

Projekt Rapsel

Teknisk driftsrapport

Förhandskopia

**Uppdragsgivare
Slöinge Lantmän Ek. för.
Slöinge**

**Högskolan i Halmstad
Hans-Erik Eldemark
2003-06-23**

SAMMANFATTNING

Allmänt

Denna rapport utgör dokumentation av den drift ett diesellaggregat som skett under 19 månader på Slöinge Lantmäns anläggning i Slöinge.

Ett generatoraggregat med en standard direktinsprutad dieselmotor som modifierats för drift med kallpressad rapsolja har utgjort basen i installationen. Motorn är en 7,4 l marindiesel på 178 kW som anslutits till en generator på 120 kVAr. Uttag av elektrisk effekt har begränsats till 100 kW. En stor del av driftstiden har generatoreffekten varit reglerad att ligga på 80 kW. Kylvärmens har dels använts för att förvärma vatten i torkanläggningen på Slöinge Lantmän, dels förvärma luften i torkanläggningen samt använts för att värma upp kontorsdelen av anläggningen.

Driftserfarenhet

Aggregatet har körts 1850 timmar. Driften har i princip bedrivits under tiden november 2001 till april 2003. Driften har varit förlagd till kontorstid vilket har medfört närmare 180 kallstarter. Kallstarten har i princip alltid genomförts med diesel som startbränsle. Den använda automatiken har minimerat driftstiden på diesel, men har samtidigt orsakat en inblandning av rapsolja i tanken för dieselbränslet vilket medfört att även vid dieseldrift har ca 15% av bränslet utgjorts av rapsolja.

Analys och kommentarer av driftssituationer finns beskrivna i rapporten.

Förbrukning, liksom produktion av såväl värme som el har loggats och finns i bilaga som rådatafiler lagrade på CD.

En sammanfattande kommentar är att vi inte under den tid och under de driftförhållande som gällt på anläggningen hos Slöinge Lantmän har funnit att motorn har förändrats märkbart under tiden. Den är lika startvillig och har i stort sett samma uppskattad verkningsgrad nu som i början av driften.

Framtidspunkter

Följande punkter utgör vissa punkter som bör beaktas i det fortsatta arbetet.

- Nytt styrsystem för förvärmningen av rapsolja bör utvecklas
- Mätning av emissioner.
- Bättre möjlighet att reglera driften mot aktuellt värmebehov
- Utredning och eventuellt provning av andra vegetabiliska oljor
- Utveckling av styrutrustning för optimering av driften vad gäller effektuttag och hantering av reaktiv effekt.
- Paketering av ett rapsoljedrivet el-värmeaggregat för gårdsdrift
- Testning av rapsoljedrift i fordon med nyutvecklad styrutrustning
- Utveckling av styrutrustning och tester för att använda rapsolja i standard oljebrännare.

Hans-Erik Elldemark

|

Högskolan i Halmstad

Box 823

301 18 Halmstad

FÖRORD

Denna rapport har tillkommit som ett resultat av Johan Sönnerstedts entusiasm och intresse för att prova nya tankegångar. Ett antal företag har hjälp till med att spendera såväl material som tid för att göra projektet möjligt. I referenslistan finns dessa nämnda. För viss finansiering har DESS, Teknikbron och även Slöinge Lantmän bidragit.

Denna version av rapporten är INTE färdig. Den skall betraktas som en förhandskopia. Det som först och främst saknas är utvärdering och resultatet av den nedmontering av motorn som planeras att ske under sommaren 2003. Vidare är materialet runt detta projekt så omfattande att rådatafilerna, liksom vissa bilagor och annat referensmaterial inte är med i denna version.

En omarbetad version av rapporten kommer att finnas under mitten av augusti.

Halmstad 23/6 2003

.....
Hans-Erik Eldemark

SAMMANFATTNING

FÖRORD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD.....	II
1 INLEDNING.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Förutsättningar.....	1
1.3 Krav/önskemål för anläggningen.....	2
2 PLANERING.....	3
2.1 Allmänt dimensionerade krav.....	3
2.2 Dimensionerande faktorer baserat på el- och värmebehov.....	3
2.3 Elbehovet sett på timbasis över året.....	4
2.4 Värmebehovet sett på timbasis över året.....	4
2.5 Kallpressad rapsolja som bränsle.....	5
2.5.1 Allmänt.....	5
2.5.2 Renhet.....	5
2.5.3 Kallstart/kondensering.....	5
2.5.4 Viskositetskillnad.....	6
2.5.2 Tillgång av rapsolja samt pris.....	6
2.7 Forskningsområde.....	6
2.6 Finansiering.....	7
3 ANLÄGGNINGS- och DATAINSAMLINGSBESKRIVNING.....	8
3.1 Allmän teknisk beskrivning.....	8
3.2 Motor.....	8
3.3 Generator.....	9
3.4 Ram och reglersystem för aggregatet.....	9
3.5 Lokal och anslutningar.....	10
3.6 Rapsoljeförsörjning.....	10
3.7 Modifiering av bränslesystemet.....	11
3.7.1 Allmänt.....	11
3.7.2 Metod enligt Agentur Breilmann.....	11
3.7.3 Metod enligt Skeppsta Maskin.....	11
3.7.4 Driften.....	12
3.8 Styrning mot värmebehov.....	14
4 DATAINSAMLING.....	14
4.1 Allmänt.....	14
4.2 Automatisk mätdatainsamling.....	14
4.3 Manuell loggning.....	15
5 DRIFTSERFARENHET.....	16
5.1 Allmänt.....	16
5.2 Driftsstörningar.....	16
5.3 Driftstopp.....	17
5.3.1 Planerade.....	17
5.3.2 Oplanerade.....	17
5.4 Analys av spridare.....	18
5.4.1 Allmänt.....	18
5.4.2 Analys, sommaren 2002.....	18
5.4.3 Analys, sommaren 03.....	18

5.5 Styrning effektuttag och värme.....	18
5.5.1 Effektuttag.....	18
5.5.2 Styrning värmebehov.....	19
5.6 Miljöfrågor.....	19
5.7 Bullermätning.....	19
5.9 Elcertifikat	20
5.10 Ekonomi i en egen kraftvärmeanläggning.....	20
5.11 Driftsdokumentation	20
6 SLUTSATS	22
6.1 Allmänt.....	22
7 REFERENSER	24
7.1 Person referenser	24
7.2 Litteratur referenser.....	24
8 BILAGEFÖRTECKNING.....	26

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Slöinge Lantmän har i Slöinge en anläggning för torkning av säd och beredning av foderblandningar. Sedan några år finns även en kallpress för rapsfrön. Oljan används främst för tekniskt bruk. Rapsexpellerarna används i foderblandningar. Anläggningen förbrukar stora mängder energi under den tid då spannmålen skall torkas. Främst är det naturgas som används för att bilda värme. Elenergi används i torkprocessen för att driva fläktar, transportskuvar och pumpar. Kapaciteten på anläggningen planeras utökas. Ett problem som då kan komma att uppstå är att den matande transformatorn samt kablarna till anläggningen inte klarar ytterligare uttag av elenergi. Förstärkning som då måste utföras kommer att till stor del behöva bekostas av Slöinge Lantmän. Då denna kostnad är betydande önskade Slöinge Lantmän utreda alternativa lösningar baserad på det faktum att lokalt producerad rapsolja finns tillgänglig. Denna utredning gjordes under xxxx och finns presenterad i rapport "xx".

