

KØLING

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



DER ER ET STORT UUDNYTTET POTENTIALE FOR AT ENERGIOPTIMERE KØLE/VARMEPUMPEANLÆG HOS DE CA. 4.000 DANSKE MÆLKEPRODUCENTER

PROJEKT 344-011

Energieffektiv mælkekøling med intelligent styring

MÅLSÆTNING:

Projektet havde til formål at etablere et overskueligt beslutningsgrundlag for Danmarks ca. 4.000 mælkeproducenter og deres rådgivere, når de skal tage stilling til muligheder for at energioptimere deres mælkekøleanlæg

MÅLGRUPPE:

Projektet er først og fremmest henvendt til leverandører af mælkekøleanlæg og især deres kølemontører, der har den direkte kontakt til de ca. 4.000 danske mælkeproducenter. Disse virksomheder har udsigt til større omsætning, når deres kunder motiveres til at energioptimere deres anlæg. Den vigtigste sekundære målgruppe er mælkeproducenterne, der vil få praktisk gavn af projektets

PROCESSEN:

AURA Rådgivning har varetaget projektledelsen samt udført målinger og justeringer på mælkekøleanlæg. Teknologisk Institut har bidraget til målinger og efterfølgende databehandling samt givet forslag til tekniske optimeringer af det samlede anlægskoncept. Arla Foods og Videnscentret for Landbrug, Kvæg har formidlet kontakt til mælkeproducenterne. Endelig har projektgruppen inddraget Agri-Teknik, SVK-Industri og Rø-Ka-Industri som leverandører af komponenter til mælkekøleanlæg.

Projektgruppen har gennemført de praktiske målinger og feltforsøg hos landmand Aage

læg for dermed at opnå en bedre driftsøkonomi og en mindre klimabelastning. Ved at gennemgå eksisterende anlæg og afprøve forskellige optimeringstiltag under laboratorieforhold ville projektgruppen udforme en

resultater i form af anvisning på, hvordan de kan optimere deres drift.

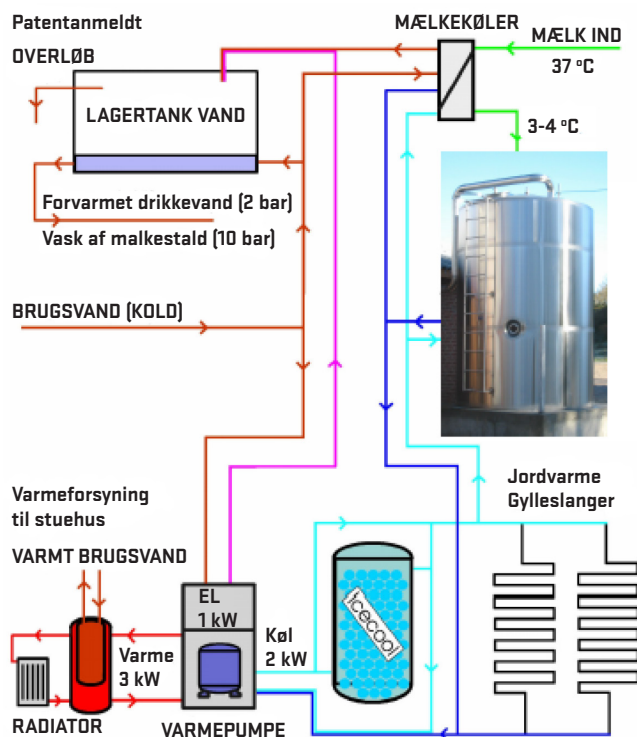
Resultaterne formidles til denne målgruppe primært via Arla Foods, der er medinitiativtager til projektet, og som delvis er ejet af de danske mælkeproducenter. Desuden vil Videnscentret for Landbrug, Kvæg kunne bruge projektets resultater i dets løbende rådgiv-

vejledning i energioptimering af de forskellige typer mælkekøleanlæg, der aktuelt anvendes af mælkeproducenterne.

