

Bilaga 1

Innehåll

Arbetspaket 1

Teoretisk möjlig förbättring

Jämförelser Propan och Isobutan

Studie inverkan av intern vvx

Specifikation aggregat med Bitzer

Specifikation aggregat med Sanden

Arbetspaket 3

Ingående komponenter

Vad kan vinnas med EkoPack som economizer

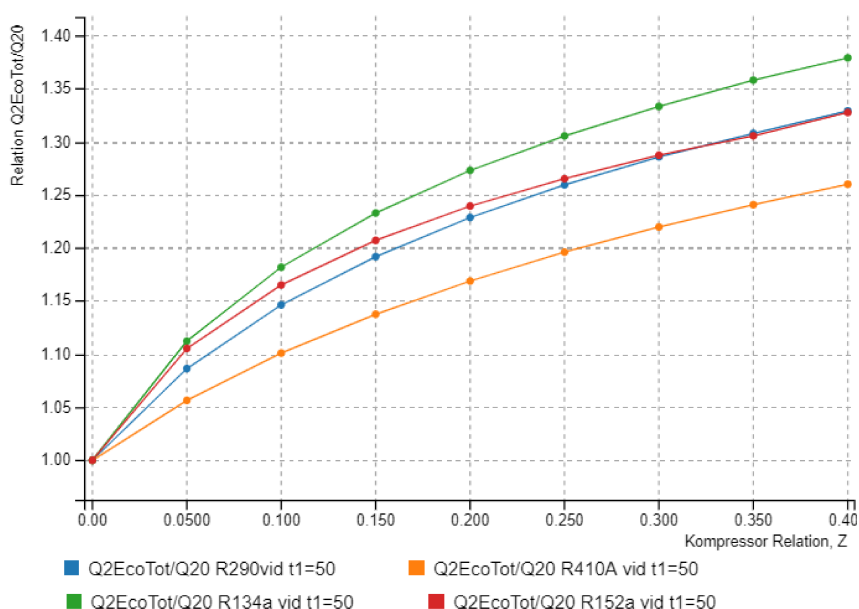
Förutsättningar:

Grundcykel: Förångningstemperatur $t_2 = -7^\circ\text{C}$, överhettning $= 5\text{K}$, underkylning i kondensor 5K .

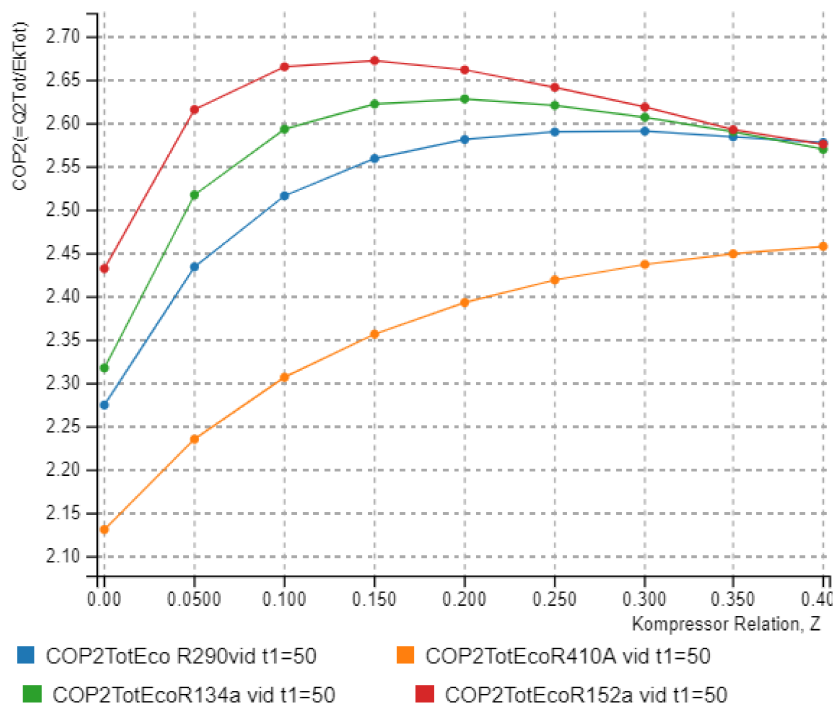
Kondenseringstemperatur $t_1 = 50^\circ\text{C}$ för både huvudcykel och för EcoPack

EcoPack arbetar med R600a som köldmedium. Förångnings-temperaturen för EcoPack-enheten antas vara 2 K lägre än den kylda köldmedievätskan. Den temperaturen beror i sin tur på hur stor kompressor som används. För generalisering har här definierats ett Z-värde, där symbolen Z är förhållandet mellan slagvolymen för EcoPack-kompressorn och grundcykelns kompressor. (Lika volymetrisk verkningsgrad har förutsatts). Alla kompressorers isentropiska verkningsgrader har satts $= 0,65$.

Följande figurer illustrerar hur kyleffekt och köldfaktor för kylanläggningar med olika köldmedier kan påverkas genom att förse den med EcoPack-moduler med Isobutan. Storleken av EcoPack-modulen definieras då via faktorn Z som anger slagvolymen av EcoPack-kompressorn jämfört med huvukompressorns slagvolym. Fallet $Z=0$ svarar alltså mot grundcykeln utan någon economizer.



