilket gör det möjligt att ersätta



Figur 1. Ångtryckskurva.

R22 med propan. Se figur 1. Om propan, trots sin brännbarhet kan erhålla acceptans hos såväl användare som myndighet, är propan ett bra alternativ till R22. Tidigare praktiska försök vid avdelningen Tillämpad termodynamik och kylteknik [1,2] har visat att propan ger prestanda som överensstämmer väl med R22s. Intresset i detta projektet har riktats mot de två lödda plattvärmeväxlarna, som utgör förångare och kondensor i anläggningen.

2. Försöksanläggning.

En provrigg har byggts vid avdelningen för Tillämpad termodynamik och kylteknik på KTH. Försöksanläggningen har dimensionerats och utrustats med mätutrustning i samråd med SWEP och Elektrostandard. I figur 2. återfinns en schematisk skiss av anläggningen.

Köldmediekretsen har två lödda plattvärmväxlare, levererade av SWEP AB, som förångare och kondensor samt en kompressor (Mitsubishi Electric, KH 122VFL). Ytterligare två värmväxlare (underkylare och överhettare) är installerade, men har inte varit inkopplade vid de försök som redovisas i denna rapport. En termostatisk expansionsventil används för att styra tillförseln av köldmedium till förångaren. För att kunna variera flödet och därmed effekten installerades en by pass över kompressorn. En del av den komprimerade gasen kan via denna koppling ledas tillbaka till lågtryckssidan. För att inte få för hög gastemperatur in till kompressorn kyls denna gas innan den kommer i kontakt med lågtryckssidan. Efter kondensorn är en recipient installerad.

En turbinflödesmätare används för att bestämma flödet på köldmediesidan. Var temperatur och tryck mäts framgår av figur 2. Temperaturer registreras med termoelement, som i de flesta fall är nedsänkta i dykrör. Samtliga instrument kalibrerades innan de installerades i kretsen.

Såväl köldbärar- som värmebärarkretsen är sluten. Värmebärarkretsen (den övre i figur 2) kyls med stadsvatten, vars flöde regleras manuellt. Två flödesmätare finns installerade i värmebärarkretsen.

I köldbärarkretsen mäts volymflödet med en ovalhjulsmätare. Köldbäraren värms av elpatroner. Den tillförda effekten bestäms utifrån uppmätta temperaturer och flöden samt kontrolleras med en kilowattmätare, som mäter tillförd effekt till elpatronerna.

Varken turbinflödesmätaren eller differenstryckgivarna fungerade tillfredsställande. De i den här rapporten redovisade tryckfallen bestämdes via mättnadstryck och mättnadstemperaturer.

Tryck, temperatur och flöde inhämtas via en datalogger, som är ansluten till en persondator.

3. Försöksserier

R22 valdes som referens för våra mätserier. Vi får på så sätt möjlighet att göra en direkt jämförelse mellan R22 och propan. I samtliga prov var värmebärarkretsen fylld med vatten. Tre försöksserier utfördes enligt följande:

- I.) Vatten användes som köldbärare och köldmediekretsen var fylld med R22.
- a) Förångare
 25°C kondenseringstemperatur; 0°C, 10°C förångningstemperatur
 35°C -"- ; 0°C, 10°C -"-
- b) Kondensor
 35°C kondenseringstemperatur
 45°C -"-
 55°C -"-
- II.) 33 procentig propylenglykol (frys punkt -15°C) användes som köldbärare och köldmediekretsen var fylld med R22.
- a) Förångare
 25°C kondenseringstemperatur; -10°C, 0°C, 10°C förångningstemperatur
 35°C -"- -10°C, 0°C, 10°C -"-
- III.) 33 procentig propylenglykol användes som köldbärare och köldmediekretsen fylldes med propan, R290.
- a) Förångare
 25°C kondenseringstemperatur; -10°C, 0°C, 10°C förångningstemperatur
 35°C -"- -10°C, 0°C, 10°C -"-
- b) Kondensor
 35°C kondenseringstemperatur
 45°C -"-
 55°C -"-