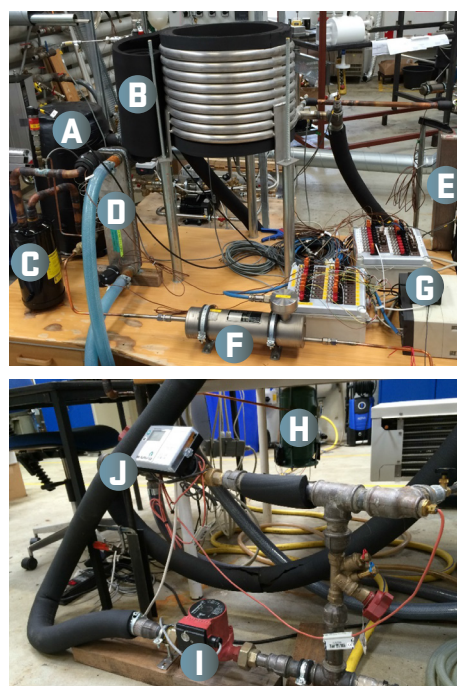
ning af mælkeproducenterne. Endelig giver projektet også energiselskabernes rådgivere og andre energikonsulenter mulighed for at optimere deres indsats over for mælkeproducenterne, der har udsigt til at gennemføre elbesparelser med relativt korte tilbagebetalingstider.

Schmidt Lunds Faarkrog Mælkecenter i Røding, der er en bedrift med ca. 300 malkekøer. Hans mælkekøleanlæg håndterer ca. 10 ton mælk om dagen, der skal køles fra ca. 37 °C til 5 °C. Mælken forkøles i en veksler til ca. 20 °C, inden den i et kombineret køle/varmepumpeanlæg køles til den hygiejniske nødvendige temperatur med kulde fra et isbanklager. Varmeproduktionen fra anlægget anvendes dels til at hæve temperaturen på køernes drikkevand til 27 °C, dels til rumopvarmning og varmt brugsvand. En del af det varme brugsvand varmes yderligere op til 88 °C i en 1.000 liter vandvarmer med en elpatron. Dette hede vand

bruges til at sterilisere komponenterne i mælkekøleanlægget. Mælkecentrets årlige procesel-forbrug er ca. 25.000 kWh til mælkekøling og ca. 27.000 kWh til 1.400 liter hedt vand/dag. Ud over denne case har projektgruppen lavet beskrivelser af forskellige typer energioptimerede mælkekøleanlæg og af driftsoptimering i perioder med varierende køle- og varmebehov. Desuden er der gennemført laboratorieforsøg med produktion af hedt vand ved hjælp af en overhedningsfjerner og foretaget målinger af temperaturlagdeling i vaskevandsbeholder med temperaturvariation fra ca. 80 °C til ca. 45 °C.



Figur 1. Principskitse af varmepumpe til mælkekøling og opvarmning. Kilde: Klimadam/KH Nordtherm a/s.



Figur 2. Forsøgsopstillinger hos TI med hhv. coaxial overhedningsveksler (øverst) og med pumpe samt energimåler (nederst).

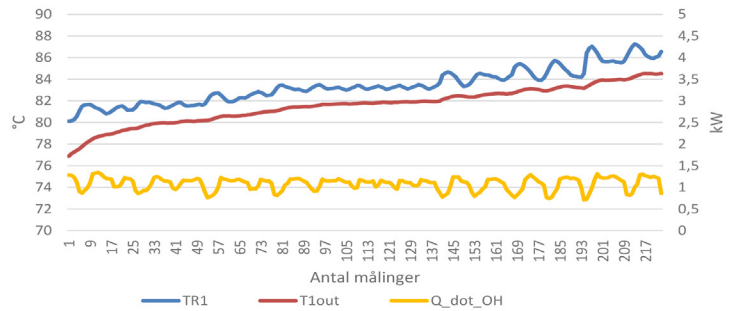
RESULTATER:

Forsøg på Teknologisk Instituts laboratorium i Aarhus har dokumenteret, at det er muligt at producere hedt vand med temperaturer på mere end 80 °C ved at anvende et køleanlægs overheder til at opvarme brugsvand i vaskevandsbeholderen. Der blev gennemført forsøg med to simulerede driftssituationer, hvor bedriften i begge tilfælde har behov for køling og hedt vand, men i den ene situation ikke har et rumvarmebehov. I begge tilfælde var det muligt at producere hedt vand i den nødvendige mængde og temperatur. I perioder uden rumvarmebehov, dvs. i sommermånederne, viste forsøgene, at det var muligt at producere hedt vand med et meget lille effektoptag, blandt andet på grund af en relativt lav kondenseringstemperatur på 25-30 °C (se figur 3).