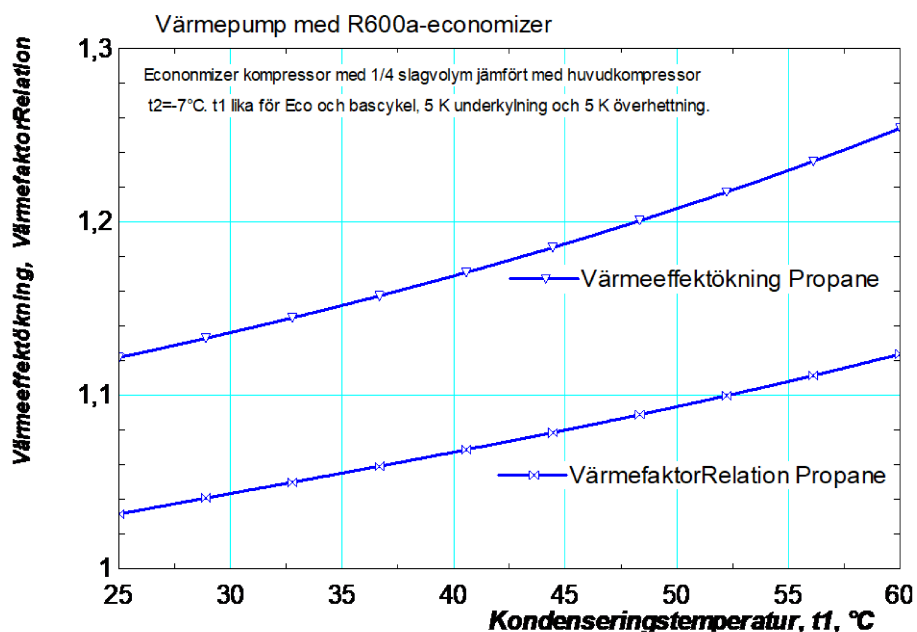
Figur 1. Illustration av hur kyleffekten ändras vid olika storlekar av EkoPack-kompressor.



Figur 2. Exempel på hur köldfaktorn (COP2) ändras med relativa storleken av EkoPack-kompressor.

För en anläggning med Propan som köldmedium (den blå kurvan) skulle med de gjorda förutsättningarna köldfaktorn (=värmefaktorn – 1) kunna ökas från ca 2,27 utan economizer (Z=0) till ca 2,59 (vid omkring Z=0,25), dvs med ca 14%. Av Figur 3 framgår att kyleffekten för detta fall skulle öka med faktor ca 1,26.

För en värmepump blir de procentuella ändringarna mindre än de nämnda. Likaså påverkar kondenseringstemperaturen utfallet vilket illustreras i följande Figur 5 för fall med Propan i huvudkretsen.



Figur 3. Potentiella fördelar med economizer påverkas starkt av kondenseringstemperaturen.

Jämförelser Isobutan och Propan

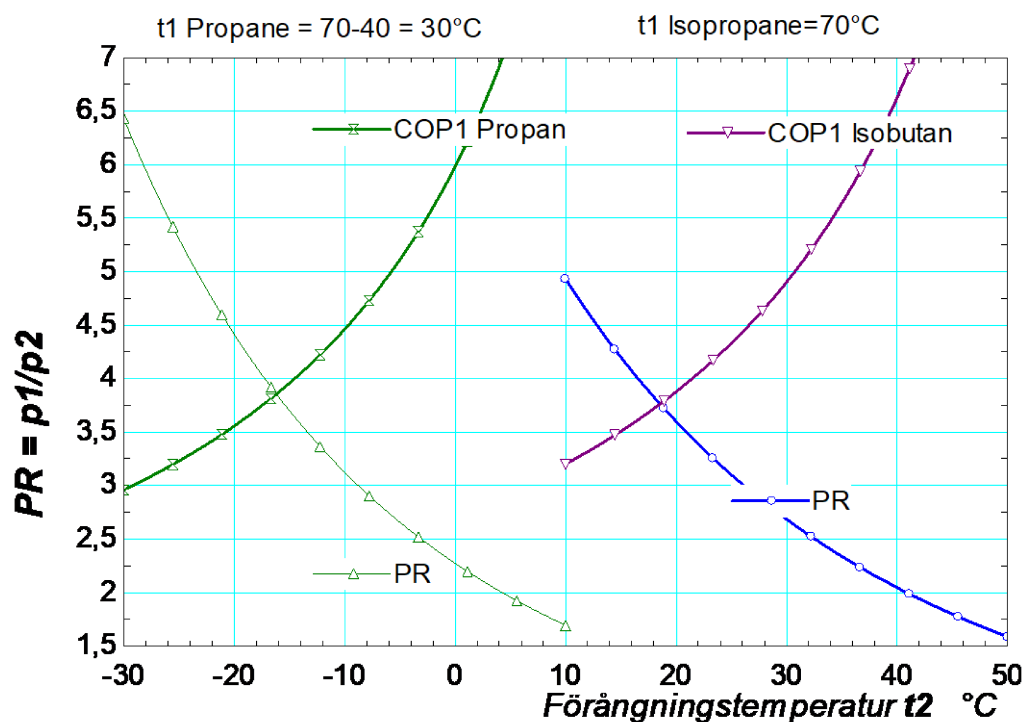
Vi har ju i olika sammanhang talat om att ett system med Isobutan uppför sig som ett system med Propan om man kör det med 30-40 grader högre temperaturnivå. Jag tänkte att det kanske vore på sin plats att visa mer explicit. Och kanske kan det också vara ett inspel till vår disussion om "enveloppen" (vad det begreppet nu innebär?).

Jag tänker mig att vi kan utgå från den kompressor som Bitzer föreslår och som KYLMA kan tillhandahålla. Vi antar att vi kör system med isobutan och med propan med samma underkylning i kondensorn, samma överhettning i förångaren och samma temperatuverkningsgrader för den interna värmeväxlaren som Bitzer anger (för isobutan). Jag har dessutom antagit att både volymetriska och isentropiska verkningsgraden är oförändrade i alla driftsfall (vilket naturligtvis inte är korrekt men för jämförelsen som jag tänkte göra spelar det underordnad roll).