1.2 Förutsättningar

Slöinge Lantmän förbrukar alltså såväl elenergi och värme. Samtidigt är Slöinge Lantmän en stor producent av teknisk rapsolja. Detta ger goda förutsättning för en alternativ lösning som bygger på att elenergi produceras lokalt eftersom även värmen, som oundvikligen erhålls, kan värdesättas. Genom denna lokala produktion kan en utbyggnad av anläggningen möjliggöras utan att betydande investering krävs för förstärkning av matningen. En utbyggnad beräknas kräva ytterligare ca 100 kW. Utrymme på matningssidan finns för ca 40 kW. Slöinge Lantmän har redan idag en abonnerad effekt på 160 kW vilken tidvis överskrids och medför övertagsutgifter. En framtida nivå på effektabonnemanget torde alltså minst ligga på 270 kW för att undvika övertagsutgifter.

Slöinge Lantmän tog beslutet att även om en lokal produktion av el och värme skall sker så bör ändå förstärkningen av elnätet göras. Detta beslut grundades främst på att även om en lokal lösning kommer till stånd så kommer det att finnas ganska betydande risker i projektet som kan riskera produktionen.

Slutsatsen i rapporten var i princip att någon form av ottomotor med anpassning för drift av rapsolja med kopplad generator skulle vara det intressantaste alternativet för Slöinge Lantmän. Tanken var att i första hand använda en Elsbett motor men då den är mycket kostsam och att det fanns tecken på att även moderna

direktinsprutade dieslar med mindre modifieringar skulle kunna drivas med kallpressad olja blev projektet rimligare att genomföra.

Slöinge Lantmän bedömde sig ha vissa möjligheter att till viss del finansiera men att sponsorer eller finansiärer måste kopplas mot projektet för att det skall kunna genomföras. Genom kontakter med DESS, Teknikbron i Lund, maskinleverantörer, Falkenberg energi m.fl. visade det sig inte helt omöjligt att finna visst stöd för finansiering. Detta gjorde att projektet initierades under våren 2002.

1.3 Krav/önskemål för anläggningen

Anläggningen skall uppfylla vissa krav vilket påverkar den fortsatta planeringen och upphandlingen.

- Anläggningen skall använda ett lokalt producerat biobränsle som i detta fall är kallpressad rapsolja..
- Anläggningen skall kunna placeras på lämplig plats med hänsyn till buller och närhet till värme- och elanslutningspunkter.
- Den producerade elenergin skall kunna fasas in mot befintligt nät..
- Den producerade värmen skall kunna användas lokalt inom Slöinge Lantmän, vilket medför att det lokala värmebehovet skall kunna vara en styrfaktor..
- Anläggningen bör vara enkel att driva vilket medför att automatik skall ingå i styrningen.
- Förslaget som kommer fram skall vara så företagsekonomiskt förankrat som möjligt vilket medför att det slutliga utförandet kan styras av externa faktorer som tillgång till externa medel och sponsorer..
- Propositionen "En uthållig energiförsörjning" skall beaktas.

2 PLANERING

2.1 Allmänt dimensionerade krav

Följande resonemang är baserat på rapporten xxxx.

Dimensioneringen utgår från att alternativet att en konventionell direktinsprutad dieselmotor med tillsatsutrustning kan användas som drivkälla.

En dimensionerande faktor i den planerade anläggningen är att all värme skall användas i största möjliga omfattning och skall alltså inte kylas bort. Styrningen kommer därför att primärt ske mot värmebehovet vilket är unikt i en anläggning av denna typ.

Tidigare i rapporten har påpekats att förbrukningsstatistik för värme och el inte är tillgänglig på den nivå som behövs för att göra en säker dimensionering. Ett behov av värme måste följas av ett motsvarande behov av elkraft. Detta kan inte alltid garanteras varför anläggningen bör förses med utrustning som möjliggör utmatning av elkraft på nätet. En överslagsberäkning visar att nätet har tillräcklig hållfasthet.

2.2 Dimensionerande faktorer baserat på el- och värmebehov

Den beräknade utbyggnaden av anläggningen beräknas att medföra en ökning av effektuttaget med ca: 100 kW. Denna effekt är också en gräns som inte bör överskridas med tanke på de beskattningsregler som gäller. Vid en producerad eleffekt på 100 kW bedöms ca 120 kW användbar värme produceras. Detta värmebehov föreligger ett normalår endast under delar av augusti och oktober samt under hela september. Under samma tid finns även ett motsvarande behov av elenergi.

Under januari och februari finns även ett behov att begränsa effektuttaget på nätet. Idag finns inget motsvarande värmebehov varför anläggningen inte kan köras. Ett förslag är då att värma lokaler på företaget som i dag inte är uppvärmda. En investering behöver då göras av ett antal vatten/luftvärme växlare. Behovet av uppvärmning i andra närliggande bostadsområden är också stort och motsvarar mycket väl den produktion av värme som kan ske. Kostnaden för att ansluta anläggningen mot dessa bostadsområden är osäker och inte helt klarlagd varför detta alternativ inte fortsättningsvis kommer att beaktas. En annan faktor som inte kunde beaktas var om denna värmekund kunde acceptera en varierande leverans av värme sett under ett dygn. Det är inte helt säkert att en ev. värmekund kan acceptera värmeleveranser endast dagtid då de kommer att behöva en egen anläggning för värmeproduktion nattetid. Möjligheterna att ändå få avsättning av värmen är till sist en prisfråga.

Görs en bedömning av det interna behovet av såväl el som värme så bör en producerad värmeeffekt på 150 kW inte vara svår att få avsättning på under höglasttid augusti - oktober under i princip hela dygnet. Under låglasttid är effektbehovet obefintligt, men genom att värma upp kontor och lagerlokaler kan ett dimensionerande behov uppskattas från 5 kW till uppskattningsvis 50 kW

Ser man energimässigt på detta så medför detta att motorn kan köras kontinuerligt om och endast om anläggningen förses med värmeväxlare för att använda värmen för uppvärmning av lokaler och att styrsystemet tillåter att värmebehovet är en styrande faktor för anläggningen.

