

Renere produkter

J.nr. M126-0375

Bilag til hovedrapport

HFC-frie mælkekøleanlæg

2 demonstrationsanlæg hos:

- Mælkeproducent Poul Sørensen
- Danmarks Jordbrugsforskning

Forfatter(e)

Lasse Søe, Teknologisk Institut

Torben M. Hansen, Teknologisk Institut

Indhold

1	INDLEDNING	5
2	KONKLUSION	7
3	MÆLKEPRODUCENT POUL SØRENSEN	9
3.1	ANLÆGSBESKRIVELSE	9
3.2	MÅLEPROGRAM	10
3.3	MÅLERESULTATER	11
4	KVÆGBRUGETS FORSKNINGSCENTER FOULUM	17
4.1	ANLÆGSBESKRIVELSE	17
4.2	MÅLEPROGRAM	19
4.3	MÅLERESULTATER	19

1 Indledning

I forbindelse med projekt "HFC-fri teknologi til mæketankskøling" er der opført to demonstrationsanlæg, et hos mælkeproducenten Poul Sørensen i Fjerritslev og et hos Danmarks Jordbrugsforskning i Foulum. Nærværende rapport indeholder resultater fra bl.a. energimålinger foretaget på de to anlæg. Rapporten skal ses som en forlængelse af den allerede offentliggjorte rapport "HFC-fri mælkekøling", der indeholder det indledende feasibility-studie, som har dannet grundlag for de to opførte demonstrationsanlæg. Et uddrag af rapporten findes på Miljøstyrelsens hjemmeside www.mst.dk. Rapporten kan rekvireres ved henvendelse til Teknologisk Institut, Hanne Christoffersen, på tlf. 7220 1206.

Projektet er udført i samarbejde mellem Teknologisk Institut, Arla Foods a.m.b.a., Multi Køl A/S og Silkeborg Køle- & Varmepumpeindustri. Arla Foods a.m.b.a. optræder som repræsentant for de involverede mælkeproducenter.

2 Konklusion

I forbindelse med projektet er der opført to HFC-frie mælkekøleanlæg, der begge anvender propan som primær kølemiddel. Anlæggene er opbygget således, at den varme mælk nedkøles straks efter malkning. Udformningen af de to køleanlæg giver desuden mulighed for opvarmning af vand til rengøring.

Hurtig køling af mælken kræver et relativt konstant mælkeflow igennem de varmeveksler, hvori mælken køles. Under normal malkning er der ofte meget stor variation i mælkeflowet, og det er derfor nødvendigt at udskifte den traditionelle mælkepumpe med en omdrejningsreguleret pumpe. Måling af mælketemperaturen på de to demonstrationsanlæg viser, at sammenspillet mellem køleanlæggene og den omdrejningsregulerede mælkepumpe fungerer særdeles effektivt - mælketemperaturen ud af mælkekøleren holdes konstant på 3°C.

Ud fra de målte energiforbrug, mælkemængder og mælketemperaturer kan et specifikt energiforbrug beregnes. Det specifikke energiforbrug, der beskriver, hvor meget elektrisk energi køleanlægget bruger til at nedkøle 1 tons mælk 1 °C, gør det muligt at fortage en sammenligning af energiforbruget på de to demonstrationsanlæg. For at synliggøre, hvor forskellen mellem de to anlæg ligger, er det totale specifikke energiforbrug delt op i energiforbruget til kompressoren, til sjaписgeneratorens skraber motor og til anlæggenes pumper inklusiv styring. Beregning af de anvendte specifikke energiforbrug er nærmere beskrevet i kapitel 3 og 4.

De specifikke energiforbrug, anført i nedenstående tabel, er middelværdier fra tabel 2 og 3.

Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.**: Sammenligning af energiforbruget for de to anlægstyper.

	Anlæg med sjapis (Poul Sørensen)	Anlæg med traditionel isbank (Foulum)	Forskel
Periode [h]	24.00	24.00	0.0
Mælkemængde [kg]	7000	7000	0.0
Mælkens temperaturdifferens over veksleren [K]	12.0	12.0	0.0
Middel kondenseringstemperatur [°C]	20.12	20.12	0.00
Middel fordampningstemperatur [°C]	-11.30	-14.44	3.13
Specifikt energiforbrug kompressor [kWh/tons/K]	0.38	0.46	-0.08
Specifikt energiforbrug skraber motor [kWh/tons/K]	0.42	0.00	0.42
Energiforbrug pumper + styring [kWh/24h]	13.17	8.82	4.35
Kompressorens energiforbrug [kWh]	32.18	38.57	-6.39
Skrabermotorens energiforbrug [kWh]	35.19	0.00	35.19
Pumpernes + styringens energiforbrug [kWh]	13.17	8.82	4.35
Total energiforbrug [kWh]	80.54	47.39	33.14

Malkekøleanlægget med sjapisakkumulering bruger i ovenstående eksempel ca. 70% mere energi end anlægget med traditionel isbank. Pumperne på sjapisanlægget bruger ca. 4 kWh mere end anlægget med traditionel isbank. Årsagen er, at sjapisanlæggets kondensator er tilsluttet gulvslange med betydelig mere tryktab end i kondensatorkredsen på anlægget med traditionel isbank. Fjernes det ekstra energiforbrug til pumperne på sjapisanlægget, reduceres energiforbruget til 60%.

44% af sjapisanlæggets energiforbrug hidrører alene sjapisgeneratorens skraber motor. Sjapisgeneratorens energiforbrug kan kun forbedres ved at minimere friktionstabene i skraber systemet. Pumperne på sjapisanlægget bruger ca. 4 kWh mere end anlægget med traditionel isbank. Årsagen hertil er, at sjapisanlæggets kondensator er tilsluttet gulvslange med betydelig mere tryktab end i kondensatorkredsen på anlægget med traditionel isbank.

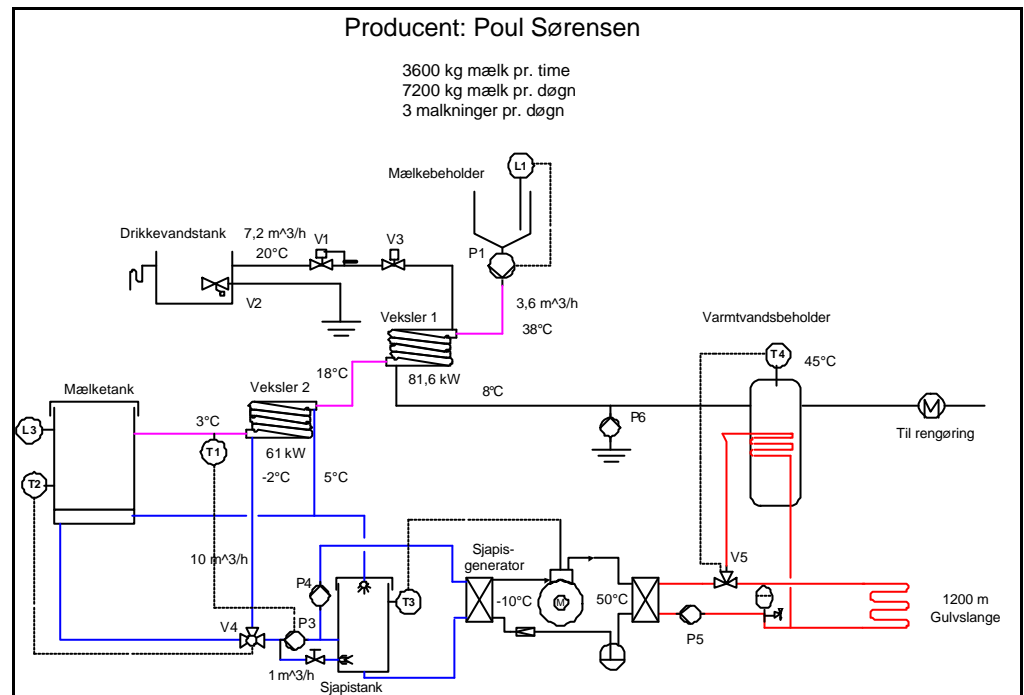
Mælkemængden hos Poul Sørensen var på tidspunktet for gennemførelsen af målingerne 5.000 liter pr. døgn svarende til ca. 70% af fuld ydelse. Hos forskningscenteret i Foulum er mælkemængde ca. 3.100 liter i døgn svarende til 38%. Den reducerede belastning betyder, at der ikke

kan foretages en fyldestgørende analyse af afsmeltingskapaciteten for både den traditionelle isbank og sjapisakkumuleringstanken.

