

CO2 RSW article

CREATIV D 4.2.15

PERSON RESPONSIBLE / AUTHOR

Yves Ladam
Håvard Rekstad

FOR YOUR ATTENTION
COMMENTS ARE INVITED
FOR YOUR INFORMATION
AS AGREED

DISTRIBUTION

Creativ consortium

PROJECT NO / FILE CODE

16x898

DATE

2012-11-29

CLASSIFICATION

Unrestricted

Deliverable 4.2.15, article in "Kulde og Varmepumper", issue 3, 2012

Fra forskning til kommersielt anlegg

CO₂ RSW på fiskebåt

Av **Yves Ladam**, utviklingsleder Kuldeteknisk AS, forsker SINTEF Energi Forskning, **Håvard Rekstad**, NTNU

Ser på alternative kjølemedier på fiskebåter

Kjøling av fangsten er en kritisk funksjon på fiskebåt samt en betydelig energiforbruker. Miljøbelastningen, og prisen på dagens kjølemedier gjør at man ønsket å se på alternative kjølemedier på fiskebåter. Det er spesielt viktig for fiskerinæringen ettersom det mest brukte kuldemedium, R22 blir forbudt i nær fremtid (2015).

Ammoniakk er et utmerket alternativ, men på grunn av giftighet og panikkskapende lukt er det en viss skepsis mot å bruke det som erstatningsmedium i båter hvor det ikke er gassett maskinrom med eget ammoniakkavsug.

CO₂ er et miljøvennlig alternativ, det er ikke brennbart, og klassifisert som ikke giftig iht. standard En378

Historikk

Første teoretiske vurdering av CO₂ som kuldemedium for RSW systemer ble utført i 2005 (FHF prosjekt 332052, RSW systems with CO₂ as refrigerants).

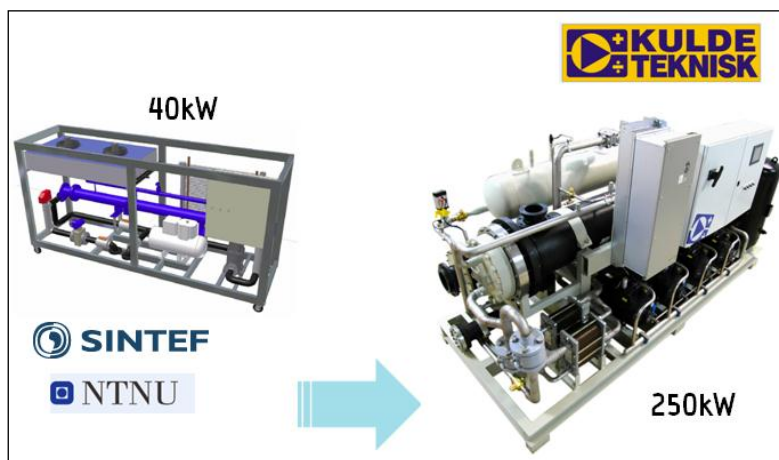
I 2007, bygde SINTEF og NTNU en 40 kW CO₂ RSW prototype i deres laboratorium i Trondheim. Resultatene var lovende.

I produktutvikling er overgang fra laboratorieskala til kommersielt anlegg ofte det svake ledd. I 2009 støttet FHF dimensjonering av et industrielt demonstrasjonsanlegg. Prosjektet fikk god nytte av grunnleggende arbeid utført i regi av prosjektet CREATIV (stor satsing på energieffektivisering).

Kuldeteknisk AS,

som har opparbeidet en solid erfaring med CO₂ systemer, kom fort på banen og tok ansvar for prosjektering, bygging og service av anlegget. Det gjensto bare å finne en reder modig nok til å investere i ny teknologi.

Det ble Båragutt AS, med MS Båragutt en 50 meter lang kystnotbåt, som måtte erstatte sitt gamle R22 anlegg. Båten driver både med sildefiske langt nord på Troms og Finnmarkskysten om vinteren, og med makrellfiske i Nordsjøen om sommeren. Det vil da bli mulig å teste teknologien med varierende sjøvannstemperaturer.



Figur 1 fra laboratorium prototype til kommersiell anlegg

Hittil har omtrent 900 tonn lodde blitt kjølt ned med anlegget med veldig god effektfaktor (COP rundt 5).