I den första figuren visas vilket tryckförhållande och vilken värmefaktor som man skulle få för de två systemen. Kurvor är inlagda för system *med samma temperaturlyft* för propan och isobutan,
 - för isobutan förångningstemperatur t_2 i intervallet 10 – 50°C, kondenseringstemperatur $t_1 = 70^\circ\text{C}$
 - för propan förångningstemperatur t_2 i intervallet -30 – +10°C, kondenseringstemperatur $t_1 = 30^\circ\text{C}$

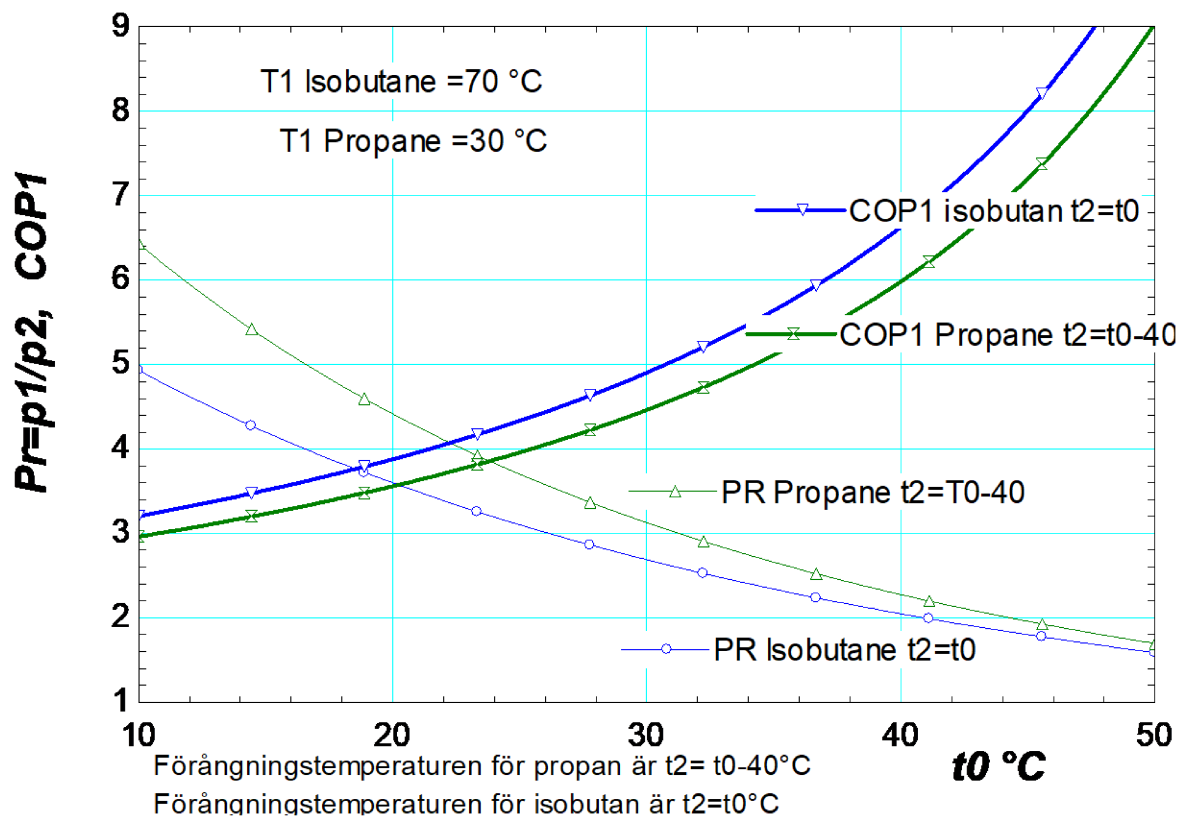
(Kanske är det lite originellt att visa COP1 och tryckförhållandet i samma figur – jag har valt det för att siffervärdena är av samma storleksordning så se kan samsas på y-axeln.)

Som syns av figuren får då isobutan ungefär samma effekt och COP1 som propan men vid 40 grader högre temperatur.



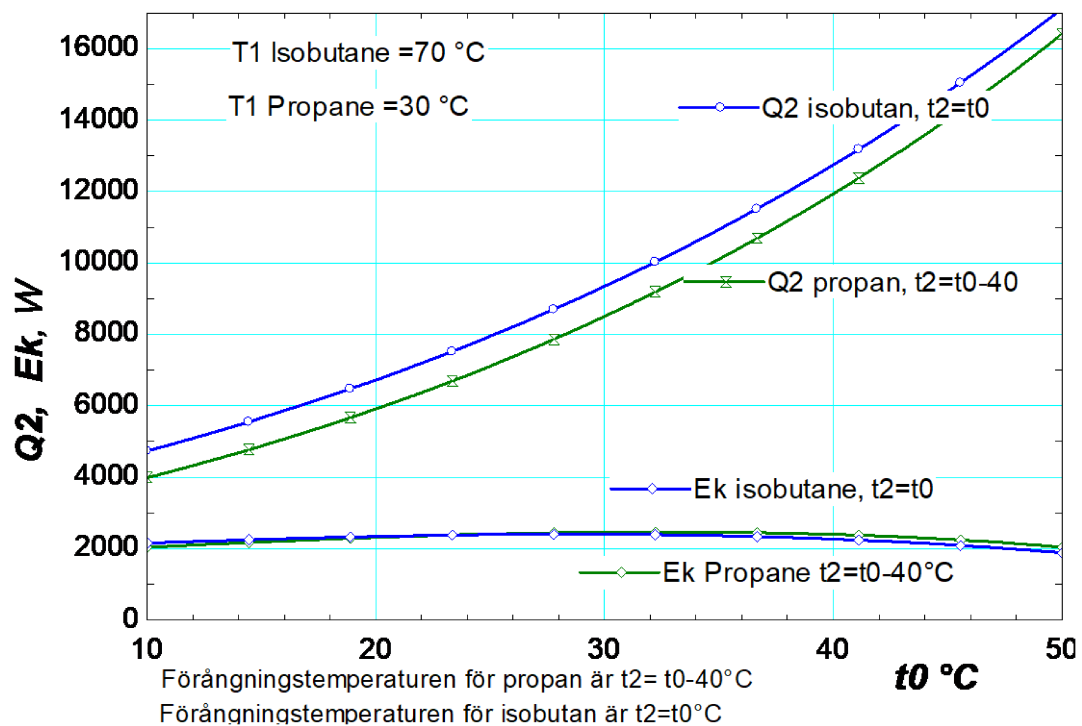
Det sagda visas kanske tydligare i Figur 2. I det här diagrammet är det på x-axeln en storhet t_0 som för isobutan är = förångningstemperaturen, däremot för propan är $t_2 = t_0 - 40^\circ\text{C}$ dvs axelns värde minskat med 40°C . Det är samma data som visas i båda figurerna 1 och 2 men skalorna är olika.