2.3 Elbehovet sett på timbasis över året

I rapporten xxx finns några underlag i bilaga 2 och 3. Några fullständiga underlag kunde inte fås vad gäller elbehovet då inga månadsvisa uppföljningar gjorts sedan 1992. Tillgängliga uppgifter på förbrukningen användes för att ge en grov uppskattning av lämplig nivå för en generator. Två effekttoppar kunde konstateras. Dels i augusti-oktober då torkningen sker, dels i början av året vid produktion av foder. Den senare effekttoppen motsvaras dock inte av ett värmebehov. Korta variationer i förbrukning går omöjligt att uppskatta från underlagen. För att undvika att i ett lokalt elverk kompensera för ett alltför varierande elbehov konstaterades att ett avtal mot nätleverantören skall tecknas så att viss kvittning mot köpt och levererad energi kan göras. Genom användning av en synkrongenerator kan en effektivare styrning mot ett svagt nät göras liksom komensation för reaktiv effekt. Resonemanget ledde fram till val av en synkrongenerator på 120 kVAr med cosinus-? styrning. Se bilaga xx

2.4 Värmebehovet sett på timbasis över året

Uppgifter har erhållits från gasleverantören. Underlagen håller endast underlag rörande förbrukning av gas per månad. Det som framgått genom kontakter med driftteknikern på anläggningen inleds eldning av gas normalt i början eller mitten av augusti. Eldningssäsongen avslutas normalt i oktober. Gaspannan har två effekt lägen 237 kW resp 710 kW. Inga tillgängliga data har kunnat erhållas hur mycket gaspannan går på de båda stegen. Tyvärr är detta en mycket kritisk information som saknas för att kunna göra en lämplig bedömning av storleken på en anläggning.

Totalt abonnerad gaseffekt idag är 830kW. Ledningen till fastigheten är inte en begränsade faktor vid en eventuell effektökning.

Baserat på dessa uppgifter är det därför angeläget att försöka att få ut så mycket värme som möjligt vilket medför att någon typ av marindiesel med avgaskylning är ett det bästa valet. Anslutningen mot anläggningen bör vara sådan att den inkommande temperaturen på kylvattnet är så låg som möjligt eftersom motorns normala kylvattenpump kommer att användas och den har en dimensionerad

temperatur på runt 45 C. Det innebär att returvattnet från torken kan vara lämpligt att använda. Spillvärmen från motorn används därför för att förvärma vattnet innan det får tillskottsvärme från gaspannan. Vidare kan värmebehovet antas variera mycket sett över ett år varför en regulator måste installeras som kan reglera mot kyltemperaturen. Se bilaga xx och xx.

2.5 Kallpressad rapsolja som bränsle

2.5.1 Allmänt

Redan på 20-talet började i USA vegetabiliska oljor användas som alternativ till mineraloljebaserad dieselolja. I Europa genomfördes under 80-talet ett flertal försök med rapsolja. Resultaten var i stort sett goda även om vissa tekniska problem återstår att lösa.[3]. Ett flertal försök gjordes med rapsmetylester dvs en kemisk konvertering av biobränslet för att komma från främst viskositetsproblem. Vidare har ett flertal försök utförts med att konvertera själva motorn för att kunna använda den vegetabiliska oljan direkt. Utförandet enligt Elsbett [1] är den mest kända, men även andra finns. Se bilaga xx.

I bilaga 8 finns några sidor ur en skrift från Midjysk Energikontor. I denna bilaga finns ett flertal referenser till andra arbeten rörande möjligheter att använda motorer drivna av vegetabiliska oljor.

Bilaga 10 visar ett utdrag av en Internet sökning med rapsolja och dieselmotor som sökbegrepp. Här framgår det att mycket av träffarna behandlar rapsmetylester samt även det i Italien vanliga Gecame bränslet

Genom valet av kallpressad rapsolja som bränsle bör alltså bränsleförsörjningen för motorn ändras. Det något lägre energiinnehållet i rapsolja påverkar inte driften mer än i det driftsfall då maximal axeleffekt skall tas ur motorn. Insprutningssystemet kan få problem att hantera den oljemängd som erfordras.

2.5.2 Renhet

Eftersom Slöinge Lantmän själv producerar kallpressad rapsolja blev utgångspunkten att använda detta bränsle direkt från produktionen. Denna olja är inte en destillerad produkt vilket innebär att vi får en förhållandevis stor mängd partiklar i oljan. Detta faktum kan antas påverka tiden mellan byten av bränslefilter. För att förhindra driftsstopp är det ganska vanligt att man har synkroniserade spridare med rensnålar för att just undvika effekterna av att det förekommer en större mängd partiklar i en kallpressad produkt. I den motor som används i anläggningen i Slöinge kommer ingen modifiering av spridarna att göras. Agentur Breilman, se bilaga 9 har beskrivning på ett sätt att filtrera rapsolja genom bomullsväv för att minska partikelantalet.

2.5.3 Kallstart/kondensering

Uppdragstagaren erfarenheter från ett antal års rapsoljedrift av en förkammardiesel. Erfarenheter är att driften fungerar mycket bra, men att kallstarter kan antas förkorta

livslängden på motorn betydligt. Det beror till stor del av att vid förbränning i en kall motor och främst vid kallstart sker en kondensering av bränslet på cylinderväggarna vilket senare orsakar koks bildning i kolvringarna och så småningom minskad kompression med startsvårigheter och lägre verkningsgrad. Rapsoljan har en förhållandevis hög flampunkt vilket också påverkar kondenseringsförloppet. Kondensering av bränsle på cylinderväggar är ett helt normalt förlopp, men rapsoljans kondensationsprodukter är något mer svårslösliga vilket leder till ett icke reversibelt förlopp. En spädning av motoroljan kan också förväntas varför byte av motoroljan också bör planeras oftare.

2.5.4 Viskositetskillnad

Ett större problem är som nämnt ovan förknippat med rapsoljans starkt temperaturberoende viskositet. Förändringen av viskositeten ligger dessutom i ett temperaturintervall som normalt betraktas som helt normala driftstemperaturer. Hantering av viskositet kan göras på flera sätt. Vanligt är att göra detta genom en kemisk förändring genom omvandling av rapsolja till RME. Det är en något komplicerad metod som inte passar här

Viskositeten påverkar hur mycket bränsle som kan pumpas ut genom spridare och genom filter. Även pumpen får svårt att leverera rätt mängder om viskositeten är för hög. Det finns även risk för pumphaveri om viskositeten är mycket förhöjd. För låg viskositet kan även vara skadligt och påverkar driften då pumpen riskerar att läcka i pumphuset. Användning av rapsolja eliminerar i vilket fall som helst risk för maskinhaveri på grund av låg viskositet.