3 Mælkeproducent Poul Sørensen

3.1 Anlægsbeskrivelse

Anlægget består af et køleanlæg med propan som kølemiddel tilsluttet en sjapisgenerator og en sjapisakkumuleringstank. Anlægget er opbygget således, at mælken nedkøles straks efter malkning inden den pumpes ud i mælketanken, hvilket mindsker risikoen for bakteriedannelse og sikrer en optimal mælke kvalitet. Den varme mælk pumpes vha. en omdrejningsreguleret mælkepumpe, der sikrer et jævnt mælkeflow, først igennem en koaksial rørvarmeveksler kølet med koldt grundvand, der senere anvendes som drikkevand for køerne. Herefter pumpes mælken, der nu er afkølet til ca. 13°C, igennem endnu en rørvarmeveksler, kølet med vand fra sjapisakkumuleringstanken.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: PI-diagram for anlægget hos Poul Sørensen.

Køleanlægget er opbygget som et traditionelt 1-trinsanlæg med mekanisk termoventil og sugegasveksler. Kondensatoren består af en pladevarmeveksler tilsluttet en 1200 meter gulvslange i malke rummet, og der er desuden mulighed for opvarmning af vand til rengøring af malkeanlæg. Sjapisgeneratoren, der udgør køleanlæggets fordampner, er for at minimere kølemiddelfyldningen opbygget med MPE-aluminiumsprofiler. Sjapisgeneratoren er monteret med en skraber og en tilhørende elmotor. Køleanlægget styres af en traditionel termostat, hvis føler er placeret i sjapisakkumuleringstanken. Når termostaten i varmtvandsbe-

holderen slutter, og køleanlægget er tændt, by-passes gulvslangekredsen.

Under malkning fastholder den omdrejningsregulerede pumpe, der forsyner mælkekøleren (veksler 2) med koldt vand fra sjapisakkumuleringsstanken, mælketemperaturen ud af veksleren på 3°C. Pumpen forsyner desuden mæketanken med koldt vand til vedligeholdelse af mælketemperaturen. Mængden af grundvand, der pumpes igennem forkøleren (veksler 1), styres af en ventil, der sikrer, at vandet ud af veksler er 20°C.

Poul Sørensen malker på nuværende tidspunkt ca. 5.000 liter mælk i døgn. Anlægget er dimensioneret til en mælkemængde på 7200 liter pr. døgn og et mælkeflow under malkning på 3600 liter i timen. Køleanlægget er leveret af S.V.K-Industri, mens den nyudviklede propansjapigenerator er leveret af det canadiske firma Sunwell.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Kig ned i sjapistank



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Varmveksler til nedkøling af mælk



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Sjapistank og køleanlæg

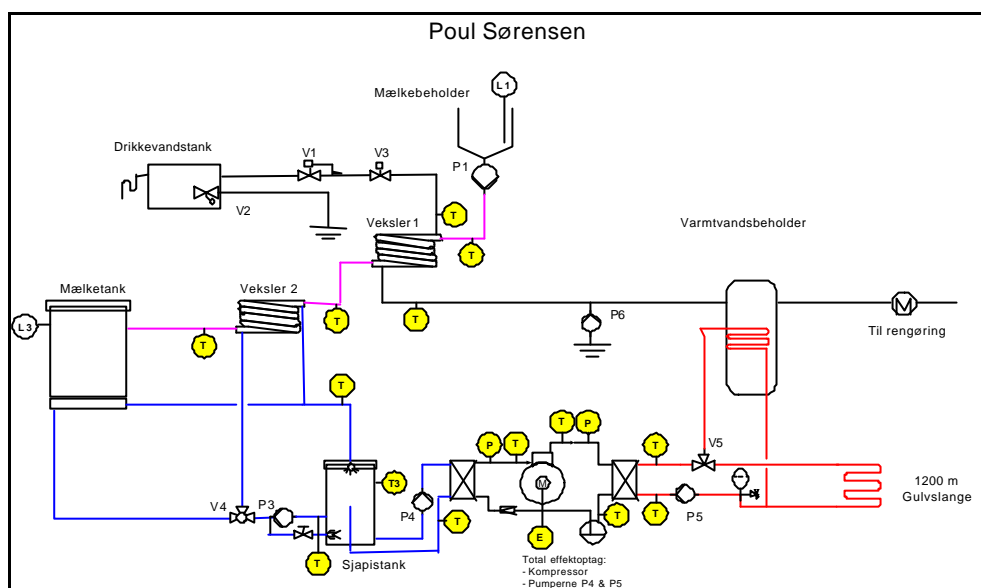
3.2 Måleprogram

Samtidig med indkøring af køleanlægget blev det monteret med måle- og dataopsamlingsudstyr til registrering af bl.a. mælketemperaturer, energiforbrug samt diverse driftsparametre for køleanlægget. Som det fremgår af Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.**, er anlægget monteret med i alt 14 temperaturfølere, 2 trykmålere og 1 effektmåler. Det målte effektoptag inkluderer kompressoren, fordamperpumpen P4

og kondensatorpumpen P5 samt køleanlæggets styring.
Temperaturerne måles vha. termoelementer udvendig på rørene.

Da det ikke af praktiske årsager var muligt at placere flowmålere på kondensator kredsen, er den i rapporten anførte energi tilført varmtvandsbeholderen beregnet ud fra køleanlæggets forventede varmeafgivelse i kondensatoren i de perioder, hvor opvarmningen finder sted. De i Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** anførte mælkemængder stammer fra de vejninger, der foretages, hver gang mejeriets tankbil afhenter mælk.

Den samlede måleperiode har været 4 uger, men for at sikre at måledataene afspejler "normale" driftskonditioner, er der kun anvendt data fra de sidste 4 dage i måleperioden. Dataloggernes samplingstid har i hele måleperioden været 1 minut.



Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.** : Placering af måleudstyr på anlægget hos Poul Sørensen.

3.3 Måleresultater

Øverst i Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** er mælkemængden og mælketemperaturerne før og efter de to pladevarmeveksler efter/under hver malkning anført. Ud fra mælkemængden og -temperaturerne er den mængde energi, der fjernes fra mælken i de to vekslere, beregnet. Som det fremgår, foretages der to malkninger pr. døgn. I tabellen er også det totale energiforbrug til køling i kWh pr. døgn, kompressorens relative gangtid og antal starter, anført. Ud fra mælkemængden, differensen mellem mælketemperaturen ind og ud af veksler 2 og det totale energiforbrug, er det specifikke energiforbrug i kWh pr. tons mælk pr. Kelvin anført. Det samlede energiforbrug er desuden delt op i energiforbruget til kompressoren, til skraber motoren og til pumperne inklusiv anlæggets styringen.

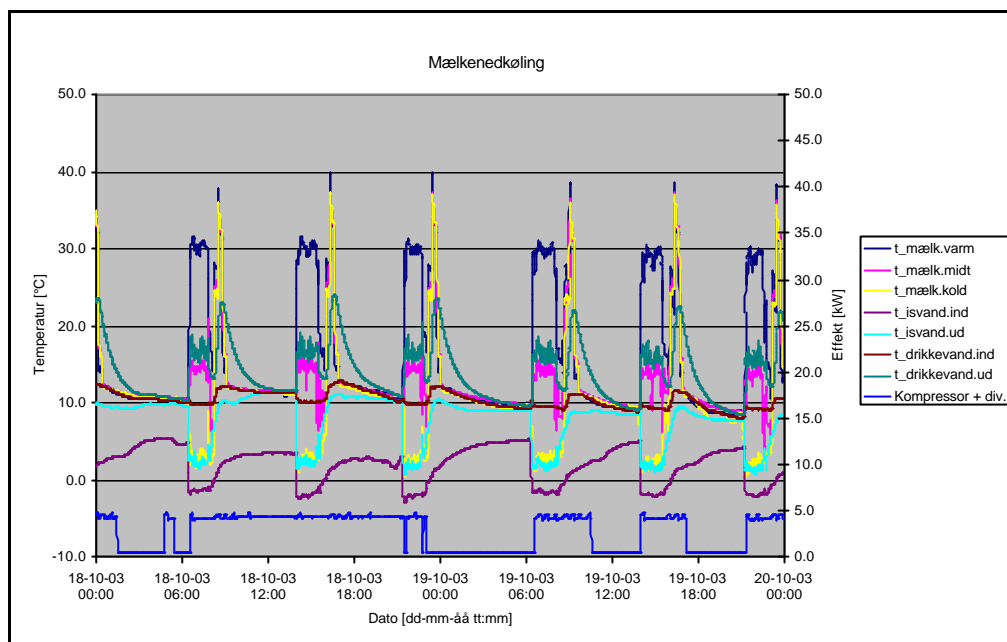
Ved beregning af hver komponents specifikke energiforbrug er det muligt at sammenligne energiforbruget mellem de to demonstrationsanlæg. Hos Poul Sørensen har Køleanlæggets kondenseringstemperatur pga. gulvslange og højere temperatur i varmtvandsbeholderen været ca. 7K