Man ser att för samma temperaturlyft är tryckförhållandet är lite lägre för isobutan och (som väntat) är COP1 också lite bättre.

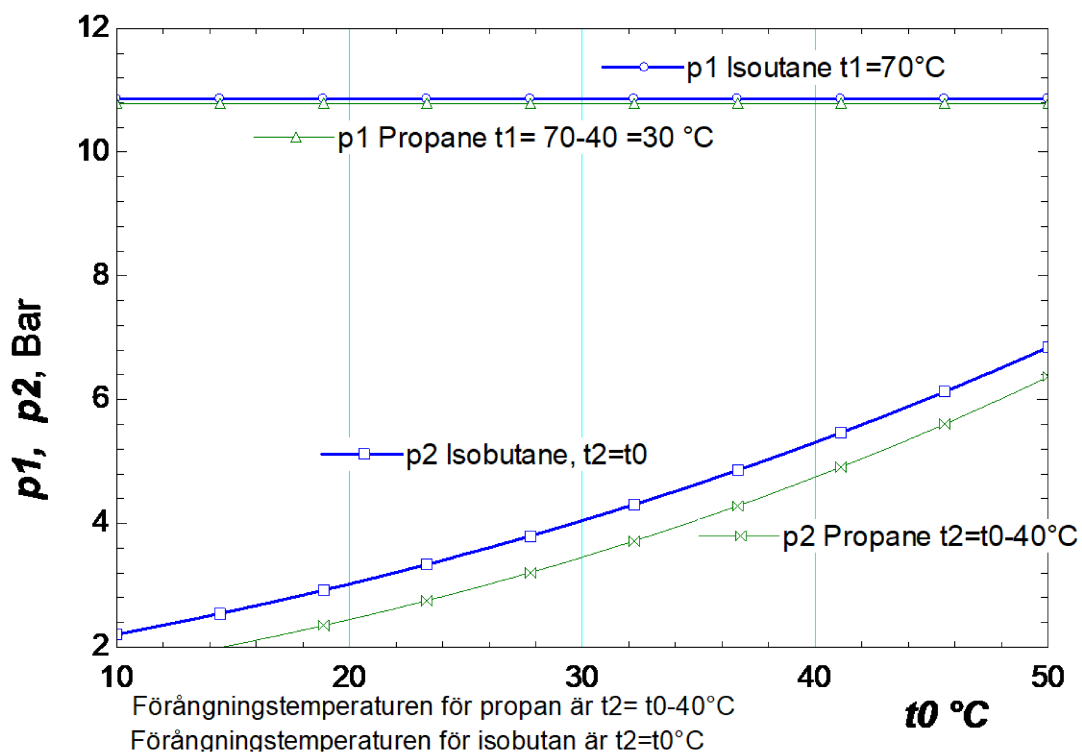


Nästa figur (Figur3) visar på samma sätt kyleffekt och kompressoreffekt. Med isobutan kan man tydligen vänta sig att kompressorn drar nästan exakt samma effekt som för propan om temperaturerna på både kalla och varma sidan höjs upp 40°C för fallet isobutan.

Kyleffekten blir en aning större; skillnaden är säg 5%. Det beror på att arbetscykeln helt enkelt är en aning mer effektiv med isobutan än med propan.



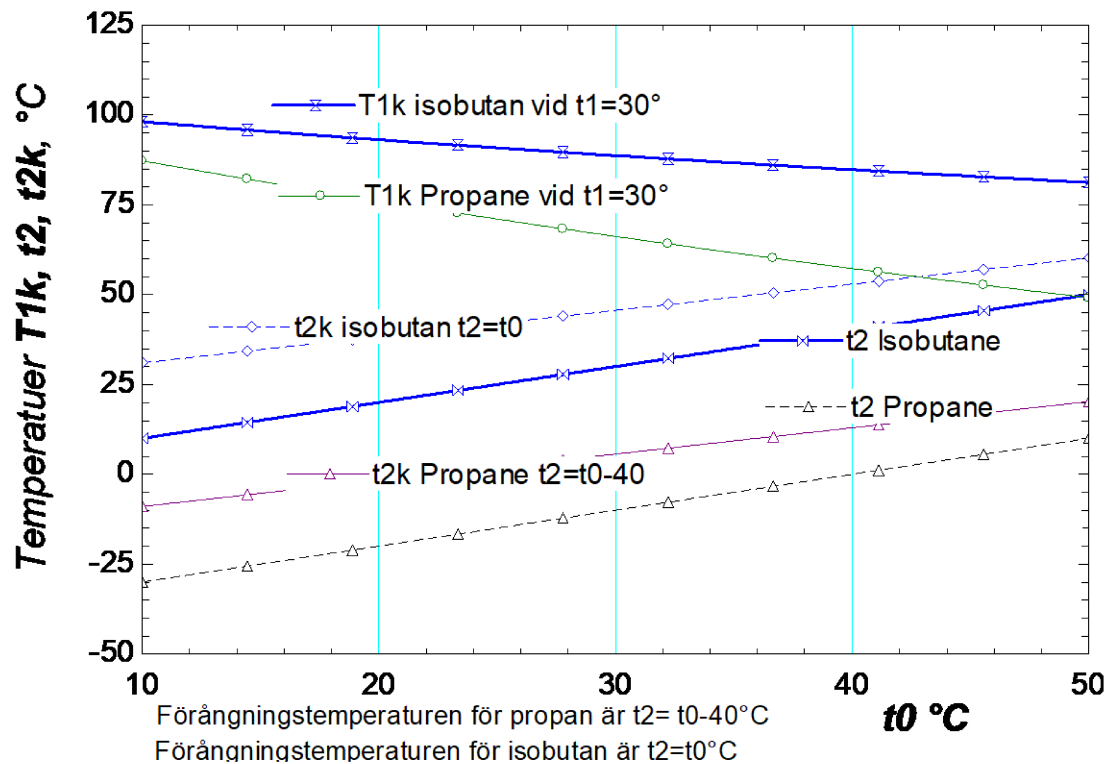
På liknande sätt visar Figur 4 vilka tryck som man får i förångare och kondensor



