

## ”Grön traktor”

Alternativa drivmedel för det ekologiska lantbruket

*”Green tractor”  
Bio-based fuels for use in organic farming*

Andras Baky  
Per-Anders Hansson  
Olle Norén  
Åke Nordberg

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2002**  
Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet  
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren  
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.



# Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning .....	7
Summary .....	9
Bakgrund.....	12
Omfattning.....	12
Mål.....	12
Avgränsningar.....	13
Arealbehov och skördenivåer för olika råvaror för framställning av förnybara drivmedel till ekologiskt jordbruk .....	13
Ekologiskt jordbruks arealfördelning i Sverige.....	14
Behov av bränsle och potential för framställning av drivmedel inom ekologiskt jordbruk.....	16
Rapsolja och rapsmetylester (RME).....	17
Etanol.....	17
Biogas.....	18
Lagring av råvara för framställning av förnybara drivmedel .....	18
Lagring av oljeväxter .....	19
Lagring av råvaror för tillverkning av etanol .....	19
Lagring av vall och stallgödsel för tillverkning av biogas.....	19
Framställning av förnybara drivmedel från ekologisk jordbruk.....	19
Rapsolja och rapsmetylester (RME).....	20
Etanol.....	21
Biogas.....	22
Restprodukthantering .....	23
Rapsolja och RME.....	23
Etanol.....	24
Biogas.....	25
Lagring och distribution av förnybara drivmedel till ekologiskt jordbruk .....	25
Rapsolja och RME.....	26
Etanol.....	26
Biogas.....	26
Användning av drivmedel inom ekologiskt jordbruk.....	27
Vegetabiliska oljor.....	28

Omförestrade vegetabiliska oljor .....	28
Etanol.....	29
Biogas .....	29
Miljöpåverkan från tillverkning och användning av förnybara drivmedel framställda av ekologiska råvaror .....	30
Kostnader för framställning och användning av förnybara drivmedel från ekologiskt odlade råvaror .....	30
Allmänna trender på drivmedelsområdet.....	31
Diskussion.....	33
Referenser .....	37

## Förord

Med syftet att uppnå ett mer uthålligt och resurseffektivt jordbruk undersöks i detta projekt förutsättningarna för det ekologiska jordbruket att minska sin användning av fossila drivmedel till förmån för förnybara. Studien utgör en sammanfattning av de förutsättningar och problem som kan tänkas uppstå vid en övergång från i huvudsak fossila drivmedel till att använda ickefossila framställda från jordbruksgrödor.

Projektet är finansierat av dåvarande SJFR (Skogs- och jordbrukets forskningsråd), numera Formas (Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande). Projektet utförs i samarbete mellan JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik och SLU, institutionen för lantbruksteknik. Per-Anders Hansson, SLU, är projektledare. Från JTI medverkar Andras Baký, Olle Norén och Åke Nordberg.

Ultuna, Uppsala i maj 2002

*Lennart Nelson*

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

## Sammanfattning

Föreliggande studie är finansierad av dåvarande SJFR (Skogs- och jordbrukets forskningsråd), numera Formas (Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande). Syftet med studien är att ge en översikt över ekologiskt jordbruks möjligheter att i framtiden bli mer självförsörjande med avseende på drivmedel.

Studien är en kunskapssammanställning av möjligheterna att ersätta diesel med vegetabiliska oljor, omförestrade vegetabiliska oljor, etanol eller biogas som drivmedel vid fältarbeten. Råvarorna i form av oljeväxter, spannmål, vallgröda och gödsel ska produceras av det ekologiska jordbruket.

Med utgångspunkt från ett uppskattat behov av diesel för fältarbeten beräknades behovet av rapsolja, rapsmetylester (RME), etanol och biogas för att utföra samma arbete. Studien visar även på behovet av areal för att framställa respektive drivmedel samt hur stor andel av den nuvarande ekologiska arealen som måste avstås till produktion av energigröda. Vidare görs en sammanställning av effekter vid hantering av råvaror, tillverkning av drivmedel, omhändertagande av restprodukter från tillverkning, hantering av drivmedel. Miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv och kostnader för framställning och användning av förnybara drivmedel behandlas endast ytligt.

I studien antas det att förbrukningen av diesel vid ekologisk odling är densamma som för konventionell odling. Det medför att förbrukningen av diesel vid fältarbeten och skörd beräknas till ca 36 000 m<sup>3</sup> per år. Behovet av de förnybara bränslena beräknas utifrån skillnaden i energitäthet jämfört med diesel. Det tas ingen hänsyn till andra parametrar som kan tänkas påverka förbrukningen av drivmedel.

För att ersätta användningen av dieselolja vid fältarbeten med rapsolja krävs knappt 37 000 m<sup>3</sup> rapsolja vilket utgör i storleksordningen 66 000 hektar upp till 97 000 hektar eller 20 % till 30 % av den ekologiskt odlade arealen. Behovet av RME är ca 39 000 m<sup>3</sup> och arealbehovet blir från 69 000 hektar upp till 102 000 hektar per år. Detta motsvarar mellan 21 och 32 % av den totala ekologiska arealen. Rapsfrön kan lagras utan större problem i väntan på att olja utvinns. Anläggningar för att pressa olja och tillverka RME finns både som små- och storskaliga anläggningar. Rapsolja och RME hanteras på samma vis som diesel.

Behovet av etanol är ca 48 000 m<sup>3</sup>. Arealbehovet för råvara till framställning av etanol från vete blir ca 10-15 % av den ekologiskt odlade arealen år 2000 eller mellan 30 000 och 50 000 hektar. Spannmål kan utan större besvär lagras i väntan på att framställa etanol. Framställning av etanol kan ske i både små- och storskaliga anläggningar. Etanol återfinns i samma brandklass som bensin och därmed ställs högre krav vid lagring och tankning jämfört med diesel.