højere end på anlægget i Foulum. Køleanlæggets energiforbrug stiger ca. 3%, hver gang kondenseringstemperaturen stiger 1K, og for at foretage en sammenligning mellem de to anlæg har det været nødvendigt at korrigere kompressorens specifikke energiforbrug. Efter Tabel **Fejl!** **Ukendt argument for parameter.** følger en række diagrammer med visning af diverse måledata. Diagrammernes indhold og evt. kommentarer indgår som en del af figurteksten.

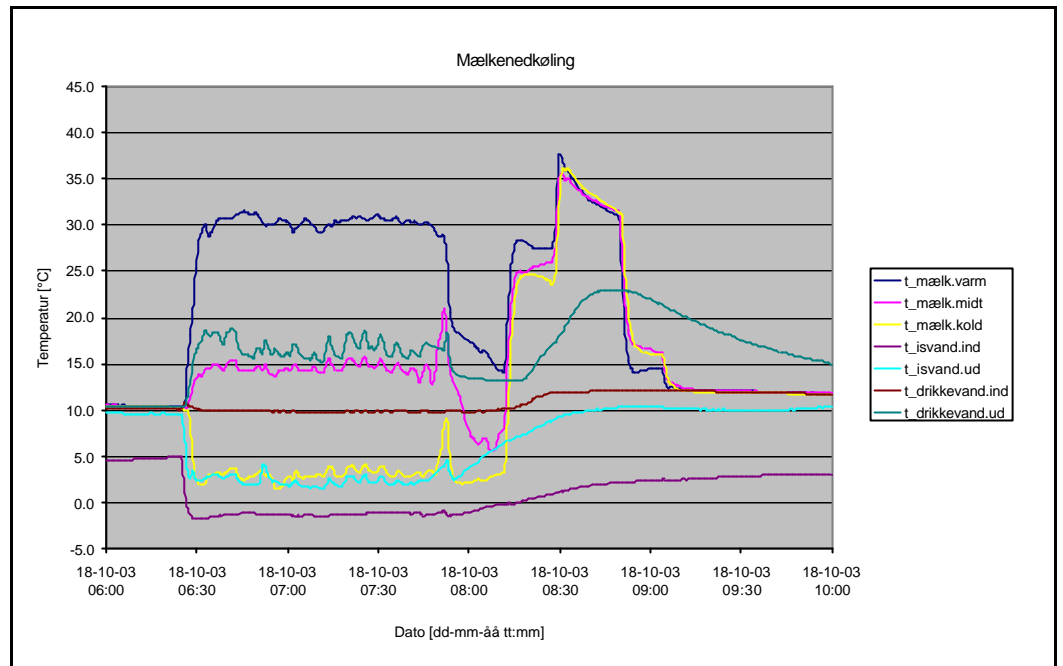
Tabel **Fejl!** **Ukendt argument for parameter.**: Oversigt med måleresultater fra anlægget hos Poul Sørensen.

Dato	16-10-2003 00:44	18-10-2003 02:29	20-10-2003 02:00
Måleperiode [h]		49.75	47.52
Mælkemængde [kg]	-	10351	10133
Middel mælketemperatur før veksler 1 [°C]	-	29.37	29.20
Middel mælketemperatur efter veksler 1 [°C]	-	13.85	13.77
Energi, mælkenedkøling veksler 1 [kWh]	-	187.48	182.46
Middel mælketemperatur efter veksler 2 [°C]	-	2.76	2.75
Min. Mælketemperatur efter veksler 2 [°C]	-	-0.19	0.00
Maks. Mælketemperatur efter veksler 2 [°C]	-	6.09	6.08
Energi, mælkenedkøling veksler 2 [kWh]	-	133.88	130.29
Total energiforbrug [kWh]	-	123.54	131.32
Total energiforbrug [kWh/24h]	-	59.60	66.33
Total specifikt energiforbrug [kWh/tons/K]	-	1.08	1.15
Vandopvarming [kWh]	-	71.47	63.47
Relativ gangtid kompressor [-]	-	0.52	0.59
Kompressorstarter [1/24h]	-	4.00	3.00
Middel kondenseringstemperatur [°C]	-	28.11	25.92
Middel fordampningstemperatur [°C]	-	-11.76	-10.85
Energiforbrug kompressor [kWh]	-	50.67	56.03
Energiforbrug kompressor [kWh/24h]	-	24.44	28.30
Specifikt energiforbrug kompressor [kWh/tons/K]	-	0.44	0.50
Middel effekt kompressor [kW]	-	1.97	2.01
Specifikt energiforbrug kompressor ved 20.1°C [kWh/tons/K]	-	0.35	0.42
Energiforbrug skraber motor [kWh]	-	45.47	49.31
Energiforbrug skraber motor [kWh/24h]	-	21.94	24.90
Specifikt energiforbrug skraber motor [kWh/tons/K]	-	0.40	0.44
Middel effekt skraber motor [kW]	-	1.77	1.77
Energiforbrug pumper + styring	-	27.40	25.98

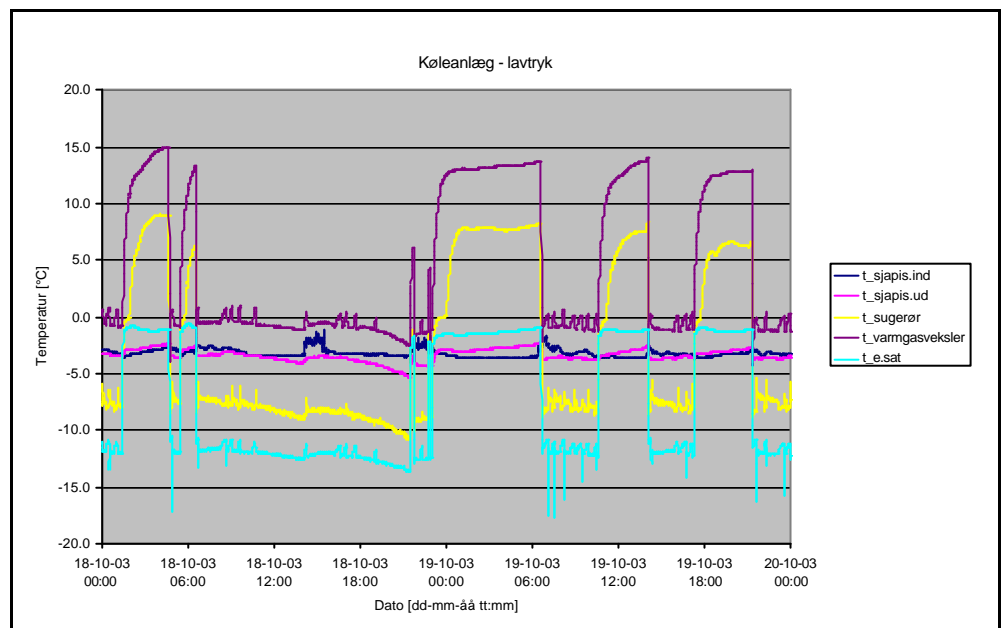
[kWh]			
Energiforbrug pumper + styring [kWh/24h]	-	13.22	13.12
Middel effekt pumper + styring [kW]	-	0.55	0.55