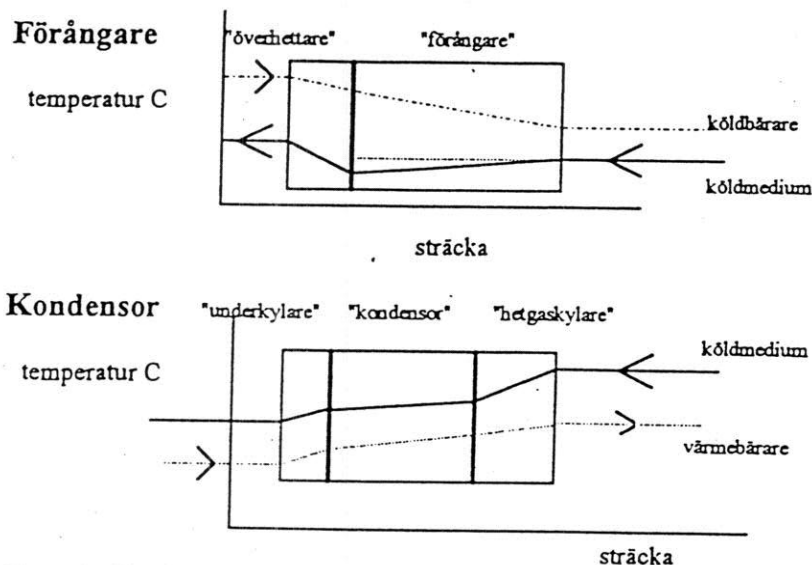
Förångare och kondensor undersöktes vid separata prov. Vid kondensorförsöken varierades värmeeffekten (effekt avgiven vid kondensorn) mellan 1,5 och tre kilowatt. Effekten varierades genom att ändra förångningstemperaturen, vilket påverkade massflödet genom kompressorn. På förångarsidan fanns inga möjligheter att öka flödet och därmed effekten. Då förångaren testades vid de lägre förångningstemperaturerna varierades värmeeffekten mellan 0,7 och två kilowatt.

Två olika kondenseringstemperaturer ställdes in för utvärdering av förångaren. På så sätt varierades ånghalten in till förångaren. Vid en isentalpisk (entalpin konstant) expansion från högtrycks- till lågtryckssidan bildas en blandning av vätska och ånga. Ju högre kondenseringstemperatur och ju lägre förångningstemperatur desto högre blir ånghalten in i förångaren.

Förångare och kondensor.

En temperaturdifferens mellan de mötande medierna är nödvändig för att värmeöverföring skall ske. Denna differens önskar man så liten som möjligt. För att kunna utvärdera R22s och propans värmeöverföringsegenskaper har temperaturdifferensen för de mötande medierna bestämts. Differensen har ritats upp mot kyl- respektive värmeeffekt. Genom att jämföra vilken temperaturdifferens som krävs för att överföra en viss effekt fås en uppfattning om mediets värmeöverföringsegenskaper.

Temperaturdifferensen för de mötande medierna kan definieras på flera olika sätt. I figur 3 ses att förångaren i princip har två funktioner; förångare och överhettare. För kondensorns del har den tre funktioner; hetgaskylare, kondensor och underkylare. Figur 3 visar också att förångnings- respektive kondenseringstemperaturen sjunker något längs värmeväxlaren på grund av tryckfallet över värmeväxlaren.

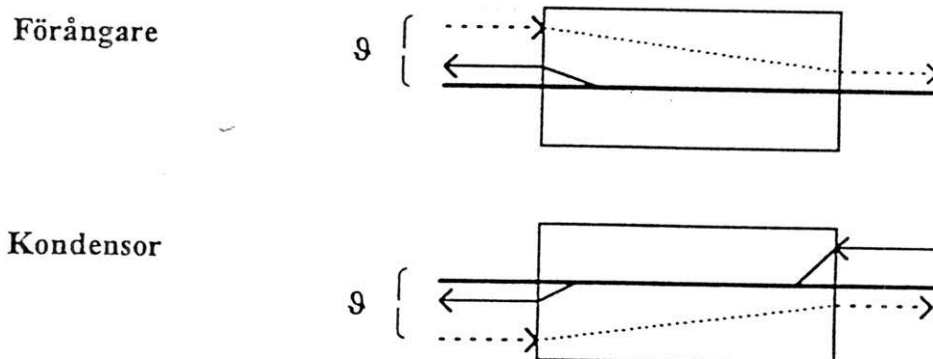


Figur 3. Kondensor och förångare.

Det är vanligt att en medeltemperaturdifferens för värmeväxlaren definieras. Vid värmeväxling mellan enfasmedier är det naturligt att använda den logaritmiska medeltemperaturdifferensen definierad som

$$\vartheta_{\ln} = \frac{(\vartheta_{in} - \vartheta_{ut})}{\ln(\vartheta_{in} / \vartheta_{ut})}$$

Vid förångning och kondensering är det inte självklart en lämplig definition eftersom differensen varierar på ett osystematiskt sätt längs värmeväxlaren (se figur 3).



Figur 4.