För att ersätta användningen av diesel inom det ekologiska lantbruket behövs ungefär 36 000 000 m<sup>3</sup> metan. För att producera den erforderliga volymen metan från vallgröda behövs mellan 19 000 och 25 400 hektar vallgröda. Arealbehovet utgör mellan 6 och 8 % av den totala ekologiska arealen i Sverige. Den totala biogaspotentialen från rötning av gödsel från ekologisk mjölk- och svinproduktion uppskattas till mellan 20 och 30 % av biogasbehovet för att ersätta diesel med biogas. Rötning av vall och gödsel kan ske i både små- och storskaliga anläggningar.

Det stora problemet med biogasen är att det är ett gasformigt bränsle och är därför svårare att lagra och tanka på gårdsnivå. Framställning av biogas som drivmedel lämpar sig mer för storskaliga anläggningar än för små.

Miljöpåverkan och kostnader för system för förnybara drivmedel från ekologiskt jordbruk är svåra att uppskatta. De studier som genomförts tidigare vad avser hela produktionssystemet utgår i första hand från råvaror från konventionella odlings-system.

Studier av förnybara drivmedel från jordbruksgrödor i ett livscykelperspektiv har endast genomförts för konventionella odlingsystem. För drivmedel som har sitt ursprung från ekologisk produktion saknas det i dagsläget heltäckande beskrivningar.

Gårdsbaserad ekologisk produktion och användning av etanol är fullt möjlig, men en tillsats av tändbränsle krävs om konventionella dieselmotorer måste användas. Självförsörjning med gårdsproducerad biogas är inte möjlig, främst beroende på att biogasprocessen bör gå kontinuerligt över året medan jordbrukets användning av drivmedel är koncentrerat till vår och höst, och säsongslagring av större mängder biogas inte är praktiskt möjlig. Gården kan av växtföljdssynpunkt inte producera tillräckliga mängder oljeväxter för att kunna vara självförsörjande på rapsmetylester (RME).

Samordnad storskalig produktion ger möjlighet att få ett fungerande system även för självförsörjning av biogas. Råvaror kan vara vall och gödsel som levereras till en större anläggning kopplad till ett nät som förutom lantbrukstraktorer även ger drivmedel till exv. bussar i stadstrafik. Det större systemet medför att traktorerna kan tankas i huvudsak vår och höst utan att problem uppstår. Anläggningen kan även ta emot andra råvaror med biologiskt ursprung. Biogas är det bränsle som det finns potential att producera störst mängd av på en ekologisk gård.

Kan en växling av drivmedel, gården producerar ett ekologiskt drivmedel men använder ett annat, accepteras inom de ekologiska ramarna ökar möjligheterna att finna ett godtagbart system. Gården kan då producera den drivmedelsråvara som enligt de lokala förhållandena är optimal. Gårdens traktorer kan sedan drivas av det biobaserade bränslen som är optimalt ur verkningsgrads- och kostnads-synpunkt. RME har ur användarsynpunkt ett flertal goda egenskaper, det kan till exempel användas direkt i dagens motorer med inga eller mycket små förändringar. Även etanol med tillsats av tändförbättrare kan användas i dagens motorer utan mera omfattande tekniska förändringar.

De slutsatser som kan dras från kombinationer av förnybara drivmedel utifrån olika produktionsförutsättningar är

Gårdsbaserad produktion av drivmedel:

- Etanol med tändförstärkare

Storskalig samordnad produktion av drivmedel med egen årlig insats av råvaror motsvarande egen förbrukning:

- Etanol med tändförstärkare
- Biogas

Storskalig samordnad produktion av drivmedel med egen årlig insats av råvaror motsvarande energin i egen förbrukning, växling mellan drivmedelsslag tillåten:

- Produktion av etanol – användning av RME och/eller etanol
- Produktion av biogas – användning av RME och/eller etanol
- Produktion av RME och etanol – användning av RME och/eller etanol

## Summary

The Swedish Council for Forestry and Agricultural Research (SJFR), now the Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (FORMAS), financed this study. The purpose of the study is to give an overview of organic farming future possibilities to be more self-sufficient with tractor fuels. The study gives an overview of possibilities for organic farming to transfer its use of diesel oil as tractor fuel to renewable fuels derived from oil-seeds, grains, silage and manure. All raw materials originate from organic farming.

Assuming that organic farming uses the same amount of diesel per hectare for field operations and harvest as conventional agriculture, the total use of diesel in organic farming is calculated. From this assumption the need of the renewable fuels rapeseed oil, rapeseed methyl ester, ethanol and biogas are calculated based on their energy content compared to diesel.

In the study the area in hectare and its percentage of total organic farming is calculated for the renewable fuels in a national perspective. Furthermore effects on handling of products and fuels, processing of agricultural products to fuels, use of by-products and handling of fuels are studied. Environmental impact in a life-cycle assessment perspective and costs are overviewed.

Organic farming uses approximately 36 000 m<sup>3</sup> diesel every year. If the use of diesel is converted to vegetable oils (rapeseed), there is a need of 37 000 m<sup>3</sup> of rapeseed oil. In order to produce sufficient amount of vegetable oil, there is a need of 66 000 to 97 000 hectares. That equals to about 20 – 30 % of the total area of organic farming in Sweden. If rapeseed methyl ester (RME) is used as substitute for diesel, about 39 000 m<sup>3</sup> RME is needed. This equals to an area of 69 000 to 102 000 hectare, which is about 21 to 32 % of the organic farming acreage. Rapeseed can be handled and stored for a longer period of time without diminished quality. Facilities to extract the oil can be utilised both in farm-scale and large-scale. Rapeseed oil and RME can be handles in the same way as diesel fuel. RME can be used in diesel engines without further modification of the engine.