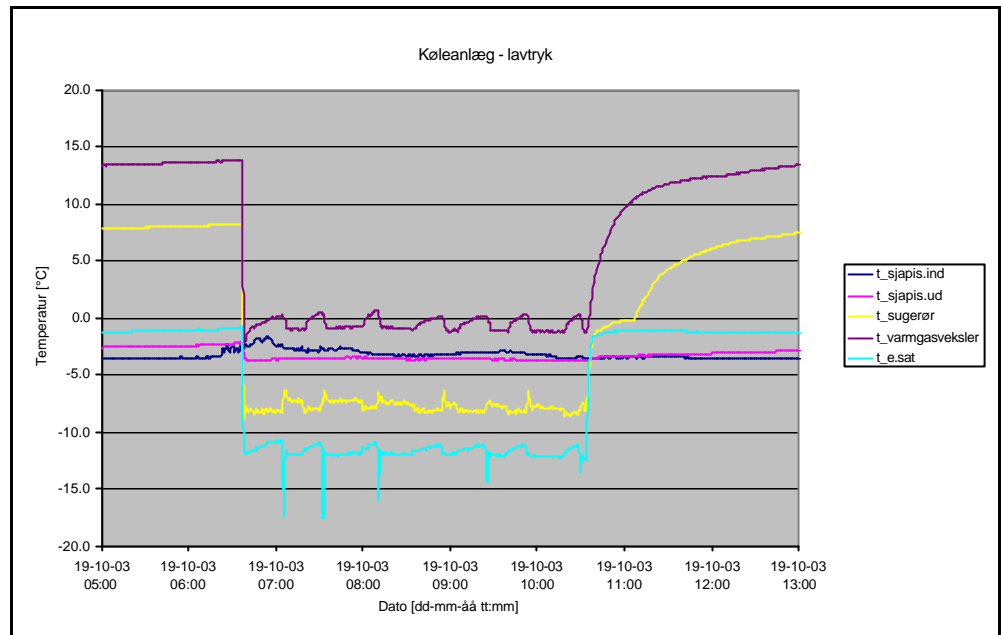
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Temperaturen af mælken før og efter de to rørvarmeveksler, temperaturen af drikkevandet der pumpes igennem veksler 1 og temperaturen af isvandet, der pumpes igennem veksler 2. I veksler 1 nedkøles ca. 30°C varme mælk til ca. 14°C, og drikkevandet varmes op fra ca. 10°C til ca. 17°C. I veksler 2 nedkøles mælken yderligere til ca. 3°C, samtidig med at isvandet fra sjapisakkumuleringstanken varmes op fra ca. -1°C til 2°C. Temperatur spidserne efter hver malkning skyldes, at der foretages CIP-rengøring af hele malkeanlægget inklusiv de to rørvarmevekslere. Mælketemperaturen ud af veksler 2 ligger stabilt på 3°C. Af diagrammet fremgår det desuden, at der ikke er gennemført CIP-rengøring efter første malkning. Den nederste kurve beskriver køleanlæggets effektoptag. Som forventet kører køleanlægget uafhængigt af malkeanlægget.



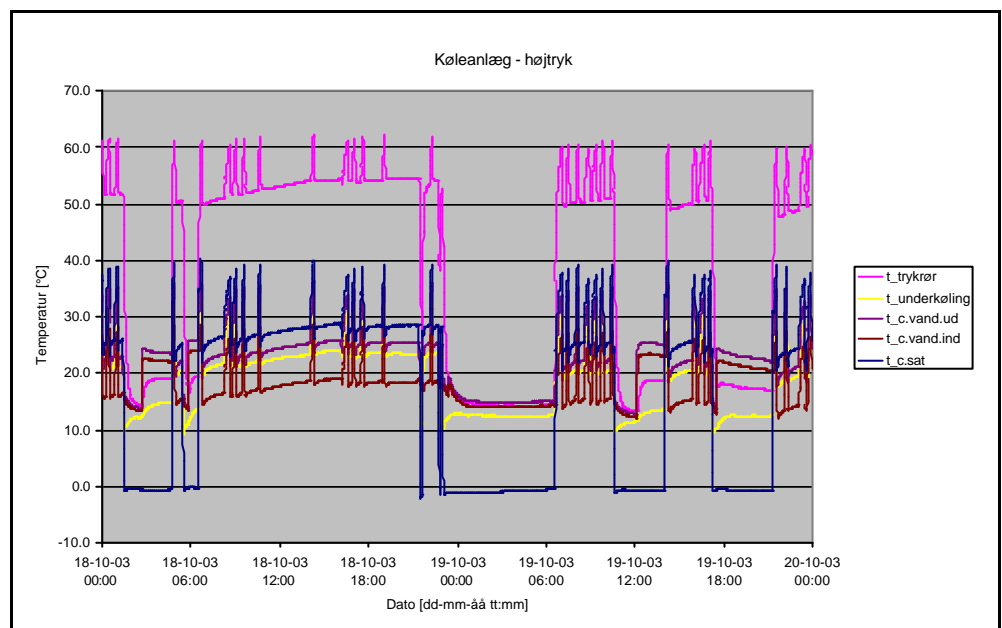
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Nærbillede af mælke-, drikke- og isvandstemperaturerne i løbet af en malkning.



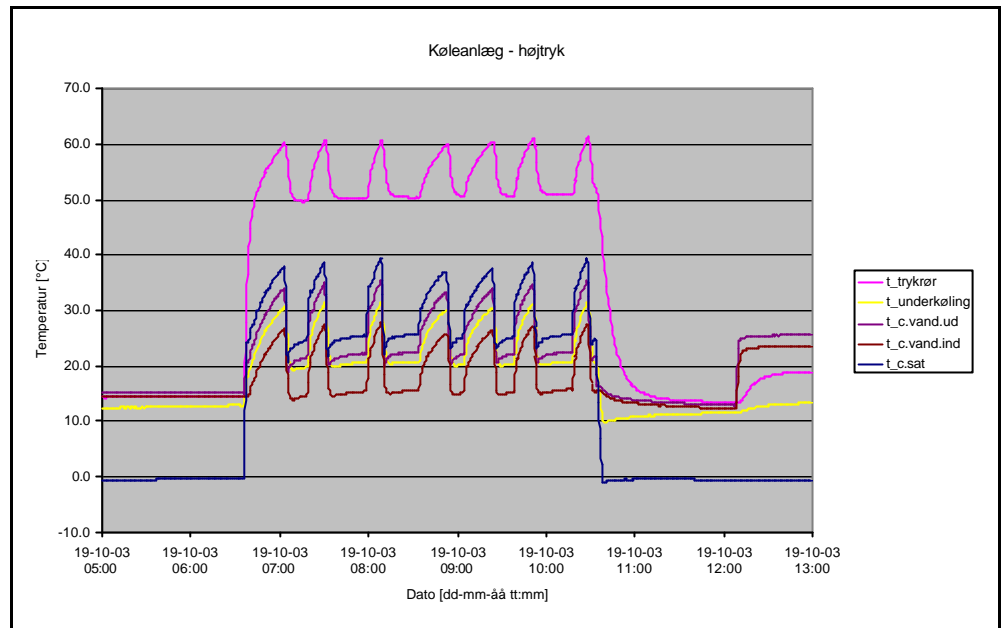
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Temperaturer målt på køleanlæggets lavtryksside. Den anførte fordamningstemperatur "t_e.sat" er mætningstemperaturen beregnet ud fra det målte tryk på kompressorens sugeside. Køleanlægget kører, når temperaturen målt på sugerøret "t_sugerør" (den gule kurve), er lav. "Savtakkerne" på kurven for t_varmgasveksler opstår hver gang den tilsluttede varmtvandsbeholder kalder på varme. I det øjeblik varmtvandsbeholderen lukker for tilførslen af varmt vand, pumpes der koldt vand ind i kondensatoren, hvilket pga. en langsom reagerende termostatisk ekspansionsventil forårsager et kraftigt fald i fordamningstemperaturen.