För att klara den högre viskositeten måste motorn förses med utrustning för att hålla viskositeten inom hanterbara områden. Eftersom viskositeten är temperaturberoende kan i stället en enkel styrutrustning användas. Rapportförfattaren använde vid drift av en förkammardiesel en enkel förvärmning av rapsolja genom cirkulation i bränslepumpen kombinerad med en värmeväxlare.

En av metoderna byggde på en teknik som utvecklats i Tyskland. Denna utrustning levererades av tillverkaren. Se vidare kapitel 3.7.2

Den andra har utvecklats av Skeppsta Maskin och är en automatiserad och mer tekniskt utvecklad version av den teknik som uppdragstagaren provat. Se vidare kapitel 3.7.3

2.5.2 Tillgång av rapsolja samt pris

För Slöinge Lantmän är tillgången av teknisk rapsolja god. Normal avsättning av oljan är leverans Slöinge samt allmänt genom rapporterna.

2.7 Forskningsområde

Intressant område att studera är hur en tids kontrollerad drift med kallpressad rapsolja påverkar en standard dieselmotor. Emissioner skall om möjligt utvärderas.

2.6 Finansiering

Slöinge Lantmän bedömde sig ha vissa möjligheter att till viss del finansiera men att sponsorer eller finansiärer måste kopplas mot projektet för att det skall kunna genomföras. Genom kontakter med DESS, Teknikbron i Lund, maskinleverantörer, Falkenberg energi m.fl. visade det sig inte helt omöjligt att finna visst stöd för finansiering. Detta gjorde att projektet initierades under våren 2002.

Stöd beviljades från DESS för att täcka vissa grundkostnader. Teknikbron i Lund med medel för uppföljning, Volvo Marin kunde tillhandahålla en lämplig motor liksom Leroy Somer en generator till självkostnadspris. Övriga kostnader liksom för bränsle och drift skulle det finnas utrymme för Slöinge Lantmän att bekosta. Ansökan mot Teknikbron i Lund finns som bilaga xx. Övriga finansieringshandlingar finns i förvar hos Slöinge Lantmän.

3 ANLÄGGNINGS- och DATAINSAMLINGSBESKRIVNING

3.1 Allmän teknisk beskrivning

Anläggningen består av ett i grunden konventionellt reservkraftsaggregat med en konventionell direktinsprutad dieselmotor används som drivkälla.

Upphandling av de ingående delarna gjordes genom förfrågningar till ett antal tänkbara leverantörer under våren och sommaren 2001. Detta resulterade i en anläggning med följande delar. Figur 3.x visar hela aggregatet.

3.2 Motor

Motor TWD 740 GE som är en motor i marint utförande med värmewäxlare erhöles från Volvo Marin. Av beteckningen framgår att det är en överladdad motor på 7,4 liter. Den kan kontinuerligt utveckla 178 kW. Beskrivning av motorn finns i bilaga xx. Motorn har ett eget internt slutet cirkulationssystem för kylning som via en på motorn monterad värmewäxlare, står i förbindelse med externt kylmedia. Motorn är försedd med en matarpump för det externa kylmediat. Bild 3.x visar bland annat värmewäxlaren.

Motorn är vidare försedd med elektroniskt styrd bränsleinsprutning med reglerfunktioner för konstant varvtal. Motorn har givare för övervakning av de nödvändiga driftsparametrarna. På bild 3.x kan man längst ner se styrenheten.



Bild 3.x Värmewäxlare (Grön,mitten höger). EDI vit nederst. Generator (vänster)

3.3 Generator

Leroy Somer 120 kWA_r synkrongenerator med cos- ϕ reglering från Se bilaga 2 samt bild 3.x ovan som visar den med motorn monterade generatorm.

Denna reglering var nödvändig för att det skulle vara möjligt att kunna påverka förhållandet mellan aktiv och reaktiv effekt under varierande driftförhållanden.

3.4 Ram och reglersystem för aggregatet

Ramverket för motor och generator monterades ihop av ELKM AB Hässleholm. Bild 3.x visar hela aggregatet under monteringen 011024 på plats i Slöinge.



Bild 3.x Aggregatet under montage på Slöinge

I montaget ingår ett fullständigt styrsystem för halvautomatisk drift. Det aktuella styrsystemet har manuella funktioner för start och stopp medan övervakning av driften är automatisk. Genom automatiken förhindras onormala driftsituationer liksom ren felmanövrering. Vissa mät- och visningsfunktioner ingår som berör driftstidmätning, ett flertal motorparametrar samt de vanligaste nätparametrarna. Ingen loggfunktion finns. I figur 3.xx visas panelen inställd för att visa börvärde på eleffekt, fasspänning u₃₁, frekvens samt totala drifttiden.

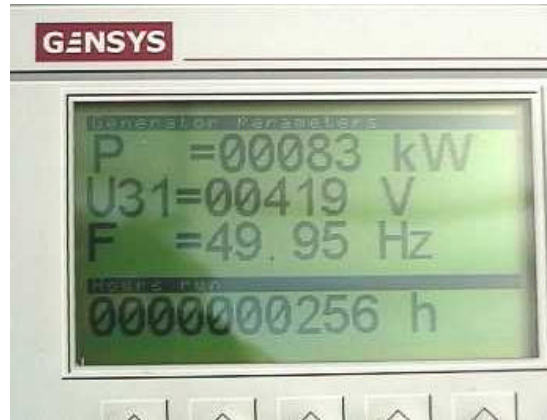


Fig. 3.x Panel till Gensys.

Styrsystemet valdes också så att extern styrning av utgående effekt skulle kunna göras beroende på det aktuella värmebehov som föreligger. Se bilaga xx och xx.

ELKM AB fbyggde ihop anläggningen och testade den i Hässleholm och hade också ansvaret för leverans och driftsättning av anläggningen på plats i Slöinge.

3.5 Lokal och anslutningar

Färdigställande av lokal och de fasta installationerna av bränsleförsörjning, anslutning mot elnät samt anslutning av kylvatten ombesörjdes av Slöinge Lantmän. Volymen av i kylsystemet strömmande kylmedia mättes liksom in och utgående temperatur. Detta möjliggjorde mätning av den energi som motorn avgav som kylvärme. Dessa data lästes av minst vid varje driftsstart och driftsstopp och finns lagrade bland manuella data.