Approximately 48 000 m<sup>3</sup> of ethanol is needed to substitute organic farming use of diesel. That equals to about 30 000 to 50 000 hectares if ethanol is derived from winter wheat or 10 to 15 % of the total organic farming acreage. Production of ethanol can be utilised in both small- and large-scale facilities. Storage and handling of grains poses no problem over an extended period of time. One problem with ethanol is that it has to be handled in the same way as petrol, it imposes limitations to storage and handling of ethanol as engine fuel compared to diesel.



If biogas is used instead of diesel approximately 36 million m<sup>3</sup> of methane is needed (56 million m<sup>3</sup> of biogas). In order to produce that amount from ley crop as silage, 19 000 to 25 000 hectares is needed, which is 6-8% of the total organic farming acreage in Sweden. There is also a potential to digest manure in order to obtain biogas. Anaerobic digestion of silage and manure can be done in both small- and large-scale plants. The major problem with biogas is that it is a gaseous fuel and therefore more difficult to handle and store larger volumes for a longer period of time. Production of biogas as engine fuel is more suited for large-scale plants and large flotillas in order to utilise the biogas effectively.

Environmental impact and costs for renewable fuel production from organic farming products are difficult to evaluate. Former studies of renewable fuels production from agricultural products has so far used conventionally produced products.

Organic production and use of ethanol at farm scale is possible, but to make the fuel suited for normal diesel engines, it is necessary to add a few percent of some ignition improver. Approximately 10% of the area in organic farming will be needed to produce the wheat used. Total self sufficiency with biogas (methane) produced at the farm is not possible. The main reason is that the biogas process has to run continuously over the year while the use of the fuel in agriculture is concentrated to the spring and autumn periods, and long time storage of biogas is not possible in practice. Due to crop rotation factors, it is impossible for a farm to produce rapeseed enough to make the amount of rapeseed methyl ester (RME) needed to be self-supporting.

Large-scale co-ordinated production makes it possible to get a workable system also for total self-support of biogas. Raw materials from the farm may be ley and manure delivered to a large-scale plant connected to a distribution net. The net may provide fuel for the agricultural tractors but also to for example buses and cars in city traffic. The more diversified type of users makes it possible to fuel the tractors only in spring and autumn without supply problems. Such a plant also has the capability to use other bio-based raw materials in the process, which normally is positive for the efficiency. Biogas is the fuel with the potential to be produced in the biggest amount on an organic farm.

If an exchange of fuels (the farm produces raw material to one fuel but uses another) can be accepted within the frames of organic farming, the possibilities to find a favourable system will increase. It is then possible to produce the, for the local conditions, optimal raw material or materials. Factors influencing on the choice are for example soil and climatic conditions and also the distances to the large-scale fuel plants available in the district. The tractors at the farm can then utilise the bio-fuel optimising the degree of efficiency and minimising the costs. In user perspective, RME has several good characteristics, it can for example be used in the engines of today with none or very small modifications. Also ethanol added with some ignition improver can be used in the engines of today without extensive modifications.

The conclusions that can be drawn from different combination of renewable fuel production is:

Farm scale production

- Ethanol with ignition improver

Large-scale co-ordinated fuel production with a yearly supply of raw materials corresponding to the own consumption

- Ethanol with ignition improver
- Biogas

Large-scale co-ordinated fuel production with a yearly supply of raw materials corresponding to the energy in the own consumption – exchange between fuels allowed

- Ethanol production - use of RME and/or ethanol
- Biogas production - use of RME and/or ethanol
- Production of RME and ethanol - use of RME and/or ethanol

## Bakgrund

Enligt Jordbruksverket (1996) är det huvudsakliga syftet med ekologisk produktion att på ett optimalt sätt utnyttja lokala och förnyelsebara resurser. Ekologisk produktionen ska basera sig på de förutsättningar som finns vid odlingsplatsen. Inom ekologisk produktion av livsmedel avstås eller begränsas användningen av handelsgödsel, bekämpningsmedel samt inköp av foder och stallgödsel utifrån. Med hänsyn taget till de olika begränsningarna ska driften av gården ske på ett rationellt och effektivt vis.

Inom ekologisk produktion tas det idag inte någon hänsyn till användning av fossila drivmedel till traktorer och andra motorredskap. Dagens traktorer är konstruerade för drift med diesel, som är ett fossilt drivmedel och därmed bidrar till den globala uppvärmningen. Ett långsiktigt mål med ekologisk produktion är att kraftigt minska användningen av fossil energi (Andersson, 2001).

Användningen av diesel som drivmedel gör att det saknas en helhetssyn med avseende på utnyttjandet av lokala förnyelsebara resurser. Det bör därför vara av intresse för ekologisk produktion att minska användningen och på lång sikt helt upphöra med användning av fossila drivmedel till förmån för förnybara. Genom att konvertera användningen av drivmedel från diesel till förmån för t.ex. RME, biogas och etanol kan ekologisk produktion till större del bli självförsörjande av de insatsmedel som krävs för att upprätthålla en ekologisk produktion av livsmedel.

Det finns olika förnyelsebara drivmedel som har potential att helt eller delvis ersätta diesel för att driva traktorer och andra fordon som används inom jordbruket. Biogas, etanol, vegetabiliska oljor samt omförestrade vegetabiliska oljor som rapsmetylester (RME) och rapsetylester (REE) är samtliga drivmedel som kan framställas från olika jordbruksgrödor samt gödsel.