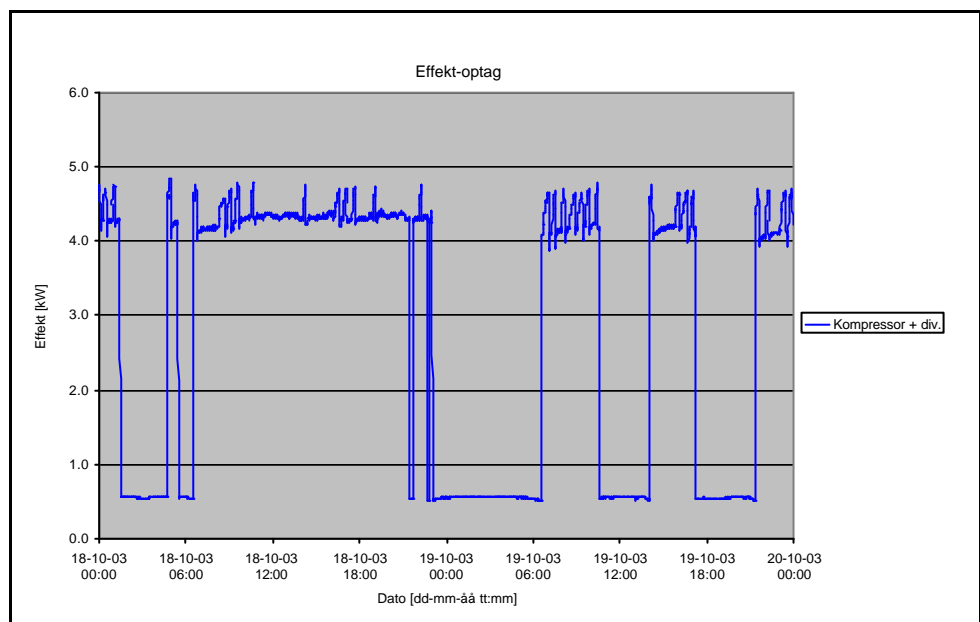
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Nærbillede af temperaturerne på køleanlæggets lavtryksside i løbet af 1 kompressor ON/OFF perioder. Fordampningstemperaturen er ca. -11°C og overhedningen ca. 5K . I sjapisgeneratoren øges iskoncentrationen i sjapisen, og der forekommer derfor næsten ingen temperaturforskel mellem sjapisen ind og ud af generatoren.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Temperaturer målt på køleanlæggets højtryksside. Den anførte kondenseringstemperatur "t_c.sat" er mætningstemperaturen beregnet ud fra det målte tryk på kompressorens trykside. Køleanlægget kører, når temperaturen målt på trykrøret "t_trykrør" (lilla kurve) er høj. "Savtakkerne" på kurverne opstår, hver gang den tilsluttede varmtvandsbeholder kalder på varme.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Nærbillede af temperaturerne på køleanlæggets højtryksside i løbet af 1 kompressor ON/OFF periode. Når termostaten på varmtvandsbeholderen slutter, stiger vandtemperaturen ind i kondensatoren fra ca. 25°C til ca. 38°C.

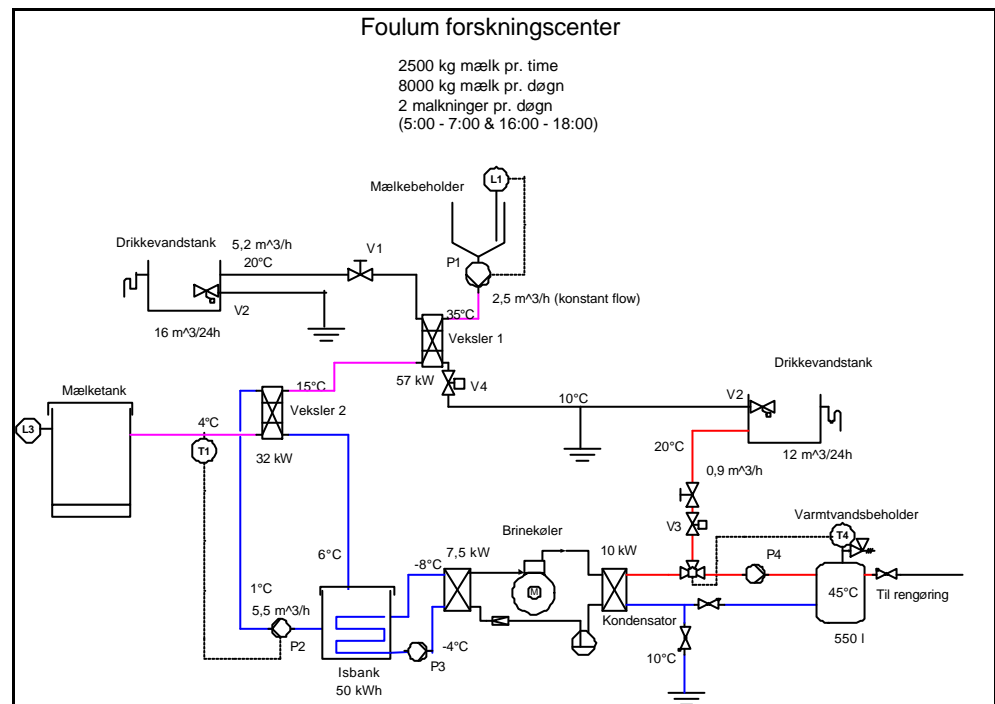


Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Anlæggets totale effektoptag i kW. Kondensator-, fordamperpumpen og anlæggets styring kører 100% af tiden og medfører en grundlast på ca. 0,5 kW. "Savtakkerne" udgør kompressorens ekstra energiforbrug, der producerer varmt vand til rengøring. Kompressorens relative gangtid er ca. 55%.

4 Kvægbrugets forskningscenter - Foulum

4.1 Anlægsbeskrivelse

Propan-køleanlægget er i sin opbygning næsten identisk med anlægget hos Poul Sørensen. Køleanlægget er dog via en pladevarmeveksler og en glykolkreds tilsluttet en traditionel isbank med ispåfrysning udvendig på rør. Kondensatoren, der består af en pladevarmeveksler, er tilsluttet en varmtvandsbeholder med vand til rengøring. Når der ikke opvarmes vand til rengøring, forsynes kondensatoren med koldt grundvand, der efterfølgende anvendes som drikkevand til køerne. Som hos Poul Sørensen nedkøles mælken straks efter malkning, inden den pumpes ud i mælketanken. Til forskel fra anlægget hos Poul Sørensen, hvor nedkølingen af mælken sker i to koaksial rørvarmevekslere, er anlægget hos Forskningscenteret monteret med to pladevarmevekslere, hvilket giver mulighed for at undersøge, hvilken betydning det måtte have på mælkekvaliteten.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: PI-diagram for anlægget hos Foulum forskningscenter.

Styringen af såvel køleanlægget som varmtvandsbeholderen, mælkepumpen og isvandspumpen, der forsyner mælkekøleren med isvand fra isbanken, er identisk med styringen hos Poul Sørensen. Vedligeholdelseskøling på mælketanken sker dog vha. separat køleanlæg.

På nuværende tidspunkt malkes der ca. 3.100 liter mælk i døgnet. Anlægget er dimensioneret til en mælkemængde på 8000 liter pr. døgn og et mælkeflow under malkning på 2500 liter i timen.

Køleanlægget er leveret af Multi Køl A/S, mens isbanken er leveret af ADA Rustfri Service.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.:
Køleanlæg med måleudstyr.



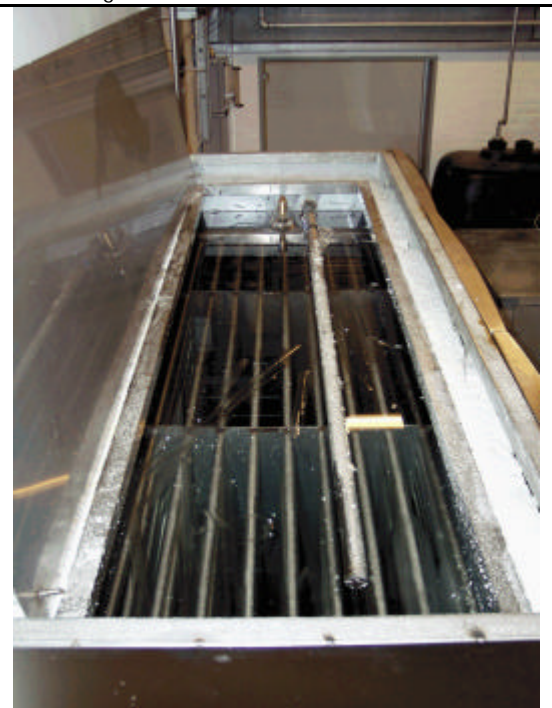
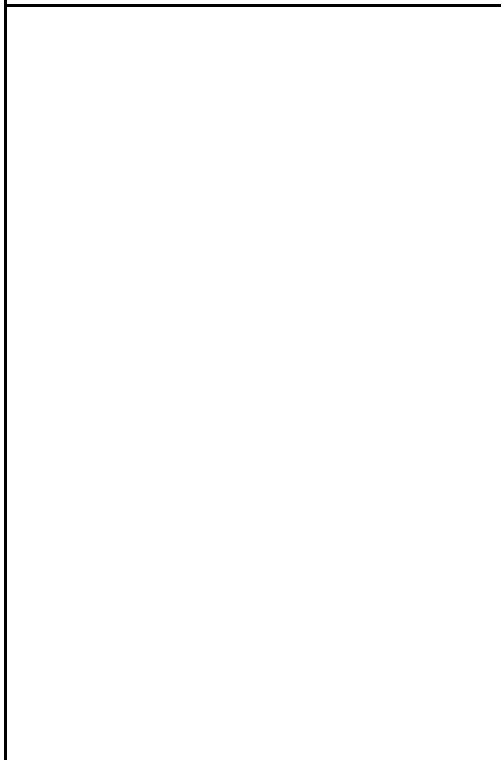
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Isbank.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.:
Varmevexler til køling af mælk.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.:
Malkeanlæg.