Selv under dårlige værforhold, sterk kuling, fungerte anlegget uten driftsproblemer.

System løsning

Anleggets design **Figur 2** er basert på 3 stk Dorin CD4000 (+1 reserve) transkritiske kompressorer, en væskefylt fordampner og en rørkjel kondensator/gasskjøler med CO₂ på rørsiden. Sjøvannsbestandige korrugerte rør av titan ble benyttet i varmevekslerne. I tillegg ble det benyttet sugegassvarmeveksler for å beskytte kompressorene mot eventuelt væskeslag.

Oljeretur sikres med en venturi som suger oljerik flytende CO₂ fra bunn av fordampner inn på sugesiden av kompressorer foran sugegassvarmeveksler.

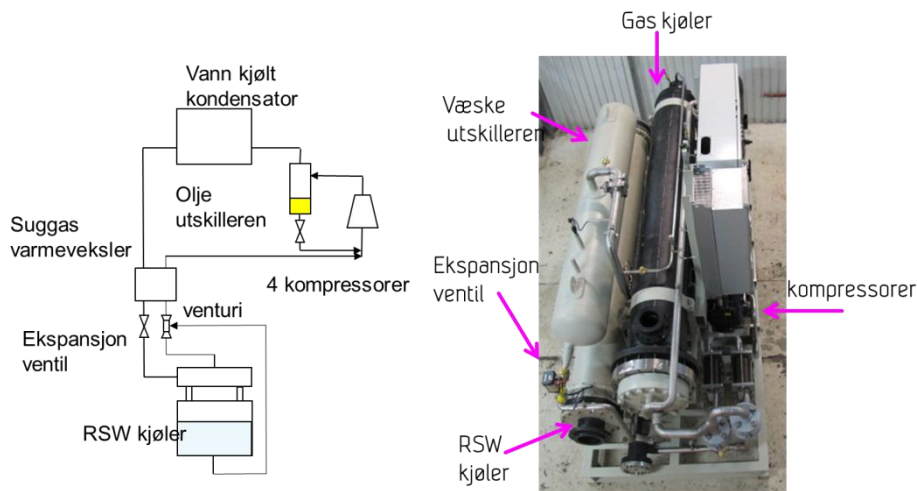
Spesifikasjon

Etter diskusjon med Båragutt AS blev det bestemt at anlegget skulle dimensjoneres etter følgende spesifisering: **250 kW ytelse for nedkjøling av sjøvann fra 0 °C til -1 °C ved -5 °C**

fordampingstemperatur og ved 20 °C som dimensjonerende sjøtemperatur.

Båten har seks tanker (480m³) som per i dag betjenes av ett eldre R22 anlegg. Det nye CO₂ anlegget skulle betjene 3 av 6 tanker. Det visste seg at den kunne faktisk kjøle ned alle tankene.

Systemvalg



Figur 2 Prinsippsskisse av RSW anlegget og plassering av hovedkomponenter

Avansert automatikk

Anlegget er levert med avansert automatikk som i grove trekk fungerer slik:

I vinter drift (subkritisk), sørger en Danfoss elektronisk ekspansjonsventil for 1 °C underkjøling før ekspansjon.

Kondensatorpumpa kan kjøres med konstant turtall eller regulert for å styre trykk på høytrykksiden.

For vinter drift, er kondensatortrykket satt til 50 bar. Det sikrer nok varme i suggas varmeveksler for å få 5 °C overheting før kompressorer.

Kompressorene er kapasitetsregulert (on/off for tre kompressorer og frekvensstyring for den siste). Det begrenser fordampingstemperatur til -5 °C og sjøvannstemperatur ut fra RSW kjøler til -1,5 °C for å unngå frysing.