## Omfattning

Föreliggande studie är en översiktlig beskrivning av ekologisk jordbruks möjligheter att framställa drivmedel för fältarbeten under en överskådlig framtid, 3 till 20 år. Studien omfattar ekologisk areal och grödofördelning, behov och förutsättningar för framställning och hantering, lagring och distribution av förnybara drivmedel samt tekniska förutsättningar för framställning och användning av förnybara drivmedel.

## Mål

Det långsiktiga målet med denna studie är att skapa underlag för att det ekologiska jordbruket att minska användningen av fossila ändliga resurser till förmån för förnybara resurser som på ett naturligt sätt kan ingå i produktion av ekologiska produkter.

Föreliggande projekt är en översikt som ska belysa de problem, konsekvenser och effekter som finns och eller uppstår vid en övergång till att använda förnybara drivmedel vid fältarbeten inom det ekologiska jordbruket. Miljöpåverkan och kostnader beskrivs översiktligt.

Studien ska identifiera kunskapsluckor som finns för förutsättningar att konvertera det ekologiska jordbrukets användning av drivmedel.

## Avgränsningar

Studien begränsas till att enbart omfatta möjligheter, effekter och konsekvenser av att konvertera användningen av diesel till traktorer för fältarbeten inom ekologisk produktion till att använda förnybara drivmedel som rapsolja, omförestrad vegetabilisk olja (RME och REE), etanol och biogas.

Produktion av vegetabilisk olja, omförestrad vegetabilisk olja, etanol och biogas som drivmedel antas ske från olika jordbruksgrödor som spannmål oljeväxter och vall samt rötning av stallgödsel från ekologisk djurhållning.

I denna studie beaktas framställning av etanol från olika stärkelse- och sockerrika jordbruksgrödor. Framställning av etanol från cellulosa anses ha en stor framtida potential men beaktas inte i denna studie.

## Arealbehov och skördenivåer för olika råvaror för framställning av förnybara drivmedel till ekologiskt jordbruk

Tillgången på råvaror för framställning av drivmedel från ekologiskt jordbruk påverkas av dess struktur. De begränsningar som finns enligt Jordbruksverket (1996) av olika insatsmedel inom det ekologiska jordbruket påverkar bl.a. skördenivåerna.

Skördenivåerna inom ekologisk odling är lägre jämfört med konventionell odling (Jordbruksverket, 1997; Nordlander & Olsson, 1999). Skördens storlek inom ekologiskt jordbruk är i storleksordningen ungefär hälften så stor upp till att vara lika stor som motsvarande nivå inom konventionell odling. Hur stora avvikelserna är beror bl.a. av vilken gröda som odlas (tabell 1).

*Tabell 1. Skördenivåer i ekologisk växtodling angivet som procent av konventionell skörd (Nordlander & Olsson, 1999).*

Gröda	% av konventionell skörd
Vårsäd	60 – 70
Höstsäd	65 – 75
Slåttervall	75 – 100
Höstoljeväxter	50
Socketbetor	80 – 90
Potatis	50

Anpassas de ekologiska skördarna utifrån de konventionella normskördarna i Sverige år 2000 enligt SCB (2000a) blir skördeutfallet för de grödor som är intressanta som råvaror till framställning av drivmedel enligt tabell 2.

Tabell 2. Skördenivåer för konventionell och ekologisk odling av olika grödor lämpliga för framställning av förnyelsebara drivmedel i kg per hektar.

Drivmedel	Gröda	Skörd, konventionell <sup>1</sup>	Skörd, ekologisk <sup>2</sup>
Rapsolja	Höstraps	2 609	1 305
Rapsmetylester	Höstraps	2 609	1 305
Etanol	Sockerbetor	46 300	37 040 – 41 670
	Potatis, stärkelse	40 401	20 200
	Potatis, mat	35 146	17 573
	Höstvete	6 446	4 190 – 4 835
	Vårvete	5 059	3 035 – 3 541
	Råg	5 204	3 122 – 3 643
	Vårkorn	4 137	2 482 – 2 896
	Havre	3 658	2 195 – 2 561
Biogas	Vall	6 000 <sup>3</sup>	4 500 – 6 000

<sup>1</sup> Skörden anges som normskörd för riket 2000 (SCB 2000a)

<sup>2</sup> Beräknad från konventionell skörd (SCB, 2000a) samt skördenivåer för ekologisk odling enligt Nordlander & Olsson (1999)

<sup>3</sup> kg torrsubstans per hektar

## Ekologiskt jordbruks arealfördelning i Sverige

I föreliggande studie definieras som ekologisk areal den areal som erhåller ekologiskt miljöstödd i enlighet med Jordbruksverkets regler för ekologiskt miljöstödd.

I tabell 3 anges de arealer som år 2000 erhöll ekologiskt miljöstödd (Andersson, 2000). Den totala arealen som erhöll miljöstödd för ekologisk produktion år 2000 var ungefär 323 000 hektar. Av den totala ekologiska arealen utgjordes 72 % av vall, 24 % spannmål, 0,35 % potatis, 0,15 % sockerbetor och 0,8 % oljeväxter. Resterande areal, 2,9 %, utgjordes av frukt, grönsaker, ärt- och baljväxter, träda (tabell 3).

Spannmålsgrödor odlas relativt jämt fördelat över hela landet. Som spannmål räknas både spannmål till foder och humankonsumtion.

Med vall avses den areal som utgörs av frövallar, grüngödslings- och fodervallar samt slåtter- och betesvall på åker. Av all areal inom ekologiskt jordbruk utgör vall den största andelen av den totala ekologiska arealen. Av den totala vallarealen utgör slåtter- och betesvall den största andelen. Arealen vall är jämt fördelad över landet. Vall dominerar i norra Sverige, det beror främst på att de övriga grödorna utgör en mindre andel av den totala produktionen.