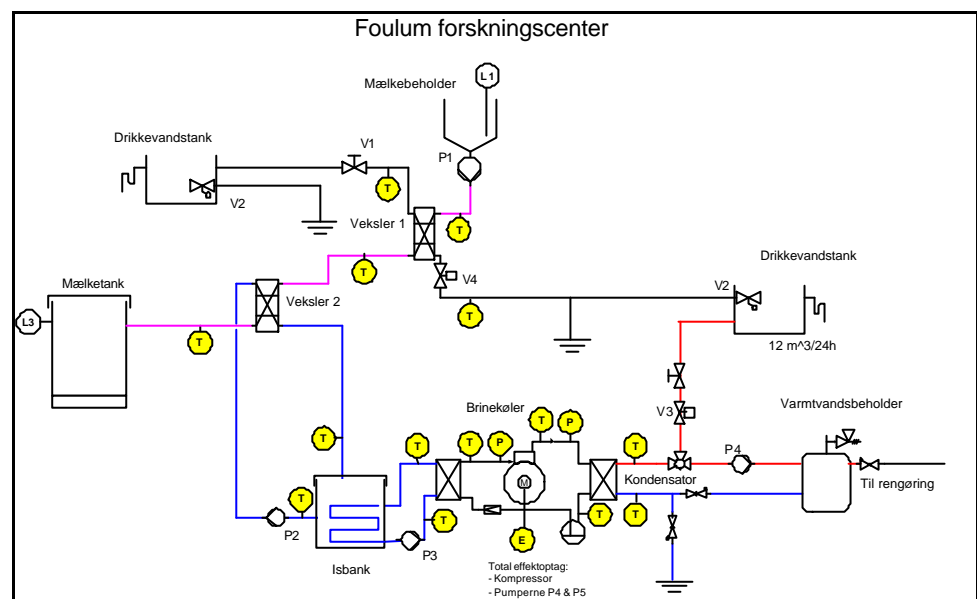


Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Kig ned i
isbank.

4.2 Måleprogram

Da anlægget havde været i drift i 1 måned, blev det monteret med måle- og dataopsamlingsudstyr til registrering af bl.a. mælketemperaturer, energiforbrug samt diverse driftsparametre for køleanlægget. Som det fremgår af Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.**, er anlægget monteret med i alt 14 temperaturfølere, 2 trykmåler og 1 effektmåler. Det målte effektoptag inkluderer kompressoren, fordamperpumpen P3 og kondensatorpumpen P4 samt køleanlæggets styring. Temperaturerne måles vha. termoelementer udvendigt på rørene. Da det af praktiske årsager ikke var muligt at placere flowmålere på kondensatorkredsen, er den i rapporten anførte energi tilført varmtvandsbeholderen beregnet ud fra køleanlæggets forventede varmeafgivelse i kondensatoren i de perioder, hvor opvarmningen finder sted. Mælkemængden pr. malkning er bestemt vha. data fra Foulums malkecomputer.

Den samlede måleperiode har været 14 dage, men pga. af fejl i Foulums malkecomputer har det kun været muligt at få mælkemængden oplyst for 2 døgn. Dataloggerens samplingsperiode har i hele måleperioden været 2 minutter.



Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.**: Placering af måleudstyr på anlægget hos Foulum forskningscenter.

4.3 Måleresultater

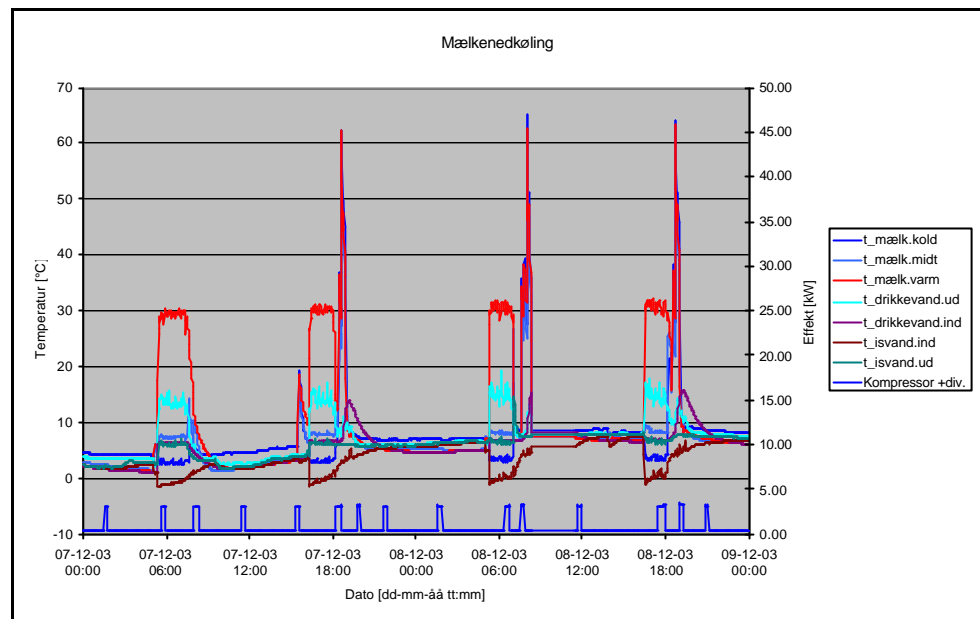
Øverst i tabel 3 er mælkemængden og mælketemperaturerne før og efter de to pladevarmeveksler efter/under hver malkning anført. Ud fra mælkemængden og -temperaturerne er den mængde energi, der fjernes fra mælke i de to vekslere, beregnet. Som det fremgår, foretages der to malkninger pr. døgn. I tabellen er også det totale energiforbrug til køling i kWh pr. døgn, kompressorens relative gangtid og antal starter, anført.

Ud fra mælkemængden, differensen mellem mælketemperaturen ind og ud af veksler 2 og det totale energiforbrug, er det specifikke energiforbrug i kWh pr. tons mælk pr. Kelvin anført. Det samlede energiforbrug er desuden delt op i energiforbruget til kompressoren og til pumperne inklusiv anlæggets styring.