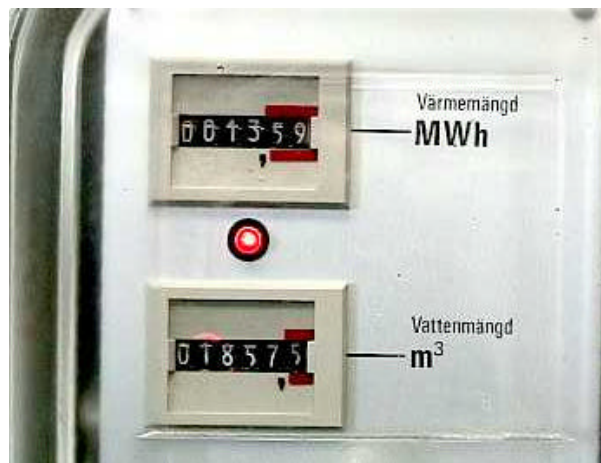


Fig.3.x Värmemängd/vattenmängd

3.6 Rapsoljaeförsörjning

Hans-Erik Eldemark ?
Högskolan i Halmstad
Box 823
301 18 Halmstad

Grundinstallationen för försörjning av rapsolja gjordes så att en mellantank anslöts mot den ordinarie lagringstanken för slutsedimenterad olja. Detta innebar alltså att oljan som använts kom direkt från produktionen och var färsk, vilket är ett antaget villkor för att få driften att fungera så störningsfritt som möjligt. Via ett filter med xx-my samt med hjälp av en pump flyttade oljan till en separat lagringstank med volym runt xx m³.

Fig.3.x Lagringstank

Den pumpade volymen mättes och vid vissa tillfällen utfördes mätning av nivån vid tankning stämde av mot den via pumpen flyttade volymen för kontroll. Även före och efter drift utfördes mätningar under vissa tillfällen för att kontrollera förbrukning. Lagringstanken stod via självtryck i i förbindelse med en 300 l bränsletank ca: 6m lägre. Bränsletanken låg något högre än motorn och stod via en anslutning i förbindelse med det speciella bränslesystemet. Normalt ansluts en dieselmotor med en framledning och en returledning. Det speciella bränslesystemet, som förklaras nedan har endast en anslutningsledning. En flödesmätare med pulsutgång var undervissa tider ansluten antingen mellan lagringstanken och bränsletanken eller mellan bränsletanken och bränslesystemet. Temperaturen på rapsoljan i lagringstanken följde i stort sett lufttemperaturen och kunde ibland ligga runt 5 C. Detta medförde att bränsleförsörjningen äventyrades genom den höga viskositet som rapsoljan då fick. Speciellt uttalade problem fanns då flödesmätaren var ansluten eftersom den orsakade stora strömningsförluster. Genom uppvärmning av rapsoljan före flödesmätaren kunde kontinuerlig mätning av flöde ske under vissa tider för att kunna stämma av produktion av värme och el mot aktuell förbrukning baserat på 5 minutersintervall.

3.7 Modifiering av bränslesystemet

3.7.1 Allmänt

Efter att anläggningen driftsats och testats under ca 20 timmar påbörjades modifiering av bränslesystemet. För detta provades två olika metoder enligt 2.5.xx.. Modifieringen gjordes så att dessa två metoder relativt enkelt kunde växlas.

3.7.2 Metod enligt Agentur Breilmann

Prov hade tidigare endast utförts på mindre personbilsdieslar varför den behövde modifieras. Den ändrade utrustningen installerades men fungerade inte tillfredsställande. Hanteringen av returbränsle var inte helt tillfredsställande.

3.7.3 Metod enligt Skeppsta Maskin

Denna metod för förvärmning av rapsolja är i stort sett samma metod som uppdragsgivaren testat under en tid på en förkamardiesel. Bengt Jonsson på

Skeppsta Maskin har utvecklat denna ytterligare. Skeppsta Maskin levererade och installerade utrustningen som sedan använts och fungerat i stort sett utan några problem. För tekniken se bilaga 16. Ett mindre problem som finns med utrustningen som den ser ut idag är att en spädning med rapsolja sker i dieseltanken under vissa delar av driftcykeln. Se mer om detta nedan. Vidare är utrustningen inte integrerad med styrsystemet vilket gör att start och stopproceduren inte är automatisk.

3.7.4 Driften

Kallstarten har i princip alltid genomförts med diesel som startbränsle. Den använda automatiken har minimerat driftstiden på diesel, men har samtidigt orsakat en inblandning av rapsolja i tanken för dieselbränslet vilket medfört att även vid dieseldrift har ca 15% av bränslet utgjorts av rapsolja. Detta torde egentligen inte utgöra något allvarligt problem. Det finns försök [xx] som utförts med inblandning med ca 30% rapsolja i diesel där inga större störningar har noterats. Viskositeten är så länge temperaturen överstiger 20 C ungefär jämförbar med diesel.

3.8 Styrning mot värmebehov

Förslaget bygger på att en standard dieselmotor körs med rapsolja med ändringar i bränslesystemet.

4 DATAINSAMLING

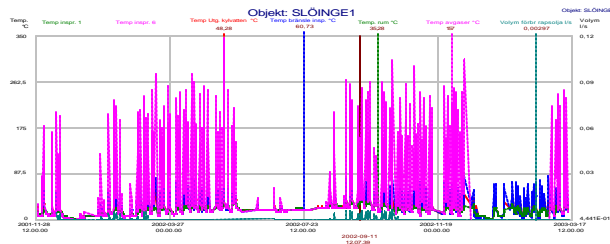
4.1 Allmänt

Analys och kommentarer av driftssituationer finns beskrivna i detta kapitel men även i kapitel 5.

Förbrukning, liksom produktion av såväl värme som el har loggats och finns i bilaga som rådatafiler lagrade på CD.

4.2 Automatisk mätdatainsamling

Den automatiska mätdatainsamlingen har gjorts med en logger av fabrikat MITEC med beteckning AT40. Till denna kan upptill 8 olika givare anslutas. Mätdata kan samlas in på en mängd olika sätt. Min, medel och maxvärden har samlats in med hög mät hastighet. Dessa värden har medelvärdesberäknats under en 5-minutersperiod vilka sedan lagrats i ett minne i mätloggern. Minnet har haft kapacitet att lagra mätvärden för 14-16 dagar. Överföring till PC och ett analysprogram har därefter gjorts. I bilaga xx visas ett antal diagram som är utresultat från analysprogrammet. Figur 4.x visar i ett minidiagram hela mätperioden från nov 2001 till april 2003. På denna figur kan man se de planerade driftsstoppen under jul och nyår samt under sommaren 2002. Diagrammet finns läsbart som diagram 1 i bilaga xx.