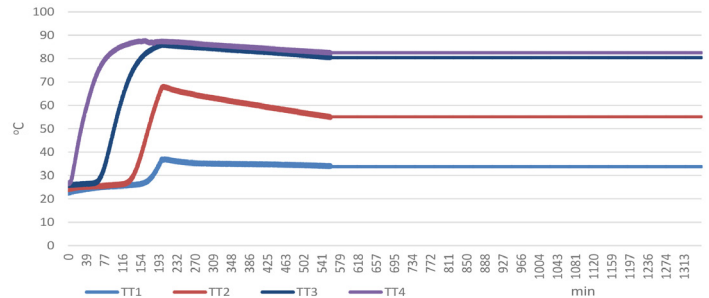
Gennem temperaturmålinger på en vaskevandsbeholder med lagdeling blev det også påvist, at det er muligt at opretholde betydelige temperaturforskelle mellem hedt vand på mere end 80 °C til sterilisering, der bliver tappet fra beholderens top, til det varme brugsvand tættere på bunden, der ligger på 45-50 °C (se figur 4).

Projektgruppen har også lavet laboratorieforsøg med afkalkning af overhederen. Her viste det sig, at hvis der anvendes et afkalkningsmiddel med den nødvendige koncentration, vil det være muligt at afkalke overhederen

Figur 3. I en situation uden rumvarmebehov blev der produceret hedt vand med lavt effektoptag.



Figur 4. Temperaturprofil for vaskevandsbeholderen. I starten af profilet ses opladningen af tanken tydeligt. Først stiger TT4 i toppen af tanken. Dernæst stiger TT3 fulgt af TT2 og TT1. Til sidst stabiliserer temperaturerne sig, og lagdelingen i tanken ses tydeligt.



manuelt i løbet af to-tre timer. Beregninger på grundlag af de udførte forsøg vidner om, at det formentlig højst vil være nødvendigt at foretage en sådan afkalkning to-tre gange om året, afhængig af grundvandets hårdhedsgrad.

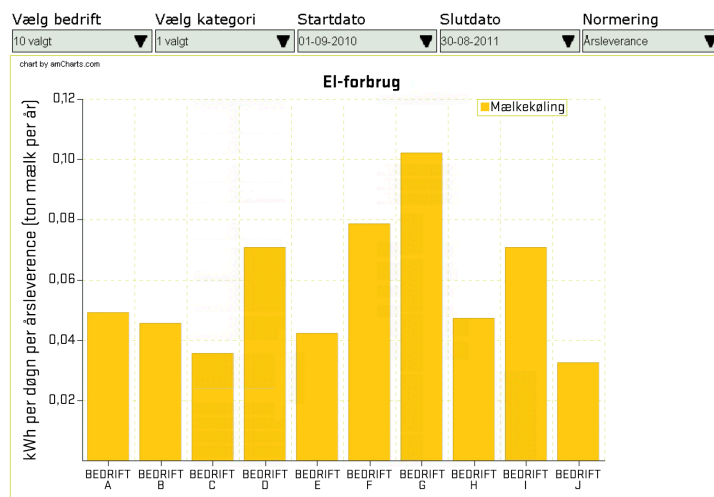
Projektgruppen konkluderer på baggrund af disse forsøg, at det typisk vil være fordelagtigt for mælkeproducenter at producere hedt vand med køle/varmepumpeanlæggets overheder i stedet for at benytte en traditionel

elpatron. I eksisterende anlæg vil anlægsinvesteringen for overhederen på ca. 30.000 kr. kunne afskrives på mindre end to år med en forventet elbesparelse på ca. 21.500 kWh. I nye anlæg vil overhederen være endnu mere rentabel. En supplerende investering i et ionbytningsanlæg vil nedsætte tilkalkning af overhederen og samtidig gøre det muligt at benytte en mere effektiv og pladsbesparende pladevarmeveksler. Også her er rentabiliteten god med en forventet tilbagebetalingstid på mindre end tre år.