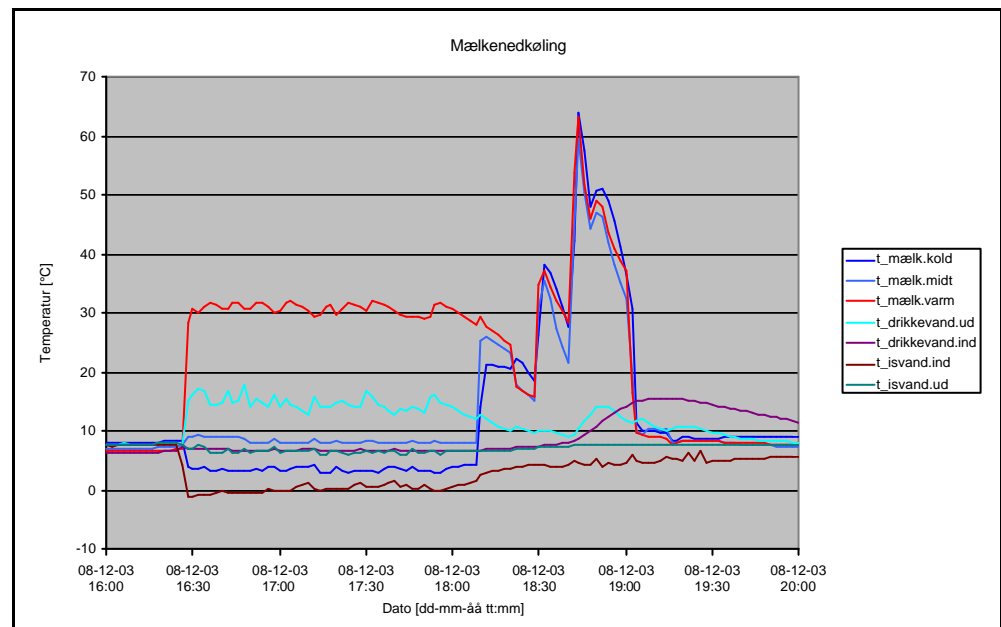
Efter tabel 3 følger en række diagrammer med visning af diverse måledata. Diagrammernes indhold og evt. kommentarer indgår som en del af figurteksten.

Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.**: Oversigt med måledata fra Foul um forskningscenter. Placeringen af de anførte veksler nr. kan ses i Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.**.

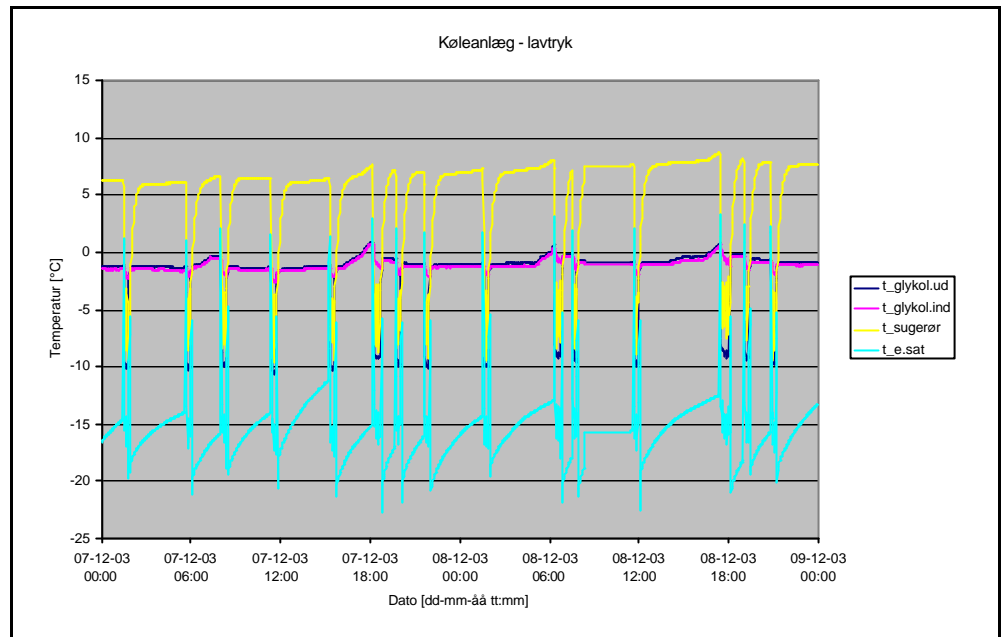
Dato	07-12-03 05:21	07-12-03 16:14	08-12-03 05:11	08-12-03 16:24
Mælkemængde [kg]	1631.1	1416.6	1675.3	1517.7
Middel mælketemperatur før veksler 1 [°C]	29.0	29.5	30.2	30.3
Middel mælketemperatur efter veksler 1 [°C]	7.4	7.8	8.1	8.4
Energi, mælkenedkøling veksler 1 [kWh]	41.2	35.8	43.1	38.6
Middel mælketemperatur efter veksler 2 [°C]	2.8	3.2	3.5	3.7
Min. Mælketemperatur efter veksler 2 [°C]	2.5	2.8	2.9	3.0
Maks. Mælketemperatur efter veksler 2 [°C]	4.9	6.6	7.3	8.6
Energi, mælkenedkøling veksler 2 [kWh]	8.7	7.6	9.0	8.5
Dato	07-12-03 00:00	08-12-03 00:00	08-12-03 00:00	09-12-03 00:00
Måleperiode [h]	-	24.00	-	24.00
Total energiforbrug [kWh/24h]	-	15.3	-	15.6
Total specifikt energiforbrug [kWh/tons/K]	-	1.10	-	1.09
Vandopvarming [kWh/24h]	-	11.5	-	14.9
Relativ gangtid kompressor [-]	-	0.10	-	0.12
Kompressorstarter [1/24h]	-	8	-	7
Middel kondenseringstemperatur [°C]		19.8		20.5
Middel fordampningstemperatur [°C]		-15.1		-13.8
Energiforbrug kompressor [kWh/24h]		6.60		6.68
Specifikt energiforbrug kompressor [kWh/tons/K]		0.47		0.45
Middel effekt kompressor [kW]		2.71		2.36
Energiforbrug pumper + styring [kWh/24h]		8.7		8.9



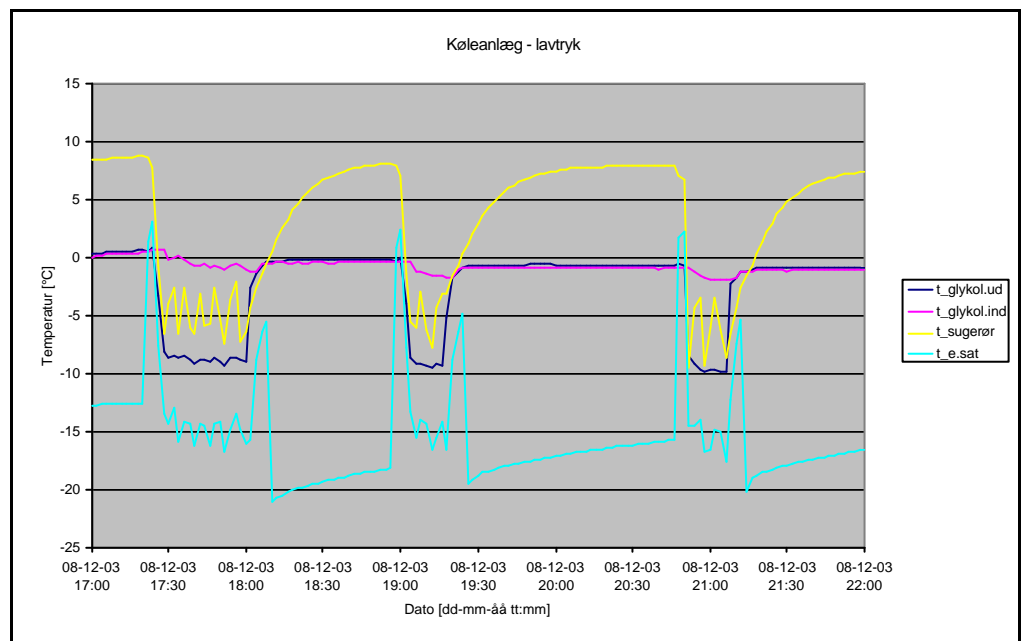
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Temperaturen af mælken før og efter de to pladevarmeveksler, temperaturen af drikkevandet, der pumpes igennem veksler 1 og temperaturen af isvandet, der pumpes igennem veksler 2. I veksler 1 nedkøles ca. 30°C varme mælk til ca. 7,5°C, og drikkevandet varmes op fra ca. 7°C til ca. 13°C. I veksler 2 nedkøles mælken yderligere til ca. 3,0°C, samtidig med at isvandet fra isbanken varmes op fra ca. 0°C til 7,0°C. Temperaturspidserne efter hver malkning skyldes, at der foretages en såkaldt CIP- rengøring af hele malkeanlægget inklusiv de to pladevarmevekslere. Mælketemperaturen ud af veksler 2 ligger stabilt på 3°C. Af diagrammet fremgår det desuden, at der ikke er gennemført CIP-rengøring efter første malkning. Den nederste kurve beskriver køleanlæggets effektoptag. Som forventet kører køleanlægget uafhængigt af malkeanlægget.