Överföring av alla lagrade mätvärden har gjorts till ren textfil har och finns lagrad på medföljande CD-rom. Se bilaga 5 och 6

Mätloggern har varit inkopplad under större delen av mätperioden. Vid vissa tidpunkter har överföring till PC blivit försenad varför de äldsta mätvärdena har förlorats.

Mätvärden som samlats in under hela tiden är

- ✍ temperatur på in- och utgående kylvatten på motorn
- ✍ avgastemperatur (utom en kort tid för givarhaveri. Violettt på figur 4.x ovan)
- ✍ temperatur i rummet
- ✍ temperatur på rapsolja före insprutningspump

Mätvärden som samlats in under begränsade tider:

- ✍ förbrukning rapsolja
- ✍ temperatur på bränsle till första spridaren
- ✍ temperatur på bränslet till sjätte spridaren

Givarna är klassade och har en uppgiven noggrannhet på $\pm 1\%$. Temperaturgivarna har klämts fast på rör och försetts med isolering och i vissa fall med kiselfett för bättre termisk anslutning.

Analys av mätvärden i form av diagram görs enklast med Winlogg som är det analysprogram som levereras med mätloggern. Exempel på dessa diagram som använts för analysen finns i bilaga 4.

4.3 Manuell loggning

Flera mätvärden har också samlats in manuellt. Kostnaderna för automatisk mätdatainsamling har i vissa fall varit betydande varför den manuella loggningen har varit ett mer ekonomiskt alternativ. Insamling av dessa mätvärden har gjorts av driftsansvarig. Ett flertal loggböcker har använts. Mätvärden har överförts till ett Excel ark vilket finns på bifogade CD-rom. I detta ark finns vissa kalkyler som visar utbytet under delar av driftsperioden samt en total summering. Se vidare i kapitel xx för analys av driften.

För alla loggade mätvärden finns en datum och en tidpunkt angiven.

Mätvärden som loggats manuellt under hela perioden var:::

- ✍ In och utgående temperatur på kylvatten
- ✍ Volym på cirkulerat kylmedia
- ✍ MWh producerad värme
- ✍ Tidpunkt och temperatur på kylvatten vid inkoppling av kylfläkt
- ✍ Producerad generator effekt kWh
- ✍ Reaktiv effekt generator kVAR
- ✍ Konsumerad effekt MWh
- ✍ Konsumerad reaktiv effekt kVAR
- ✍ Producerad effekt MWh (till nätet lämnad effekt)
- ✍ Reaktiv effekt mot nätet kVAR
- ✍ Tankad volym rapsolja
- ✍ Tankad volym diesel
- ✍ Timmätare drift

Mätvärden som loggats manuellt under vissa tider:

Uppmätt rapsoljaförbrukning flödesmätare.

- ✍ Nivå i lagringstank före och efter en dags drift
- ✍ Nivå i lagringstank före och efter tankning

Bilagorna 11-13 visar exempel på några diagramsidor av Excel arket.

5 DRIFTSERFARENHET

5.1 Allmänt

Aggregatet har körts 1850 timmar under varierande belastning och omgivningstemperaturer. Driften har i princip bedrivits under tiden november 2001 till april 2003. Driften har varit förlagd till kontorstid vilket har medfört närmare 180 kallstarter. En sammanfattande kommentar är att vi inte under den tid och under de driftförhållande som gällt på anläggningen hos Slöinge Lantmän har funnit att motorn har förändrats märkbart under tiden. Den är lika startvillig och har i stort sett samma uppskattad verkningsgrad nu som i början av driften.

Motorolja har bytts efter ca 400 timmars drift.

Alla starter har skett med diesel (uppblandad med ca 15%) rapsolja. Efter start har automatiken växlat över till rapsolja som värmts upp till ca 90 grader.

Temperaturen på första och sjätte spridaren har mätts under senare delen av driftsperioden och då har medeltemperaturen legat ca 20 grader lägre på den första spridaren jämfört med den sjätte.

5.2 Driftsstörningar

Övervakning av ett antal driftsparametrar sker kontinuerligt av styrsystemet Gensys. Se bilaga xx. Start av anläggningen skedde i stort sett utan större problem. Ett antal driftstopp har inträffat som varit såväl planerade som oplanerade. En del av dessa stopp finns beskrivna i kap 5.3.

Ett fel som kan betraktas som en driftstörning var att styrsystemet under främst den senare delen av driftstiden inte gick över i avkylningsläge när driften avslutades för dagen. När effekten i anläggningen rampades ner och hade nått ca 15 kW stoppade styrsystemet anläggningen helt. Den normala tomgångskörningen för att främst kyla ner turbon uteblev alltså. Detta gjorde att driftsteknikern fick starta motorn manuellt vid dessa tillfällen för att under en kort tid köra några minuter utan last.

5.3 Driftstopp

5.3.1 Planerade

Då anläggningen kräver bemanning för start och stopp planerades från början ett antal stopp av anläggningen. Det längsta planerade driftsstoppet var under semesterperioden 2002. Vidare stod aggregatet stilla under jul och nyårshelger samt andra längre sammanhängande ledigheter. I Diagram 1 på bilaga 4 kan dessa stopp ses genom att inga kurvor med höga mätvärden finns.

5.3.2 Oplanerade

Ett flertal driftstopp har förekommit av olika anledningar. I diagram 1 i bilaga 4 kan även vissa större störningar i driften ses.

Signalen från oljetrycksgivaren till styrsystemet var i början av driftsperioden, främst under december, orsak till flera oförklarliga driftsstopp. Det löstes med att oljetrycksgivaren ersattes med en manuell och signalen från givaren simulerades extert.



Fig. 5.x Extern oljetrycksmätare

Temperaturgivarsignalen från motorn till styrsystemet har vid viss tillfällen orsakat driftstopp genom att signalera för hög motortemperatur. Felet har troligen orsakats av en felaktig programmering av parametervärden i styrsystemet.

Vidare har vissa oplanerade driftstopp orsakats av störningar på elnätet.

Vid några tillfällen har motorn haft en onormal drift direkt efter start efter ett uppehåll. Vid dessa tillfällen har även onormal rökutveckling konstaterats. Detta har då berott på igensatt luftfilter som när filtret var kallt utgjorde ett större motstånd för luftpassage. Luftfiltret har då haft ganska mycket förångad motorolja i sig. Anledningen till detta vet vi inte riktigt, men det kan konstateras att utsläppet från vevhusventilationen ligger ganska nära luftfiltret. En ny typ av luftfilter som hade en

något större exponerad inloppsarea användes sedan, vilket medförde att problemet minskade.