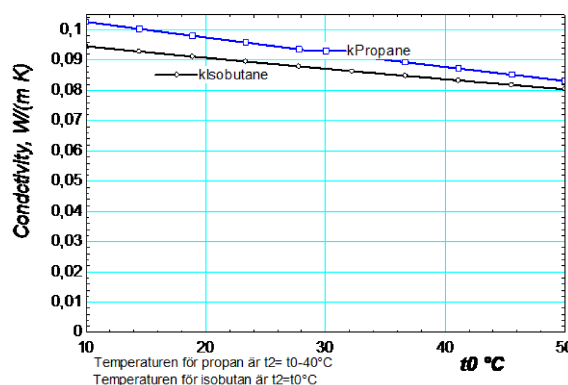
Figur 4

En jämförelse av tryckrörstemperaturen (t_{1k}) efter kompressorn visas i Figur 5. Det verkar som om vi alltid kan hålla oss under ca 100 °C vilken blir temperaturen med isobutan vid extremfallet +10°C /+70°C. Isobutan ger högre tryckrörstemperatur än propan för lika temperaturlyft.

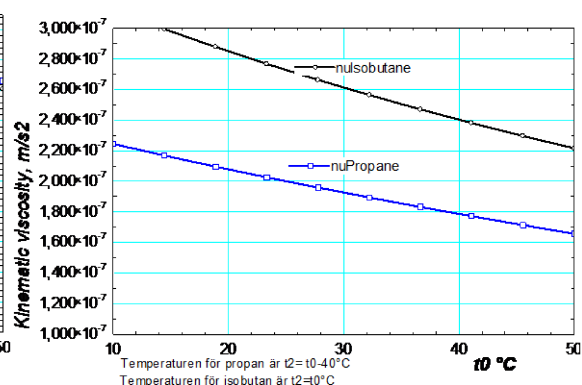
Inom parentes kan nämnas att för det fall som Bitzer anger (+10/+65°C) anges $t_{1k} = 65^\circ\text{C}$ och det är nästan exakt vad min lilla rutin också ger för samma data (vilket borde vara väntat eftersom jag använde Q2 och Ek som indata för att modellera slagvolym och kompressorverkningsgrad).



Till slut några jämförelser av ämnesdata, värmeledningsförmåga, k och kinematiska viskositet. I figurerna är alltså data för propan vid 40 grader lägre temperatur än för isobutan. De är i alla fall i samma storleksordning. Vi får återkomma till hur värmeöverföringen påverkas...



Figur 6



Figur 7

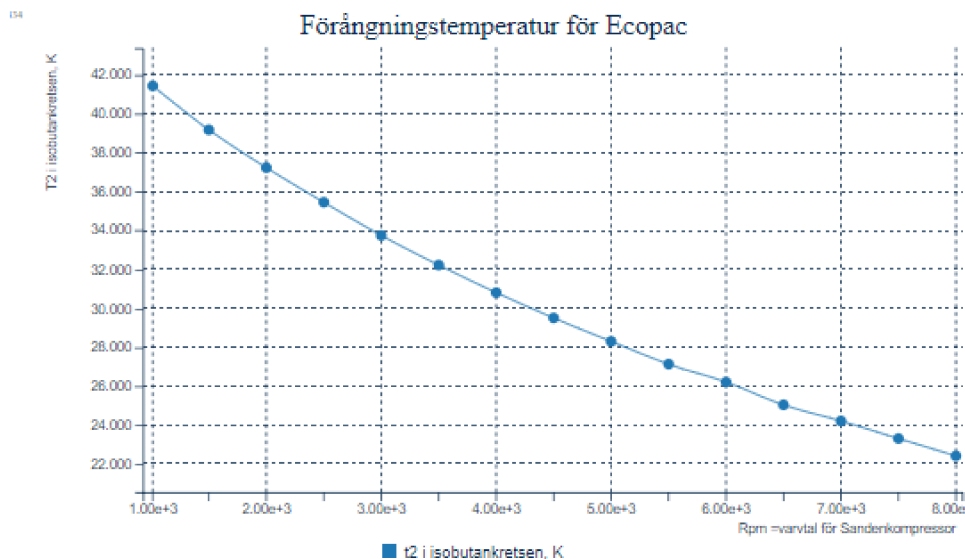
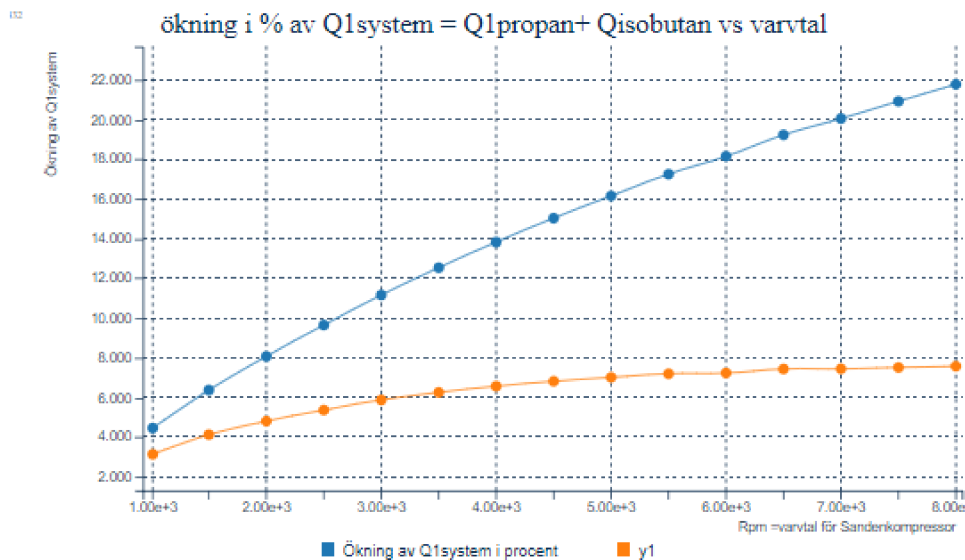
Propankrets med Ecopac

Propankretsen har antagits bestå av två parallellkopplade kompressorer, vardera med slagvolymen 29,6 m³/h at 2900 rpm. Propankretsen har antagits arbeta med $t_2 = 0$ och $t_1 = 50$ °C. Samma kondenseringstemperatur antas för ecopac-enheten.