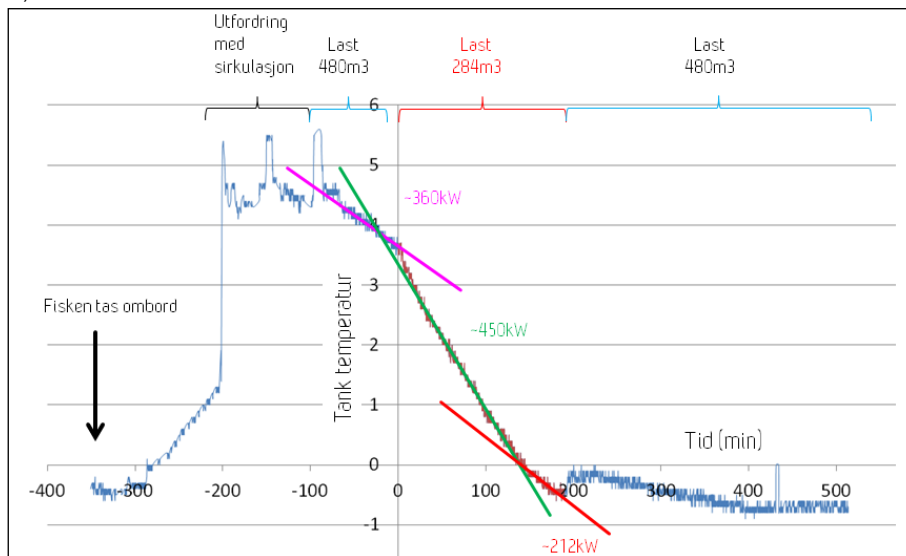
Anlegget er instrumentert med trykk- og temperatursensorer, energiforbruk til kompressorene er også målt. Kuldeytelse kan beregnes fra målinger på vannside (vannmengde og temperaturforskjell) i RSW kjøler eller fra trykk og temperaturer på CO₂ side. Begge metoder er testet og gir omtrent samme resultat. Anlegget kontrolleres via en touch skjerm og kan følges fra en fjern-PC med WEB Gate. Måledata lagres i en database og er tilgjengelig for prosjektet

Erfaring med de første driftdata

Anlegget ble bygd i Kuldeteknisk AS sitt verksted i Tromsø. Båten var klar for CO₂ anleggets jomfrutur i februar 2012: loddefiske utenfor Kvaløya, Troms. Totalt ble omtrent 900 tonn lodde kjølt vha. anlegget. 300 tonn lodde ble tatt i først kast. Nedkjøling presenteres i **Figur 3**. Etter hvert som fangsten tas ombord øker temperatur i de allerede forkjølte tankene. Når hele fangsten er om bord, startes RSW sirkulasjon. Det viste seg å være utfordrende. Lodde er en liten myk fisk som lett tetter sugeåpningene. Det tok over 100 minutter å etablere en god og stabil sirkulasjon i tankene. Det er en vanlig utfordring og SINTEF har startet ett prosjekt for å forbedre tank sirkulasjon (FHF prosjekt 9900643, Optimal kjøling av pelagisk fisk i RSW tanker om bord)

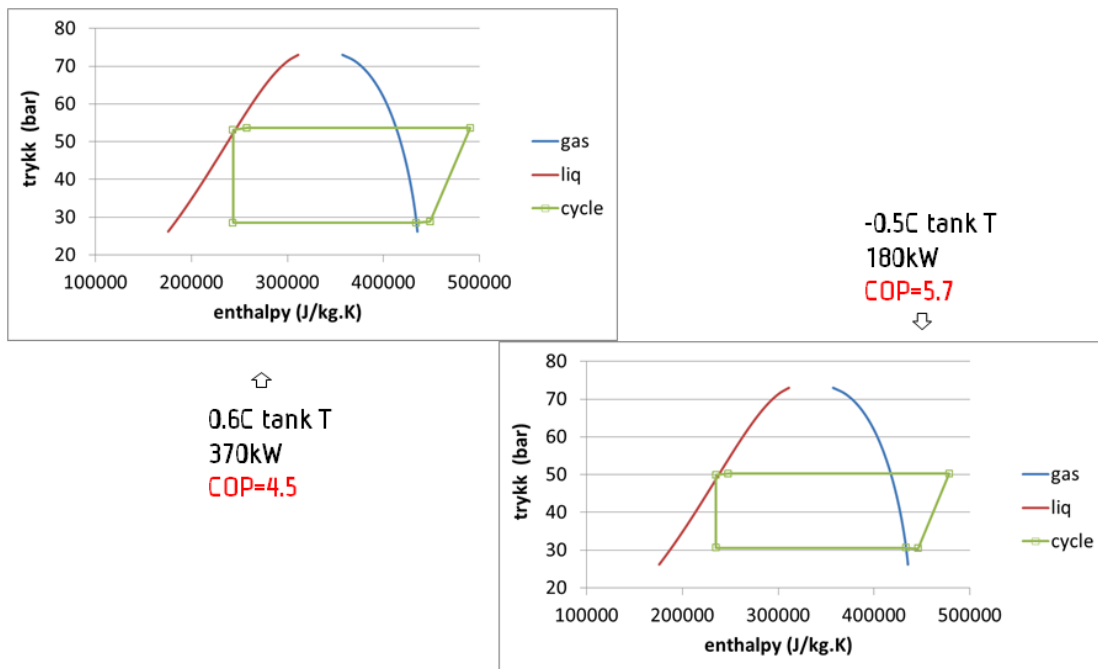
Figur 3 viser utvikling av RSW tanktemperatur med tiden. Til å starte med er alle tanker (480 m³) kjølt med CO₂ anlegget. Ytelse er estimert til 360 kW. Da de fikk beskjed at mottaksanlegget var klart, ble R22 anlegg startet og CO₂ anlegget betjente 3 tanker, 284 m³ til sammen. I første del av nedkjølingen driftes 3 stk kompressorer pluss den fjerde ved redusert frekvens (30 Hz). Ytelsen estimeres til 450 kW (kun for CO₂ anlegget). Økning av ytelse sammenliknet med nedkjøling av alle tankene er ikke forstått og kan komme fra endring av mengde vann som sirkulerer. Like før tanktemperatur krysser 0 °C og fordampingstemperatur nærmer seg -5 °C reguleres kapasiteten ned. Når tankene er kjølt ned til -0,5 °C blir R22 anlegget stoppet og alle tankene betjenes av CO₂ anlegget alene.