5.4 Analys av spridare

5.4.1 Allmänt

Temperaturen på första och sjätte spridaren har mätts under senare delen av driftsperioden och då har medeltemperaturen legat ca 20 grader lägre på den första spridaren jämfört med den sjätte.

5.4.2 Analys, sommaren 2002

Den 28 juni 2002 efter ca 1000 timmar plockades alla spridare ur motorn och en bedömning gjordes okulärt. Bilder på spridarna finns på CD-rom i filmarkivet med datum på film 030628, Vid den okulära besiktningen kunde det konstateras att spridarna hade en viss beläggning av sot och lite större partiklar av koksat bränsle. Det var inget onormalt utan det konstaterades att så här kan spridare som hanterat diesel se ut.

5.4.3 Analys, sommaren 03

Denna analys efter ca 1850 timmar är vid datum för denna version av rapporten inte utförd.

5.5 Styrning effektuttag och värme

5.5.1 Effektuttag

Effektuttaget på anläggningen begränsades i början till 100 kW genom inställningar i styrsystemet. Detta effektuttag gällde fram till februari -02 då driftsstörningar började att uppträda frekvent. Se vidare kap xx. Eftersom problem med bränsleförsörjningen konstaterades begränsades effekten till 80 kW vilket har gällt under resten av driftsperioden. Genom denna begränsning ställdes inte samma krav på flödet genom bränslesystemet.

I planerna fanns att ansluta den externa regulatorn för att styra effektuttaget mot anläggningens värmebehov. Inkopplingen av denna regulator mot styrsåpet var inte helt finansierad varför inkopplingen fick vänta. När sedan företaget EIKM fick läggas ned blev arbetet av denna inkoppling helt avslutad och har ännu inte skett. Vid en eventuell fortsättning av projektet och för en framtida paketering av systemet måste inkoppling och testning av denna styrning vara en prioriterad aktivitet.

5.5.2 Styrning värmebehov

Den automatiska styrningen mot aktuellt värmebehov kunde av flera skäl inte utföras. Se bl.a. kap 5.2 xx Styrningen av värmebehovet eller rättare sagt tillvaratagande av spillvärmens utfördes manuellt av driftstekniker. När behov av värme förelåg i torkanläggningen styrdes den i början av driftsperioden mot den ordinarie torkanläggningen på så sätt att kylvattnet förvärmde returvattnet från torken. Senare under driftsperioden installerades ett kylbatteri framför det ordinarie luftintaget till torken. Detta kylbatteri kunde även under tider då torkvärme inte behövdes användas för att kyla motorn. En fläkt kunde startas för att öka kyleffekten. En viss del energi spilldes på detta sätt men var nödvändigt för att kunna hålla igång driften.

Inför driftsperioden under hösten -02 hade även kylsystemet inkopplats mot kontorsdelen i fastigheten. Det innebar att när aggregatet var i drift täcktes fastighetens värmebehov helt.

Temperaturen på det ingående och utgående kylvattnet till resp. från motorn har loggats såväl automatiskt som manuellt liksom den energimängd som levererats från motorn. Tipunkt för in och urkoppling av kylfläkt har noterats manuellt liksom den då aktuella temperaturen.

5.6 Miljöfrågor

Miljöfrågor är centrala frågor att utreda. Det finns frågor rörande bränslet som sådant dvs. hur miljöbelastande bränslet är att få fram. Andra frågor berör de emissioner som fås då rapsolja förbränns i en dieselmotor.

En jämförande livscykelanalys mellan teknisk rapsolja och diesel har utförts [4]

Utredningar rörande emissioner från dieselmotorer som drivs med alternativa drivmedel finns tillgängliga. I flera fall är det emissioner från rapsmetylester som beskrivs.

Onormal rökutveckling har vid vissa tillfällen konstaterats. Det har vid vissa tillfälle berott på att luftfiltren blivit igensatta av damm och förångad motorolja.

5.7 Bullermätning

Bullermätning utfördes vid två tillfällen. Bullernivån är beroende på belastningen. Den var vid mättillfället 80 kW. Ljudmätningen skedde med mikrofon placerad ca: 1 m över grund.

Ljudnivån viktat värde var i rummet där aggregatet är placerat mellan 102 och 105 dB. Lokalen har betongväggar och är inte så stor, vilket förklarar det höga ljudtrycket.

Strax utanför lokalen är ljudnivån 98 dB med öppen dörr. På planen utanför är motsvarande värde 83 dB och på gatan bakom vällen för den gamla järnvägen är nivån nere i ca 50 dB.

5.9 Elcertifikat

Genom avregleringen finns det goda möjligheter att omförhandla energipriserna för en förbrukare av den storlek som motsvarar Slöinge Lantmän. Genom att föra diskussioner som bygger på möjlighet att lokalt producera el och värme kan oväntade drag komma från energileverantören. Nya taxesättningar, tariffer och priser kan förväntas vid förhandlingar. Detta gör det hela mer komplicerat att göra ekonomiska kalkyler.

Slöinge Lantmän kan mot energileverantören redan idag begära en energirond eller motsvarande tjänst. Vidare bör en effektvakt installeras i anläggningen som förhindrar inkopplingar av drifter som leder till en onödig överuttagsavgift.

5.10 Ekonomi i en egen kraftvärmeanläggning

De företagsekonomiska frågorna kommer inte att bedömas i denna rapport. Erfarenheter från liknande anläggningar kan användas för att göra en grov uppskattning av ekonomin. Situationen i detta fall är dock speciell då företaget självt kan producera drivmedlet och även till största delen använda värme- och elenergin. En faktor som kan påverka dimensioneringen är att en anläggning med mindre effekt än 100 kW är skattebefriad. En anläggning större än 100 kW kan enligt nuvarande regler under vissa förhållanden drivas med dispens. Behöver en investering på eldistributionssidan ske, vilket gällde för Slöinge Lantmän, hjälper det att göra en investering i en anläggning av denna typ företagsekonomiskt riktigt.

Till detta kommer miljöaspekter som har ett eget värde.

Miljöaspekter har idag inte en entydig översättning till ekonomiska termer. De får istället bedömas ur andra synpunkter. Ett exempel på detta är att värdet av att reducera koldioxidutsläpp men det är idag ej prissatt.

Ett examensarbete inom Lantmästarprogrammet på Alnarp med titeln "Användning av rapsolja för elproduktion på gården" har utförts av Henrik Nilsson [5]

5.11 Driftsdokumentation

Alla mätdata finns samlade på bifogad CD-Rom. Se bilaga 5 och 6. Det finns såväl de automatloggade mätvärdena liksom de manuellt insamlade. De manuellt

insamlade värdena finns tillgängliga i ett kalkylblad. Vidare finns några filmer som visar anläggningens olika delar samt sekvenser från driften.