Med sockerbetor menas både betor till foder och till framställning av socker. Av den totala arealen sockerbetor odlas 97 % för framställning av socker och resterande 3 % till foder. Hela arealen sockerbetor återfinns i Skåne, Gotland, Hallands samt Kalmar län.

Potatis omfattar både fabriks- och matpotatis. Potatis utgör en liten andel av den ekologiska arealen. Odling av potatis sker över hela landet. Det är främst matpotatis som odlas inom ekologisk odling.

Oljeväxterna utgör mindre än 1 % av den ekologiska arealen. Med oljeväxter menas vår- och höstraps, -rybs samt oljelin. Största delen av oljeväxterna odlas i södra och mellersta Sverige.

Med övriga grödor menas all annan odling och markanvändning som inte ingår i de tidigare kategorierna. Här återfinns bl. a. frukt och bär, köksväxter, ärter m.m.

Skillnaderna mellan olika delar av landet är stora vad avser möjligheterna att framställa de olika förnybara drivmedlen. Geografiska skillnader, skillnader i klimat och driftsinriktning mellan olika delar av Sverige varierar stort. Om en lokal/ regional framställning eftersträvas kommer olika drivmedel lämpa sig som ersättning för diesel.

*Tabell 3. Länsvis fördelning av areal som uppbär ekologiskt miljöstödd fördelat på olika grödoslag angivet i hektar (Andersson, 2000).*

Län	Spann- mål	Vall och grönfoder	Socket- betor	Potatis	Olje- växter	Övriga grödor	Total areal
Skåne	3 954	14 240	278	149	272	746	19 639
Blekinge	322	2 080	8	16	4	26	2 457
Halland	2 552	7 113	49	120	57	654	10 544
Kronoberg	1 342	7 115	0	12	0	31	8 500
Kalmar	2 408	9 852	2	15	71	225	12 547
Gotland	2 015	6 888	124	62	148	390	9 717
Västra Götaland	15 001	36 210	1	164	757	2 168	54 301
Jönköping	2 959	12 170	0	21	58	80	15 289
Östergötland	4 780	16 864	0,6	33	262	831	19 752
Värmland	4 027	13 360	0	86	95	524	18 092
Örebro	2 707	7 041	0	20	96	373	10 237
Södermanland	5 192	11 855	0,3	7	333	761	18 149
Dalarna	2 030	7 090	0	74	44	235	9 473
Västmanland	3 636	5 169	0,2	10	136	914	9 865
Uppsala	4 815	8 068	0	18	252	829	13 982
Stockholm	3 188	8 829	0,5	9	35	264	12 326
Jämtland	2 944	17 316	0	63	0	23	20 345
Gävleborg	4 356	11 588	0	99	5	163	16 211
Västernorrland	3 489	15 905	0	74	0,3	31	19 499
Västerbotten	2 978	9 007	0	32	1	18	12 036
Norrbottn	1 725	7 774	0	59	2	64	9 624
Total areal	76 510	232 515	464	1 143	2 628	9 341	322 610
Procent av total areal	23,8	72	0,15	0,35	0,8	2,9	100

## Behov av bränsle och potential för framställning av drivmedel inom ekologiskt jordbruk

Ingen hänsyn tas till behov av energi till olika tillverkningsprocesser m.m. som återfinns i samband med tillverkning av drivmedel från ekologiska råvaror, utan endast behovet av drivmedel vid fältarbeten och skörd beräknas. Skillnader i bränsleförbrukning vid fältarbeten skiljer sig åt mellan olika grödor. De variationer som finns beror av lokala förutsättningar som växtföljd, metoder för jordbearbetning och sådd, olika metoder för ogräsbekämpning, redskapens storlek, körteknik, traktorn och utrustningens kondition, topografin etc. (Johansson, 1998). Dessa är svåra att uppskatta i en översiktlig studie.

I denna studie antas det därför att ingen skillnad finns i förbrukning av drivmedel mellan ekologiska och konventionella odlingssystem. Enligt Andersson (2001) finns det studier som pekar på att det ekologiska jordbruket har en lägre energiförbrukning per producerad enhet, men osäkerheterna är stora.

Det svenska jordbruket omfattar en total areal om ca 2,7 miljoner hektar (SCB, 2000b). Den uppskattade användningen av diesel är knappt 300 000 m<sup>3</sup> diesel per år (SCB, 1997). Med sina 320 000 hektar utgör det ekologiska jordbruket knappt 12 % av den totala jordbruksarealen i Sverige. Genom antagandet att det ekologiska jordbruket använder lika stor mängd drivmedel per hektar som det konventionella uppskattas användningen av drivmedel inom det ekologiska jordbruket till ca 36 000 m<sup>3</sup> diesel per år, vilket motsvarar en energimängd om ungefär 35 GWh.

Antagandet om bränsleförbrukningen vid fältarbeten inom ekologisk jordbruk har samma behov av diesel som konventionellt jordbruk är inte helt självklart. Beroende på vad och hur odlingen sker skiljer sig behovet av drivmedel mellan olika grödor. Skillnader som finns kan medföra att det ekologiska jordbrukets andel av användningen av diesel inte är proportionell mot dess andel av det totala jordbruket i Sverige.

Beroende på skillnader i de förnybara drivmedlenas energitäthet krävs olika volym av de förnybara drivmedlen för att ersätta diesel. Volymernas som anges i tabell 4 är endast den mängd drivmedel som krävs för att ersätta volymen diesel vid fältarbeten inom det ekologiska jordbruket. Det tillkommer behov av energi till transporter av råvara, framställning av drivmedel samt lagring och distribution av råvara och drivmedel.