Første kast: 300 tonn lodde!



Figur 3 Nedkjøling av første fangst: 300 tonn lodde. Figuren viste tanktemperatur som funksjon av tid. Oppgitt ytelse er kun for CO₂ anlegg.

Figur 4 viser trykk/entalpi diagrammer ved tanktemperatur på 0,6 °C og -0,5 °C. COP er god, rundt 5. COP ved 0,6 °C i tanken er litt lavere fordi alle 4 kompressorer var i drift (mens anlegget er egentlig dimensjonert for 3 kompressorer), og kondensatorpumpen klarer ikke å holde 50 bar kondenseringstrykk. For tanktemperatur lik 0 °C er ytelsen estimert til 270 kW, litt bedre enn anlegget faktisk er dimensjonert for.



Figur 4 Trykk/entalpi diagram for CO₂ anlegget. Data for +0,6 og -0,5 °C tanktemperatur er presentert.

Konklusjon og videre arbeid

Veien fra teknologikonsept til et kommersielt produkt kan være utfordrende. Faglig bygde prosjekt på et solid forarbeid i lab.skala hos SINTEF og NTNU.

Mange prosjekter sliter med å få demonstrert teknologien med fullskala anlegg. For dette prosjektet var finansiell støtte fra FHF og Innovasjon Norge, samt en innovativ kuldebedrift og en miljøbevisst sluttbruker avgjørende.

Prosjektet fikk tidlig mulighet til å overføre forskningsoppgaver til det grunnleggende prosjektet CREATIV, dimensjoneringsrutiner og verktøy utviklet i regi av dette ble veldig nyttig.

Anlegg med god COP

Det første 250 kW RSW CO₂ anlegget er bygget og installert i en 50 m lang kystnotbåt (Båragutt MS). Hittil har omtrent 900 tonn lodde blitt kjølt ned med anlegget med god COP. Selv under dårlige værforhold, sterk kuling, fungerte anlegget uten driftsproblemer.

Sommeren vil gi nye utfordringer, ettersom varmt sjøvann vil tvinge kondenseringstrykket opp. Sommerdrift vil dokumenteres i FHF prosjektet 900690 "Driftsdata fra RSW- og kombianlegg basert på NH₃ og CO₂". Anleggets effektivitet vil også bli sammenliknet med et moderne ammoniakk RSW anlegg.

Nytt 400kW anlegg

Anlegget er i utgangspunkt i minste laget for kommersielle fiskebåter. Et nytt 400kW anlegg blir dimensjonert og vil bli et produkt i Kuldeteknisk AS sin sortiment.

R22 blir forbudt i 2015 og hva blir de alternative kuldemedier på fiskebåter?



Fiskebåten Bårag