6 SLUTSATS

6.1 Allmänt

En sammanfattande kommentar är att vi under den tid och under de driftförhållande som gällt på anläggningen hos Slöinge Lantmän har funnit att motorn inte har förändrats märkbart under tiden. Den är lika startvillig och har i stort sett samma uppskattad verkningsgrad nu som i början av driften.

Den totala volymen rapsolja som passerat motorn är runt 42 m³. Trots den provocerande driften med många kallstarter har motorn klarat även detta. Det kan till stor del förklaras av att styrsystemet från Skeppsta Maskin hanterar såväl drift som kallstarterna på ett bra sätt.

Mer kommentarer kommer att läggas till i detta kapitel

6.2 Verkningsgrad

Verkningsgraden på anläggningen har legat på drygt 50%. Se bilaga 13. Det är då räknat på den tillvaratagna värmen samt den aktiva effekten. Av den inmatade energin har i snitt lite drygt 20% omvandlats till aktiv effekt. Under hela driften har även reaktiv effekt omsatts. Utbytet av värme har varit runt 30%.

En stor del av värme har gått med avgaserna eftersom avgaspannan på motorn inte är helt optimerad för denna typ av drift. Utbytet borde varit större och en viss osäkerhet finns i att värmemätaren inte är kalibrerad efter mätningarna. Detta kommer att göras. Anledningen till att inte mer värme har erhållits är att anläggningen är helt oisolerad och att omgivningen

6.2 Driftförändringar

En förändring i kvoten mellan eleffekt och värme kunde konstateras ha skett före och efter avställningen vid semestern 2002. Detta framgår av bilaga 10.

Anledningen till detta har inte verifierats men kan bero på den förändring som gjordes i kylsystemet under sommaren då en aerotemper installerades.

6.3 Avgastemperatur

Kontinuerlig mätning av avgastemperaturen har gjorts under hela driftsperioden utom under en tid då en temperaturgivare havererade. Avgastemperaturen säger en del om hur verkningsgraden förändras allt annat oförändrat. Effektblastningen har hållits konstant under stora delar av driften vilket gör att avgastemperaturen eventuellt kan visa på förändringar. Avgastemperaturen är i vårt fall på anläggningen i Slöinge även beroende på temperaturen på kylvattnet samt på rumstemperaturen. Dessa parametrar har loggats kontinuerligt och genom analys av mätvärden så har inte några större förändringar kunna konstateras från början av driftsperioden till slutet. En viss förändring kan konstateras men orsaken är inte helt fastlagd varför

den planerade nedmonteringen av motorn kan ge ett definitivt svar om motorn utsatts för någon onormal åldring genom driften med rapsolja.

6.2 Framtidspunkter

6.2 Framtidspunkter

En utlysning av ett program för att studera och utveckla småskalig kraftvärme kommer att ske under andra halvåret av 2003. Se bilaga 7. Medel bör sökas i detta program för att gå vidare med ytterligare utveckling av konceptet då ett positivt resultat kan sägas ha erhållits i detta projekt.

Följande punkter utgör vissa punkter som bör beaktas i det ev. fortsatta arbetet.

- Styrsystemet för förvärmningen av rapsolja bör ändras så att spädning av dieselbränslet undviks i högre grad.
- Mätning av emissioner.
- Bättre möjlighet att reglera driften mot aktuellt värmebehov
- Utredning och eventuellt provning av andra vegetabiliska oljor
- Utveckling av styrutrustning för optimering av driften vad gäller effektuttag och hantering av reaktiv effekt.
- Paketering av ett rapsoljedrivet el-värmeaggregat för gårdsdrift
- Testning av rapsoljedrift i fordon med nyutvecklad styrutrustning
- Utveckling av styrutrustning och tester för att använda rapsolja i standard oljebrännare

7 REFERENSER

7.1 Person referenser

Agentur Breilmann, Heino Breilmann +49 4172 961 803 (Fövärmning rapsolja)

ELKM AB, Hans Persson, +46 451 748 500 (Montage aggregat)

ELKM AB Krister Mårtensson, +46 413 345 802 (Arbledare montage)

Falkenberg Energi, Roger Mårtensson, +46 346 88 67 00 (Mätning, El certifikat)

Falkenberg Energi, Jan-Åke Jacobsson, +46 346 8867 20 (Energileverantör mottagare)

Karlssons Elektriska, Anders Karlsson, +46 346 432 60 (Installation elanläggning)

Klågerups IdéTeknik AB, Håkan Bengtsson, +46 40 44 00 41 (Regulator värme)

Skeppsta Maskin, Bengt Johansson 019 -228 005, <http://www.oilpress.com/index.html> (Fövärmning rapsolja)

Sydkraft, Lars Persson 0346 - 296 50 (Försäljning)

Sydkraft, Kent Dalstrand 040 - 25 54 27 (Strategi)

DMS Dieselmootoren- und Gerätebau GmbH, Deutchland +49 39 28 45 40

7.2 Litteratur referenser

[1] Norén Olle, 1993 JTI-rapport 164 ISSN 0346 - 7597
Praktisk systemstudie över användning av rapsolja som bränsle i
Elsbettmotorer.

[2] Norén Olle, 1995 JTI-rapport 199 ISSN 0346 - 7597
Rapsolja för småskalig kraftvärme

[3] Bayerisches Staatministerium fur ELF, RB-Nr 08/08/92/05

- [4] Jessica Svensson, Katharina Kanth, 2003, Examensarbete, Högskolan i Halmstad 10p, En jämförande livscykelanalys av teknisk rapsolja och diesel
- [5] Nilsson Henrik, 2003, Examensarbete i Lantmästarprogrammet Alnarp
Användning av rapsolja för elproduktion på gården

8 BILAGEFÖRTECKNING

Bilaga 1 Motor

Bilaga 2 Generator

Bilaga 3 Kompletet aggregat

Bilaga 4 Exempel på driftdiagram. Diagramdel Driftsrapport Rapsel, Slöinge

Bilaga 5 Rådata automatiskt loggade data (CD-Rom)

Bilaga 6 Rådata manuella data (CD-Rom)

Bilaga 7 Utlysning program "Småskalig kraft värme"

Bilaga 8 Muligheder for ibrugtagning af planteoljemotorer i Danmark, Midjysk Energikontor

Bilaga 9 Filtrering enligt Agentur Breilman

Bilaga 10 Sökning på Internet "rapsolja dieselmotor"

Bilaga 11 Kvot mellan eleffekt och värme

Bilaga 12 Rapsoljaförbrukning

Bilaga 13 Energiutbyte

Bilaga 14 Förvärmningsteknik Skeppsta Maskin