*Tabell 4. Erforderligt volym i m<sup>3</sup> av de förnybara bränslena som krävs för att ersätta diesel räknat på de olika bränslenas energitäthet.*

Bränsle	Volym bränsle
Diesel	36 000
Rapsolja	36 800
Rapsmetylester	38 700
Etanol	53 500
Biogas (metan)	63 000 000 (36 000 000)

## Rapsolja och rapsmetylester (RME)

Avkastningen från ekologiskt jordbruk av raps är ca 1 300 kg rapsfrö per hektar räknat utifrån normskörden för år 2000 (SCB, 2000a) och skördenivåer inom ekologisk odling (Nordlander & Olsson, 1999). Rapsfrön har normalt en oljehalt på ca 40 %. Detta medför att man erhåller från 340 kg upp till 510 kg rapsolja per hektar (380-560 l), beroende på vilken metod för utvinning av oljan som används (Bernesson, 1990).

För att ersätta användningen av dieselolja vid fältarbeten med rapsolja krävs knappt 37 000 m<sup>3</sup> rapsolja (tabell 4). Arealbehovet, räknat på höstraps, blir från 66 000 hektar upp till 97 000 hektar per år. Detta motsvarar mellan 20 och 30 % av den nuvarande ekologiskt odlade arealen i Sverige, vilket ska jämföras med oljeväxternas andel av den ekologiska arealen som i dag är ca 1 %.

Vid omförestring av rapsolja till RME blir det i storleksordningen lika stor volym RME som rapsolja, energitätheten är dock lägre för RME jämfört med rapsolja (tabell 4). Arealbehovet för odling av oljeväxter för framställning av RME blir från 69 000 hektar upp till 102 000 hektar per år. Arealbehovet motsvarar mellan 21 och 32 % av den totala ekologiska arealen. Jämfört med den nuvarande ekologiska arealen av oljeväxter måste en ökning ske med en faktor 20-30 (tabell 3).

## Etanol

Etanol kan framställas från sockerbeter, potatis och olika spannmålsgrödor. För att framställa en liter etanol åtgår 12 kg sockerbeter, 9 kg fabrikspotatis, 2,7 kg vete, 2,6 kg korn eller 4 kg havre (Norén & Danfors, 1981). Från 1 hektar ekologisk odlad gröda kan det framställas mellan ca 550 l och 3 500 l etanol per hektar beroende på vilken gröda som används (tabell 5).

Tabell 5. Etanolproduktion från olika grödor i ekologiskt jordbruk (Norén & Danfors, 1981).

Gröda	Behov [kg/ l]	Etanolproduktion [l/ ha]	Arealbehov [ha]
Sockerbeter	12	3 100 – 3 500	15 300 - 17 200
Fabrikspotatis	9,0	2 200	24 300
Höstvete	2,7	1 600 – 1 800	29 700 – 33 400
Vårvete	2,7	1 100 – 1 300	41 100 – 48 500
Korn	2,6	950 – 1 100	48 500 – 53 400
Havre	4,0	550 – 650	82 100 – 97 100

Beroende på vilken gröda som används för att framställa etanol varierar arealbehovet från drygt 15 000 hektar upp till drygt 100 000 hektar. Arealbehovet för framställning av etanol ur ekologiska jordbruksprodukter är ca 5 % för sockerbeter upp till 30 % för havre. Troligen kommer höstvete vara den gröda som i första hand används för framställning av etanol. Det medför att arealbehovet för råvara till framställning av etanol från höstvete blir ca 10 % av den ekologiskt odlade arealen år 2000 (tabell 5).



## Biogas

Biogas från jordbruksgrödor kan främst framställas genom rötning av grönmassa (vallgrödor och sockerbetsblast m.m.). Vid rötning av vall av bra foderkvalitet blir utbytet mellan 0,3 och 0,35 m<sup>3</sup> metan per kg organiskt material (Nordberg, 1996). I medeltal produceras från 4 500 upp till 6 000 kg vall (torrsubstans) per hektar. Från varje hektar vall kan därför generera ca 1 300 till 1 700 m<sup>3</sup> metan räknat på ett utbyte om 0,3 m<sup>3</sup> metan per kg organiskt material.

För att ersätta användningen av diesel inom det ekologiska lantbruket behövs ungefär 36 000 000 m<sup>3</sup> metan. För att producera den erforderliga volymen metan från vallgröda behövs mellan 19 000 och 25 400 hektar vallgröda. Arealbehovet utgör mellan 11 och 17 % av de ekologiska arealen av vall och grönfoder eller mellan 6 och 8 % av den totala ekologiska arealen i Sverige.

Biogas kan även utvinnas från rötning av gödsel eller från samrötning av vall och gödsel. Potentialen vid rötning av gödsel är ungefär 150 l metan per kg torrsubstans nötgödsel (fast) och 160 l metan per kg torrsubstans fast svingödsel (Edström, JTI, pers. komm.). Enligt Jordbruksverket (1999) fanns det 1998 ca 35 000 nötkreatur inom ekologisk djurhållning. Av dessa är ca 14 000 kreatur mjölkkor och 21 000 am- och dikor. Nötkreaturen producerar uppskattningsvis mellan 334 000 och 487 000 ton fastgödsel varje år. Från svin tillkommer dessutom ytterligare ca 2 400 ton gödsel, enligt Steineck m.fl. (2000). Mängden tillgängligt stallgödsel minskas på grund av betesgång. Betesperioden infaller under 1 maj till 1 oktober. Under den tidsperioden ska djuren ha en sammanhängande betesperiod som varierar mellan olika delar av landet (SJVFS 2000:107). Betesperiodens längd ska vara minst:

- 4 månader: i Blekinge, Skåne och Hallands län.
- 3 månader: i Stockholms, Uppsala, Södermanlands, Östergötlands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Gotlands, Västra Götalands, Värmlands, Örebro och Västmanlands län.
- 2 månader: i Dalarnas, Gävleborgs, Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län.