EFFEKT:

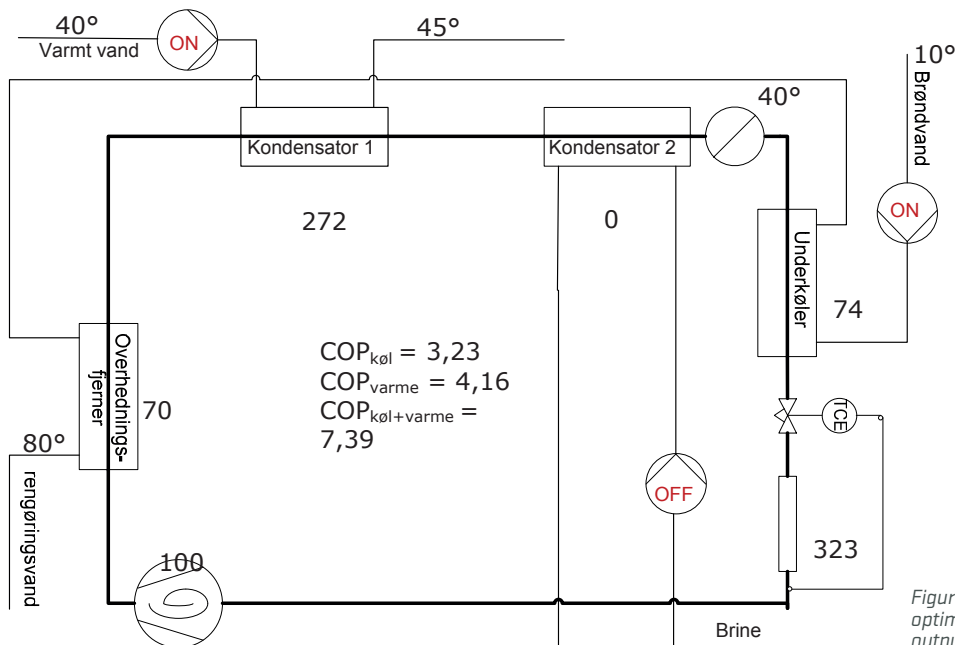
Projektgruppen har beregnet det danske elforbrug til mælkekøling til 66-72 GWh/år. I projektet "Klimavenlig mælkeproduktion", der er gennemført af AgroTech, Videncentret for Landbrug, Kvæg, Arla Foods og AU-DJF, er det påvist, at der er meget stor variation mellem elforbruget hos de danske mælkeproducenter. Især bedrifter, der anvender automatiske malkesystemer, har et meget højt elforbrug: 45 % højere end bedrifter med malkestalde og 90 % højere end malkekarruseller. Mere end 1.000 mælkeproducenter benytter disse automatiske systemer med højt elforbrug.

Analysen af projektets case-mælkeproducent viser, at forskellige optimeringstiltag på det eksisterende anlæg formentlig kan reducere proces-elforbruget med ca. 40 % med investeringer, der har tilbagebetalingstider på mindre end tre år. På andre eksisterende anlæg vil der tilsvarende være behov for at afveje det tekniske besparelspotentiale med det afledte investeringsbehov og risikoen for at få opbygget et væsentligt mere komplekst anlæg.



Figur 5. Kortlægning af elforbruget til mælkekøling hos 10 forskellige kvægbedrifter har vist store forskelle. Kilde: Klimavenlig kvægproduktion.