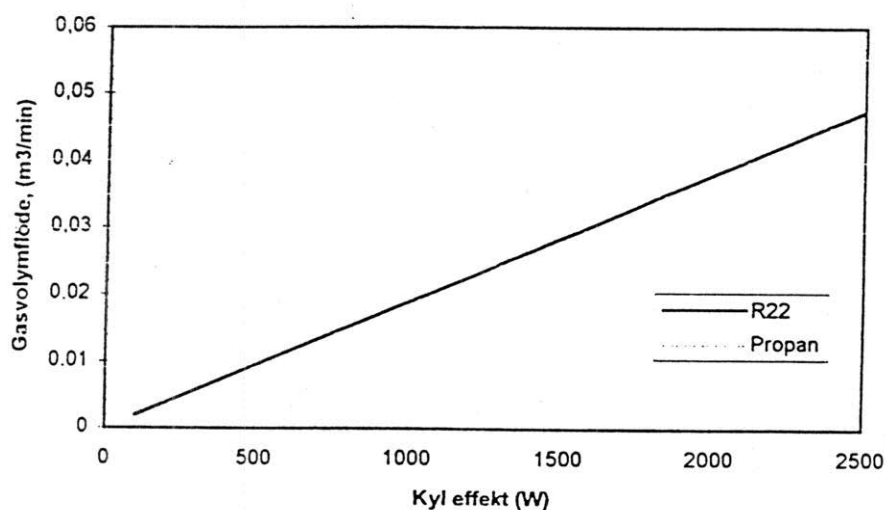
I denna rapport har vi istället valt att presentera temperaturdifferenserna mellan inkommande värmebärare och kondenseringstemperatur vid kompressorutloppet respektive mellan inkommande köldbärare och förångningstemperatur vid kompressorinloppet, ϑ , se figur 4. Då köld- och värmebärarflöden varit lika i alla försöken ger dessa differenser en uppfattning om värmeövergången på köldmediasidan av värmeväxlaren.

4. Resultat och diskussion

Projektets mål är att undersöka de tekniska möjligheterna att ersätta R22 med propan i små värmepumpar. I huvudsak är intresset riktat mot värmeöverföringsegenskaperna i plattvärmväxarna (kondensator och förångare).

I figur 5 a och b redovisas hur mass- och gasvolymflöde varierar med effekten för R22 och propan. Mass- och volymsflöde är relaterade via volymiteten; $V=m \cdot v$. Propans förångningsvärme (kJ/kg) är högre än R22s, vilket medför att ett lägre massflöde krävs för propan än för R22. Volymiteten (m^3 per kg) för propan är grovt räknat dubbelt så hög som för R22. För en given effekt blir därför volymflödet högre för propan än för R22.

Gasvolymflöde för R22 och propan, teoretiskt
($t_2=0^\circ\text{C}$, $t_1=45^\circ\text{C}$, ingen överhettning el. underkyllning)



Figur 5a. Gasvolymflöde mot kyleffekt.

Massflöde för R22 och propan, teoretiskt
($t_2=0^\circ\text{C}$, $t_1=45^\circ\text{C}$, ingen överhettning el. underkyllning)