Av den totala mängden stallgödsel från nötkreatur kan i bästa fall mellan 75 % och drygt 80 % utnyttjas för framställning av biogas. Den totala biogaspotentialen från rötning av gödsel från ekologisk mjölk- och svinproduktion uppskattas till mellan 20 och 30 % av biogasbehovet för att ersätta diesel med biogas.

## Lagring av råvara för framställning av förnybara drivmedel

I samband med skörden kommer råvaran för ett års framställning av drivmedel att ske. Eftersom bränsleförbrukningen är utspridd över året måste råvaran kunna lagras på ett sådant vis att dess egenskaper som bränsleråvara inte påverkas negativt. Lagring kan ske antingen som central lagring vid anläggning eller lagring vid det enskilda lantbruket i väntan på leverans till processanläggning. Vilken metod som väljs beror av omständigheter på plats. Från det att producenten levererar råvaran fram tills det att den nått användaren uppstår det förluster. Förlusterna

består dels av torrsubstansförluster dels förändringar av kvaliteten (Gustavsson & Lundin, 1990).

Förlusterna utgörs av:

- Andningsförluster
- Omvandling av fast materia till flyktiga ämnen
- Mekanisk påverkan
- Spill vid transporter m.m.

## Lagring av oljeväxter

Andnings- och omvandlingsförluster sker främst innan rapsfröna är torkade. Förluster som beror av mekanisk påverkan och spill kan uppstå när som helst under hanteringen (Gustavsson & Lundin, 1990). Förluster vid hantering av oljeväxter till tillverkning av drivmedel skiljer sig inte från hanteringen av oljeväxter som livsmedel och är av storleksordningen en eller ett par procent.

## Lagring av råvaror för tillverkning av etanol

Beroende på vilken gröda som används till framställning av etanol varierar lagringsdugligheten. Lagring av spannmål för framställning av etanol medför inga större problem. Sockerbetor och potatis har sämre lagringsduglighet jämfört med spannmål och därmed större förluster. På samma vis som oljeväxter är med största sannolikhet påverkan på grödorna densamma oavsett om grödan används som livsmedel eller som råvara vid drivmedelstillverkning.

## Lagring av vall och stallgödsel för tillverkning av biogas

Vall till rötning hanteras i första hand som ensilage. Lagringen begränsas mer av tillgång till lagringsutrymme än försämringar av kvalitet. Exempelvis för en anläggning med 1 MW (stor anläggning) gaseffekt kräver ett lager om ca 17 000 m<sup>3</sup> eller ca 1,5 ha lagerareal (Dalemo m.fl., 1993). Lagring av gödsel bör inte ge upphov till problem. De lantbruk som levererar gödsel till en röttningsanläggning förutsätts ha lagringskapacitet på den egna gården som är tillräcklig för deras behov. Förlusternas storlek varierar beroende på val av teknik för skörd och ensilering samt väder och gröda. Förlusterna vid skörd är i storleksordningen mellan 5 och 10 och lagrings- och konserveringsförlusterna är av storleksordningen 2-5 % (Dalemo m.fl., 1993).

## Framställning av förnybara drivmedel från ekologisk jordbruk

Framställning av drivmedel från jordbruksgrödor kan ske i både stor- och småskaliga system. Vilken lösning som passar beror av flera olika faktorer. En faktor som kan begränsa skalan på en anläggning för framställning av drivmedel är tillgång på råvara i en region.

## Rapsolja och rapsmetylester (RME)

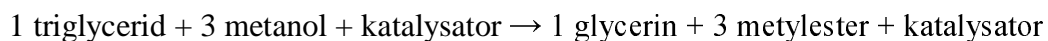
Rapsolja kan utvinnas ur rapsfrö genom pressning eller pressning kombinerat med extrahering (Norén, 1990). Pressning av rapsfrö kan ske genom kall- eller varmpressning. Beroende på vilken metod som väljs får oljan något olika egenskaper. Kallpressning av rapsfrö är en metod väl lämpad för småskalig produktion av olja (Bernesson, 1990). Varmpressning med efterföljande extraktion av olja ur pressrest är en industriprocess mer lämpad för storskalig framställning av olja (Dalemo, 1991). Främst beror det på att extraktion av olja ur expeller är en dyr process och mer energikrävande än enbart pressning samt att den har mycket höga krav på säkerhet på grund av explosionsrisk.

Kallpressning av raps för att utvinna olja är en enkel och driftsäker metod (Norén, 1990). Vid pressningen används en mekanisk press. Ungefär 70-77 % av oljan i rapsfröna kan pressas ur rapsen vid kallpressning (Bernesson, 1990). Andelen olja som kan utvinnas ur rapsfrö minskar med ökad vattenhalt. För att pressningen ska fungera optimalt bör rapsfröna ha en temperatur på minst 20 °C. Samtidigt bör inte vattenhalten hos rapsfrö överstiga 9 % (Blake, 1982).

Oljan som framställs genom pressning innehåller en del föroreningar som måste renas bort (Bernesson, 1990). Reningen av oljan kan ske med olika metoder. Den vanligaste och enklaste tekniken är sedimentation. Ett vanligt förfarande i små anläggningar är att låta oljan passera ett antal sedimentationstankar, alternativt kan oljan stå i två till tre veckor i en tank (Bernesson, 1990). Andra metoder för att rena oljan är filtrering eller centrifugering.

Varmpressning följt av extrahering av oljerest från rapsexpelleren är den metod som normalt använd vid storskaliga industriella processer (Dalemo, 1991). Vid varmpressning värms fröet till 80 °C innan den pressas mekaniskt. Ungefär 75 % av oljan kan utvinnas vid varmpressning (Norén, 1990). Den olja som finns kvar i restprodukten kan till största del utvinnas genom extrahering. Efter extraktion innehåller pressresten endast 1,5-2 % olja (Norén, 1990). Totalt kan upp till 98 % av oljan i rapsfrö utvinnas genom varmpressning med efterföljande extrahering. Därefter renas oljan från lösningsmedel och pressrester.