I följande grafer har förutsatts att förångaren har samma UA-värde som med proven med vatten (dvs utan hänsyn till att propanvätskan har sämre värmeöverföringsegenskaper).

Exempel på inverkan om man ändrar olika parametrar finns i följande grafer:

<code>t1prop</code>	50
<code>t2prop</code>	0
<code>a := Rpm</code>	5000
<code>c := evalsheet("Rpm", 1000 : 500 : 8000)</code>	{}



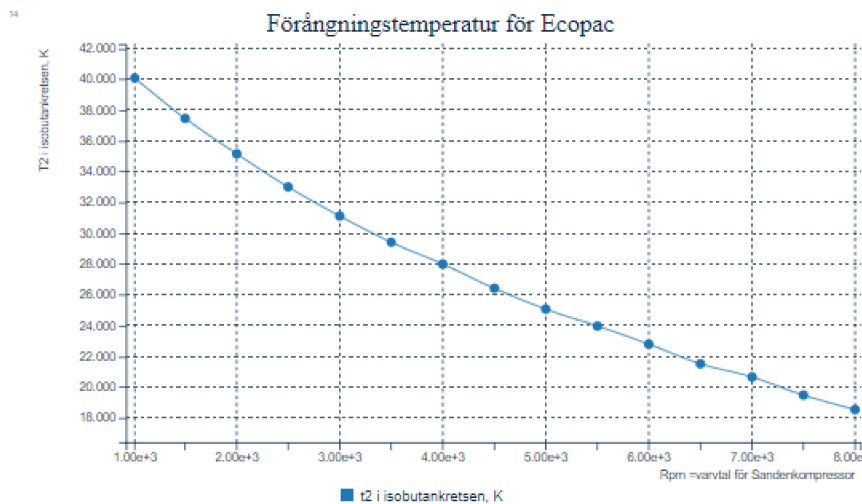
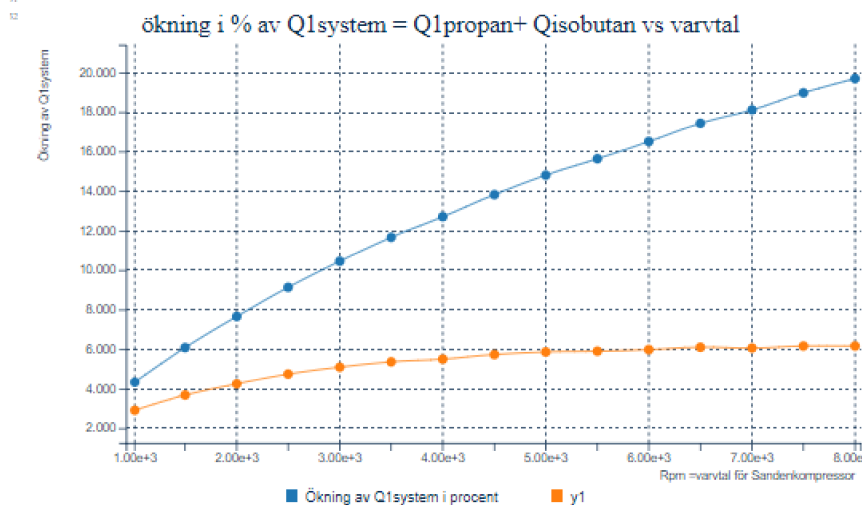
Vid 5000 rpm ser det ut som att Q1 för systemet ökar med ca 16 % och COP1 för systemet ökar med ungefär 7%. Förångningstemperaturen för Ecopac bör bli ca $T_2 = 28^\circ$.

Hur påverkas prestanda av att UA-värde i förångaren troligen är betydligt sämre med propan än med vatten på 'brine'-sidan?

Hoppas på att få bättre underlag från AlfaLaval men i brist på sådant kan följande överslagsberäkning belysa hur känsligt systemet är.

Antag att man får ett UA_{evap}-värde som är hälften UA-värdet vid Elsas körningar (med vatten som värmekälla). Så här ser resultatet ut för fallet med UA_{evap} = 0,5 · UA_{Elsas} prov..

Exempel på inverkan om man ändrar olika parametrar finns i följande grafer:
 $t1_{prop}$ 50
 $t2_{prop}$ 0
 $a := Rpm$ 50
 $c := evalsheet("Rpm", 1000 : 500 : 8000)$ 0

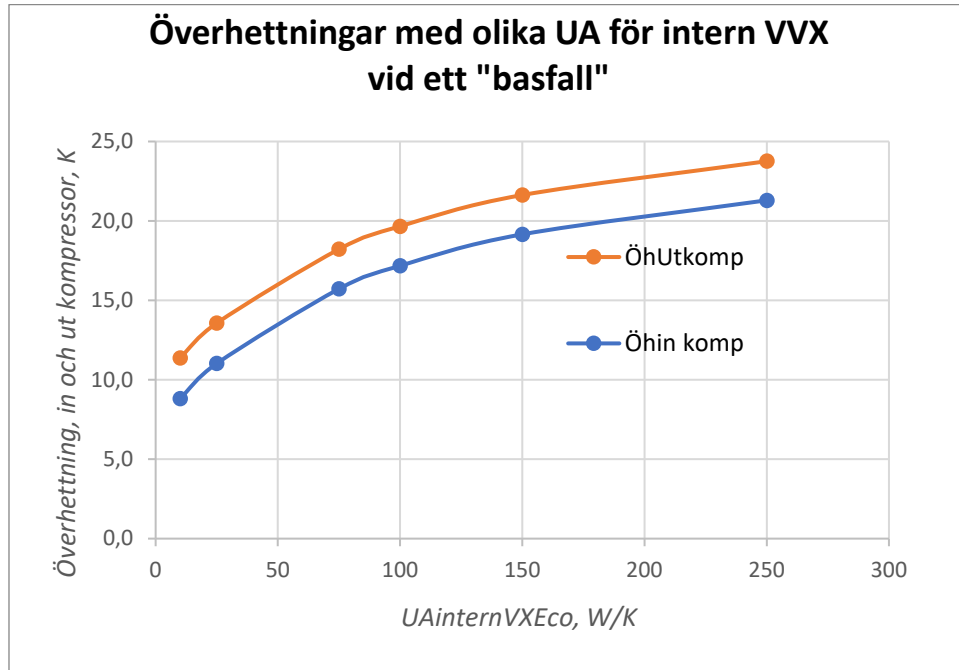


Inverkan verkar trots allt inte vara alltför dramatisk.