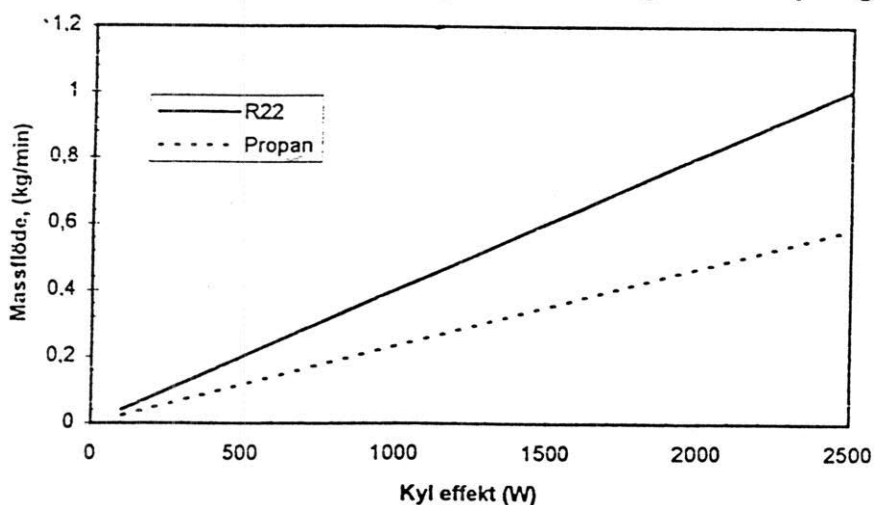
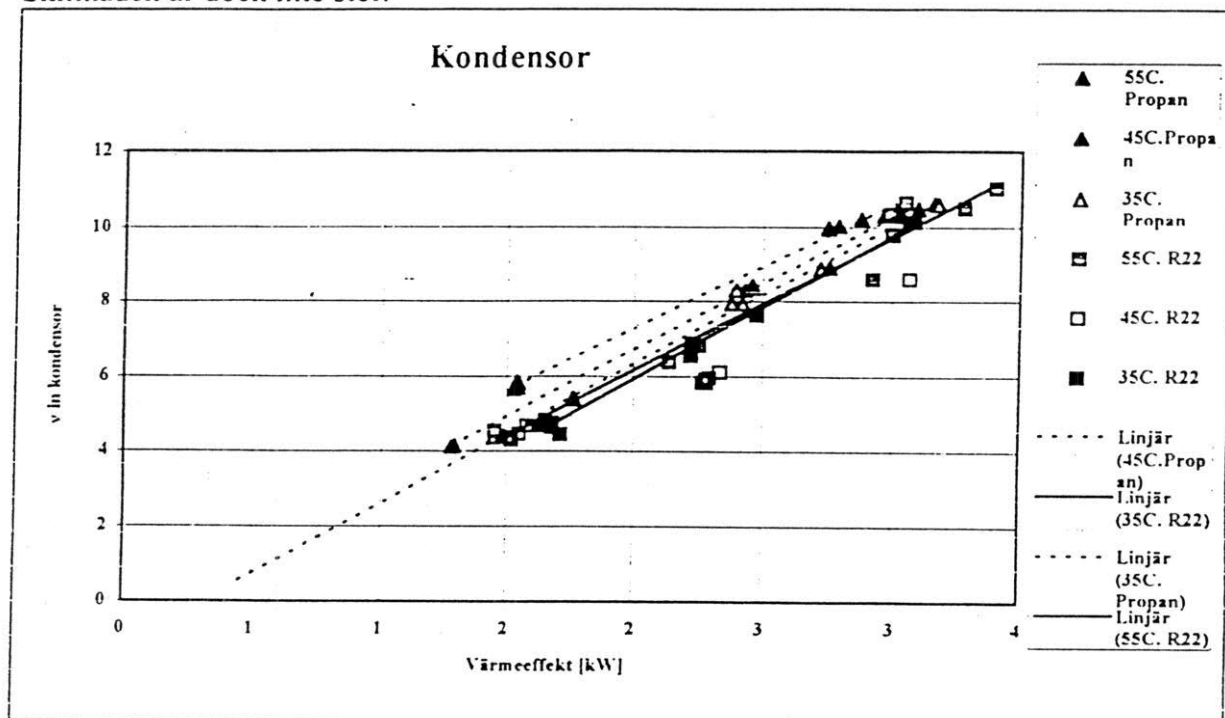


Diagram 5b. Massflöde mot kyleffekt.

Liknande betraktelser som gjordes för förångaren utfördes även för kondensorn. I figur 8 kan vi se att propan (trianglar i diagrammet) kräver en något högre temperaturdifferens än R22 för att överföra en viss effekt, och det oberoende av vilken kondenseringstemperatur som väljs. Skillnaden är dock inte stor.



Figur 8. Temperaturdifferens mot värmeeffekt.

De framräknade tryckfallen för förångaren var lägre då köldmediekretsen var fylld med propan jämfört med då R22 användes. Tryckfallen bestämdes utifrån uppmätt temperatur in till förångaren och förångningstemperaturen. Den senare gavs av förångningstrycket. R22 gav ett tryckfall som varierade mellan 80 och 300 mbar. I de försök då propan användes som köldmedium var tryckfallet från 30 till 200 mbar. De låga tryckfallen bör bekräftas via direkta tryckfallsmätningar. Tryckfallet är en begränsande parameter vid utformning och dimensionering av plattvärmväxlare. Ett lägre tryckfall ger möjligheter att förändra plattvärmväxlaren och förbättra värmeöverföringen.

Hetgastemperaturerna (köldmediegasens temperatur efter kompression) var lägre för propan än för R22.

Sammanfattningsvis visar resultaten att propan uppvisar värmeöverföringsegenskaper som är likvärdiga R22s. I den plattvärmväxlare, som fungerar som kondensor, har propan något sämre egenskaper, men skillnaden är liten. Det krävs något högre volymflöde för propan jämfört med R22 för att erhålla en bestämd värmeeffekt. Tryckfallen för propan är låga och med avseende på detta skulle utformningen av plattvärmväxlaren kunna förändras. Detta skulle i sin tur kunna medföra förbättrad värmeöverföring. Möjligheterna finns.

Referenser

1. Niklas Tengblad, 1993, "Resultat från prov med liten luft-luft värmepump med propan/gasol som arbetsmedium." Trita REFR Report No 93/12.
2. Johan Landé, 1992, "Praktiska prov med olika köldmedier i brine-vatten värmepump." Trita REFR Report No 92/8