KORTLÆGNING AF MÆLKEPRODUCENTERNES PROCES-ELFORBRUG HAR VIST MEGET STORE VARIATIONER AFHÆNGIG AF MALKESYSTEMER OG KØLEANLÆGGENES UDFORMNING.



INVESTERING I OVERHEDNINGSFJERNER I VASKEVANDSBEHOLDEREN TIL BRUG FOR HEDT VAND TIL STERILISERING AF MALKEUDSTYRET VIL TYPISK KUNNE AFSKRIVES PÅ TO ÅR I EKSISTERENDE ANLÆG.

Figur 5. Procesdiagram for et optimeret anlæg med input- og outputdata.

HVORDAN PROJEKTRÉSULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Projektledelse:

Ole Ernst Wandall-Frostholm
AURA Rådgivning A/S
Langdalsvej 75
8220 Brabrand
E-mail: oewf@aura.dk
Telefon: 51 17 61 79
Web: www.aura.dk

Alexander Rosvinge Lindholm Bork
Teknologisk Institut
Køle- og Varmepumpeteknik
Kongsholm Alle 29
8000 Aarhus C.
E-mail: albo@teknologisk.dk
Telefon: 72 20 24 70
Web: www.teknologisk.dk

Projekt:

Titel: Energieffektiv mælkekøling med intelligent styring
Nr. 344-011
PSO Program 2012
Budget i alt: 1.613.225 kr., hvoraf 866.850 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2012-31.12.2014

Programkoordinator:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C.
E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk

Projektgruppen anbefaler mælkeproducenternes rådgivere og konsulenter at benytte simuleringsværktøjer som f.eks. energyPRO til at dimensionere anlæg optimalt og udvikle en hensigtsmæssig styringsstrategi for det enkelte anlæg. Der er så stort optimeringspotentiale, at det er et oplagt indsatsområde for ikke mindst energiselskaberne i deres bestrebelser på at gennemføre de politisk pålagte energispareforpligtelser.

Når et mælkekøleanlæg skal optimeres, må rådgiveren først skaffe sig et overblik over kølebehovet, der afhænger af malkesystem, mængden af mælk, og hvor meget mælken skal køles ned i temperatur. Det er muligt at reducere kølebehovet ved at forkøle mælken, når koldt brøndvand skal tempereres til køernes drikkevand. Efter en forkøling fra 37 til ca. 20 °C skal mælken efterkøles til 4-5 °C.

Mælkeproducenterne har også et varmebehov, der skal defineres, i form af rumvarme i boligen samt proces varmebehov i form af varmt brugsvand, og – ikke mindst – hedt vand til sterilisering. Dette procesvarmebehov har et forløb, der hænger tæt sammen med malkningen og dermed også med kølebehovet. Der er derfor gode muligheder for at sikre en energioptimal samproduktion af køling og varme.

Ved dimensionering af anlæggets enkelte komponenter kan rådgiveren ifølge projektgruppen bruge data fra køle- og varmebehovene til at anvise de optimale størrelser, men den enkelte mælkeproducent vil naturligt nok prioritere en rigelig kølekapacitet højt, da der ellers kan opstå risiko for tab af produktion. Anlæggets størrelse kan f.eks. tage udgangspunkt i mælkeproducentens ønske om sikkerhed for dækning af spidslast-behov, men rådgiveren kan også benytte en teknisk/økonomisk simulering på grundlag af det definerede køle- og varmebehov, energipriser og investeringsomkostninger.

I rapporten er flere forskellige driftskonditioner gennemgået og et optimeret system vist til disse vist. I figur 5 er et optimeret system vist for et anlæg med køling, rumvarme/varmt brugsvand (45 °C) og rengøringsvand (80 °C).

Brugen af energyPRO rummer også mulighed for at optimere driften af et køle-/varmepumpeanlæg i forhold til svingende elmarkedspriser. Men da dette marked endnu først er under opbygning, har det ikke været aktuelt for projektgruppen at analysere disse muligheder nærmere i projektet. Men i takt med at markedet for fleksibelt forbrug modnes, er det en mulighed på lidt længere sigt.

AURA
energi



TEKNOLOGISK
INSTITUT