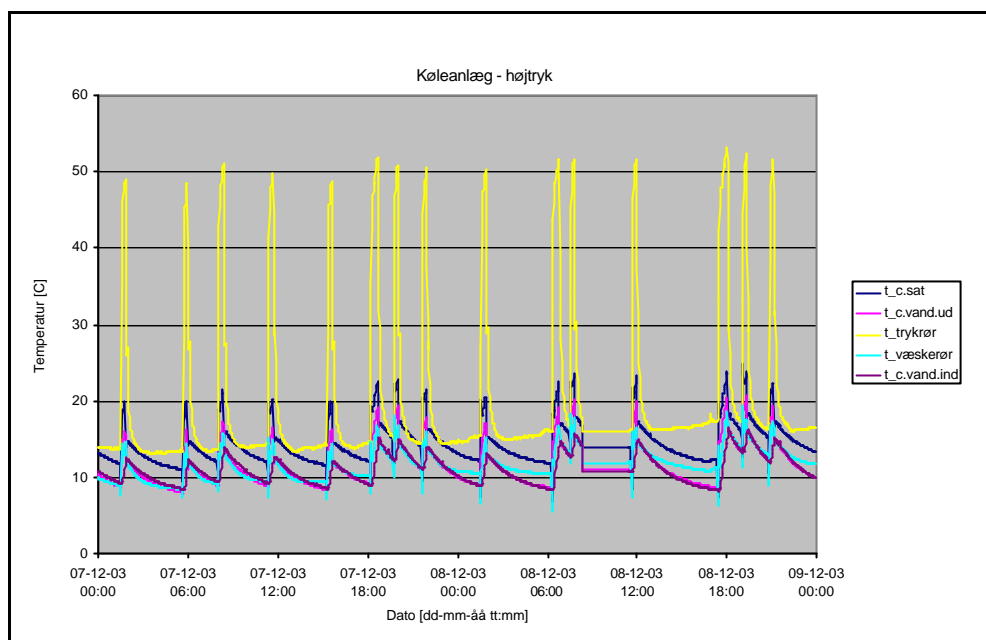
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Nærbillede af mælke-, drikke- og isvandstemperaturerne i løbet af en malkning.



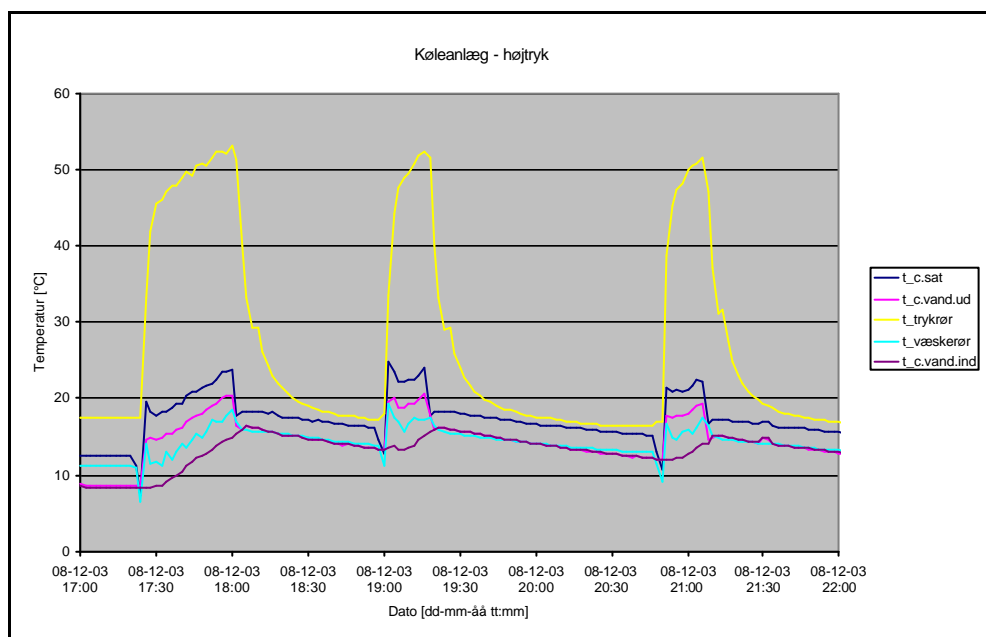
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Temperaturer målt på køleanlæggets lavtryksside. Den anførte fordampningstemperatur "t_e.sat" er mætningstemperaturen beregnet ud fra det målte tryk på kompressorens sugeside. Køleanlægget kører, når temperaturen målt på sugerøret "t_sugerør" (den gule kurve) er maks. Årsagen til, at fordampningstemperaturen under stilstand i perioder er lavere, end når kompressoren kører, er, at der, inden kompressoren slukkes, fortages en "pumpdown", hvor fordamperen tømmes for kølemiddel.



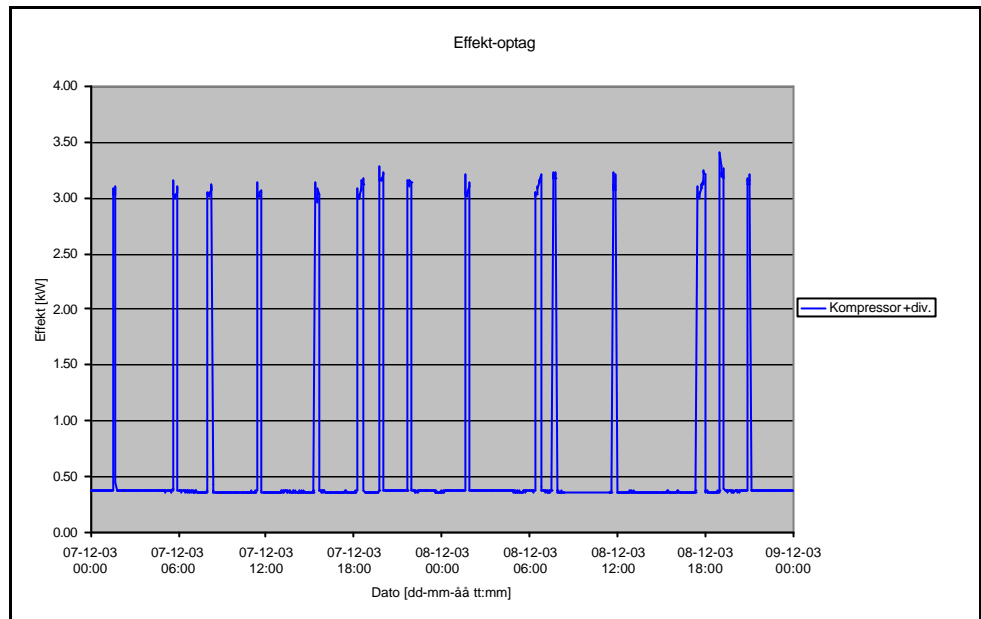
Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Nærbillede af temperaturerne på køleanlæggets lavtryksside i løbet af 3 kompressor ON/OFF perioder. Fordampningstemperaturen er ca. -15°C og overhedningen ca. 10K . Glykolen nedkøles fra ca. 0°C til -9°C i fordamperen.



Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.**: Temperaturer målt på køleanlæggets højtryksside. Den anførte kondenseringstemperatur "t_c.sat" er mætningstemperaturen beregnet ud fra det målte tryk på kompressorens trykside. Køleanlægget kører, når temperaturen, målt på trykrøret "t_trykrør" (den gule kurve), er maks.



Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.**: Nærbillede af temperaturerne på køleanlæggets højtryksside i løbet af 3 kompressor ON/OFF perioder. Når termostaten på varmtvandsbeholderen slutter, stiger vandtemperaturen ind i kondensatoren fra ca. 8°C til ca. 16°C



Figur **Fejl! Ukendt argument for parameter.**: Anlæggets totale effektoptag i kW. Kondensator- og fordamperpumpen og anlæggets styring kører 100% af tiden og medfører en grundlast på ca. 0,4 kW. Kompressorens relative gangtid er ca. 11% og med ca. 8 starter pr. døgn medfører det en gennemsnitlig gangtid for kompressoren på ca. 20 minutter. Den relativ korte gangtid indikerer at slutte-/brydesignalt fra isbanken, der tænder og slukker kompressoren, ikke er indstillet korrekt.