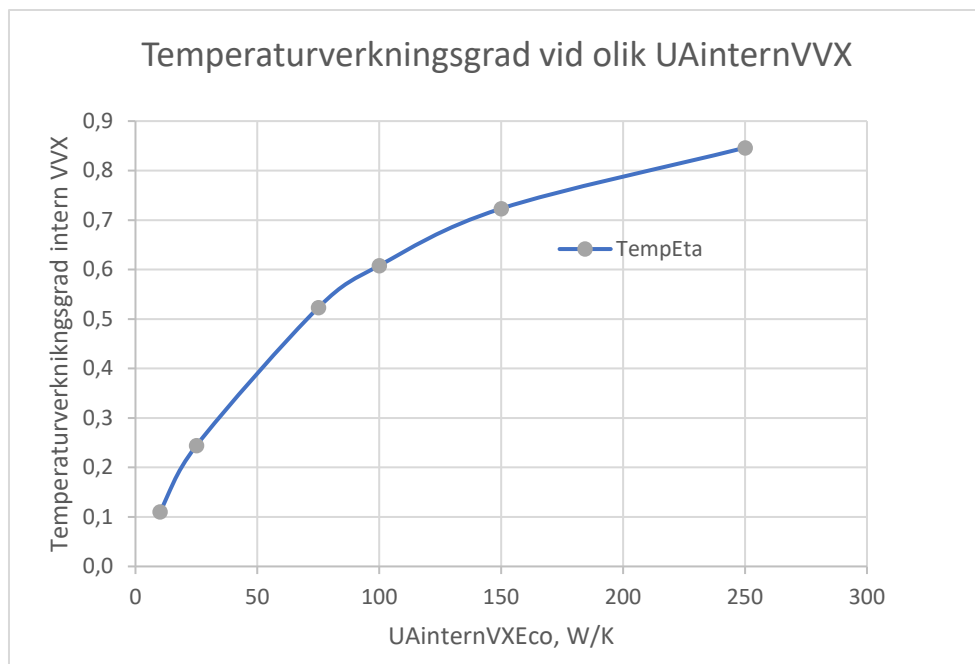
Vid 5000 rpm ser det ut som att Q1 för systemet ökar med nära 15 % och COP1 för systemet ökar med ca 6 %. Förångningstemperaturen t2 blir ungefär 25°C. Ungefär 1 procentenhet sämre förbättring både för effekt och för värmefaktor. Skälet till det minskade utbytet ligger naturligtvis i att förångningstemperaturen, t2, verkar bli ungefär 3 grader lägre.

Intern värmeväxlare i Ecopac

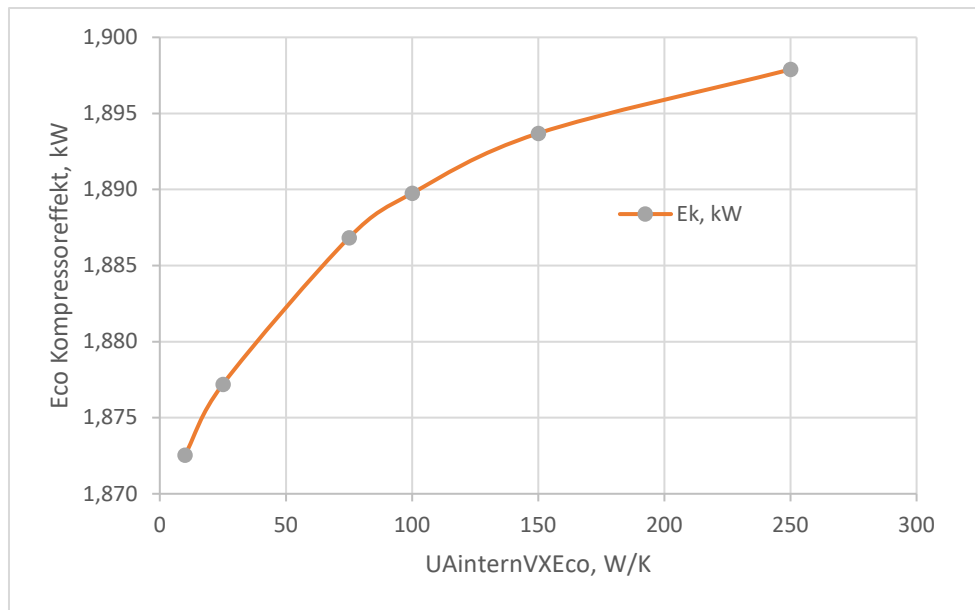
Med en bra intern värmeväxlare borde det inte vara några problem att få önskad (stor) överhettning in i och ut ur kompressorn:



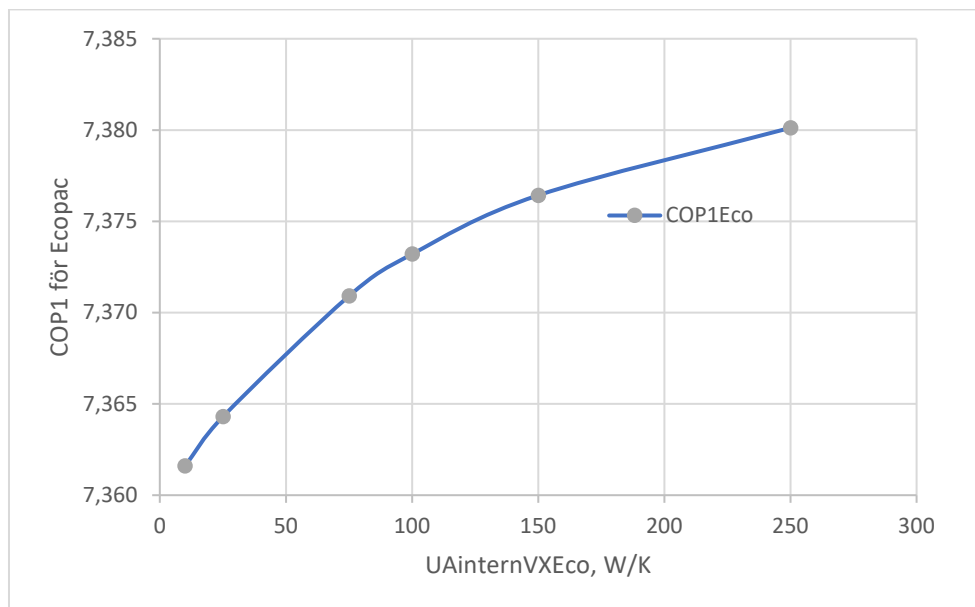
UA-värdet påverkar temperaturverkningsgraden enligt följande



Kompressorns effektbehov påverkas mycket marginellt i den enkla modell jag har (med konstant kompressorverkningsgrad) och...



...- detsamma gäller för Ecopac COP1. Notera skalorna i de två diagrammen.



Resultaten i de två sista diagrammen var skälet till att jag inte lade på större UA-värde i den interna värmeväxlaren...

Specifikationer för värmeväxlare till Ecopac

Ecopac med Bitzer kompressor:

Kondensor

Köldmedium: Isobutan.

Kondensoreffekt: Q1 ca 13,87 kW. Massflöde isobutan ca 0,042 kg/s

Kondenseringstemperatur: 61,9°C (motsvarande trycket vid inloppet ca 9,08 bar)

Gasens inloppstemperatur, ca 79°C.

Underkyllning ca 4K

Kylmedium: Vatten

Inloppstemperatur 52°C, utloppstemperatur ca 60,2°C.

Massflöde: typiskt ca 0,4 liter/s

Tryck: tryckklass -- Som för vanlig inkoppling till radiatorsystem el liknande.

Data motsvarar ungefär totalt värmegenomgångstal $UA_{1\text{Eco}}=3 \text{ kW/K}$

Förångare

Köldmedium: Isobutan

Kyleffekt: Q2 ca 12 kW

Förångningstemperatur: 34,3°C (motsvarande trycket vid utloppet, 4,56 bar)

Överhettning 4-5 K (man har vid utloppet stor temperaturdifferens tillgänglig).

Vätsketemperatur före expansionsventilen ca 53°C.

Massflöde: 0,042 kg/s

Värmebärare: Propan

Inloppstemperatur 58,2°C, utloppstemperatur 37,3°C.

Massflöde: ca 0,019 kg/s

Tryck ca 22 bar

Intitla prov kommer att göras med vatten som värmebärare med liknande in-och utloppstemperaturer.

Data motsvarar ungefär värmegenomgångstal baserat på medeltemp.diff. $UA_{1\text{Eco}}=1,2 \text{ kW/K}$

Intern värmeväxlare Isobutan vätska till ånga

Massflödet (ca 0,042 kg/s) på båda sidor.

Isobutan i vätskeform efter kondensorn med trycket 8,25 bar ska kylas från ca 58 till ca 53 °C.

Isobutani ångfas med trycket ca 4,13 bar från förångaren värms från temperaturen ca 41°C till ca 48°C om man anser ångan torr då den lämnar förångaren.

(Det motsvarar ett totalt UA-värde omkring 50 W/K)

Observandum.

För samtliga värmeväxlare strävar vi efter minsta möjliga fyllnadsmängd som möjligt på isobutansidan.

Specifikationer för värmeväxlare till Ecopac

Ecopac med SANDEN kompressor:

Kondensor

Köldmedium: Isobutan

Kondensoreffekt: Q1 ca 7 kW. Massflöde ca 0,0208 kg/s

Kondenseringstemperatur: 58°C (motsvarande trycket vid inloppet ca 8,25 bar)

Gasens inloppstemperatur, ca 76°C.

Underkyllning ca 4K

Kylmedium: Vatten

Inloppstemperatur 50°C, utloppstemperatur ca 57°C.

Massflöde: ca 0,25 liter/s

Tryck: tryckklass ??

Förångare

Köldmedium: Isobutan

Kyleffekt: Q2 ca 6 kW

Förångningstemperatur: 31°C (motsvarande trycket vid utloppet, 4,13 bar)

Överhettning 4-5 K.

Temperatur före expansionsventilen ca 47°C.

Massflöde: 0,0208 kg/s

Värmebärare: Propan

Inloppstemperatur 53°C, utloppstemperatur 33°C.

Massflöde: ca 0,01 kg/s

Tryck ca 20 bar

Intititala prov kommer att göras med vatten som värmebärare med liknande in-och utloppstemperaturer.

Intern värmeväxlare Isobutan vätska till ånga

Massflödet (ca 0,021 kg/s)

Isobutan i vätskeform med trycket 8,25 bar ska kylas från ca 54 till ca 47 °C.

Ångan med trycket ca 4,13 bar från förångaren värms v från ca temperaturen 36°C till ca 46°C

Komponenter Bitzer-rigg

4EESP-4P-40S Kompressor R600a (nytt art nr läggs upp)

Olja PAG BSG68K

Oljenivåvakt OLC-K1, 230V

Oljevärmare 120W

Hetgasgivare PTC 140

B10THx30/1P-SC-M 2x28U+2x1"&22U, 15370-030, SGHX (2171945)

B25THx40/1P-SC-M 2x22U+2x1"&22U, 14131-040, Kondensor (2171532)

F85Hx20/1P-NC-M 12.8+22U+2x28U, 17979-020, Förångare (nytt art nr läggs upp)

E2V30, elektronisk exp ventil

Komponenter Sanden aggregat

Sanden SH33

Alfa Laval CB24

E2V30, elektronisk exp ventil

Internvärmväxlare KA Engineering & PentaProp experiment kondensor 31 plattor