Genom omförestring av rapsoljan erhålls ett bränsle vars egenskaper är fullt jämförbara med diesel. Vid omförestringen splittras triglyceridmolekylerna ned till enkla estermolekyler.



Som framgår av ovanstående formel erhålls från en mol triglycerid och tre mol metanol tre mol metylester och en mol glycerol.

För att öka på reaktionshastigheten i processen används olika typer av katalysatorer, som olika metallalkoholater, -hydroxider, -karbonater och acetater, t.ex. kalium och natriumhydroxid (Dalemo, 1991). Detta är basen till framställning av omförestrad olja. Det finns olika typer av processer men samtliga processer kan sägas innehålla följande delsteg i framställningen av RME.

### Blandning av metanol och katalysator (KOH/ NaOH)

1. Inblandning av metanol i olja
2. Höjning av temperatur i blandningen
3. Reaktion under omrörning
4. Sedimentation, den bildade glycerolen avskiljs från estern
5. Avtappning av glycerol
6. Borttagning av alkoholöverskott
7. Torkning av metylester
8. Omhändertagande av glycerol

Metanolen blandas med katalysatorn för att därefter blandas med oljan. Till 1 000 l rapsolja åtgår ca 110 l metanol samt katalysator, normalt natrium- eller kaliumhydroxid. Efter förestring erhålls 1 000 liter RME och 110 l glycerin. Glycerol och RME har olika densitet därför skiljer de sig från varandra och den tyngre glycerolen kan tappas av från reaktionskärlets botten. Kvarvarande metylester renas och torkas för att uppnå tillräcklig grad av renhet.

### Rapsetylester (REE)

Som alternativ till RME finns REE. Skillnaden är att vid framställning av REE används etanol istället för metanol. Alkoholer med större molekyler än etanol och metanol kan användas men de lämpar sig mindre bra. De större alkoholmolekylerna löser sig inte i tillräcklig omfattning tillsammans med katalysatorn och påverkar fassetteringen vid förestring (Auld m.fl., 1990). Enligt Du Plessis m.fl. (1983) ger metanol en högre grad av omförestring än etanol. Enligt Freedman och Pryde (1982) märks det ingen skillnad mellan att använda etanol eller metanol vid omförestring av vegetabiliska oljor.

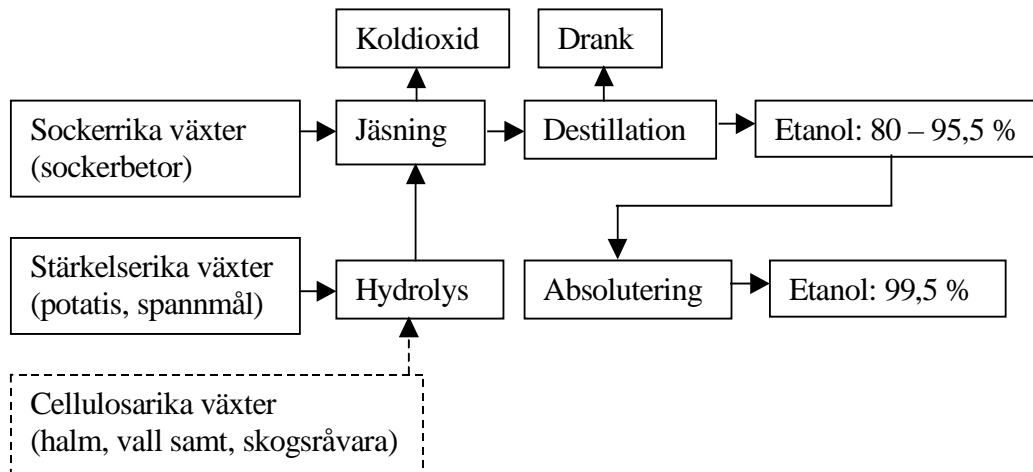
Fördelarna med att använda etanol jämfört med metanol är att etanolen inte är giftig och mindre lättantändlig. Metanolen löser sig även något sämre i oljan, vilket kräver mer omrörning. En annan fördel med etanol är att den är möjlig att framställa från förnybara råvaror. Den metanol som används idag framställs från naturgas och är därmed fossil till sitt ursprung.

Tillverkningsprocessen för REE är densamma som för RME, den enda skillnaden är att metanol ersätts med etanol.

### Etanol

Etanol kan i huvudsak framställas genom två olika processer, jäsning av kolhydratrika material och syntetiskt ur naturgas (Norén & Danfors, 1981; Månsson, 1998). Det pågår även forskning och utveckling för att i stor skala tillverka etanol från cellulosrika växter, främst från skogsråvara.

Används sockerrika grödor, t.ex. sockerbetor, kan jäsning äga rum direkt. De stärkelserika produkterna måste först omvandla stärkelsen till socker, det sker vid hydrolyseringen av produkten (figur 1). Efter jäsning erhålls en blandning av etanol, vatten och drank. Via destillering erhålls en vätska med ca 96 % etanol. Ska etanolen bli absolut tillsätts t.ex. bensen eller cyklohexan som sedan destilleras (Norén & Danfors, 1981). Efter absolutering erhålls en etanolkoncentration om 99,5 %.



Figur 1. Tillverkningsprocesser för etanol ur växtmaterial.

Jäsning kan ske antingen satsvis eller kontinuerligt. Satsvis jäsning kan även ske i liten skala medan de kontinuerliga processerna lämpar sig för mer storskalig framställning av etanol.

## Biogas

Vall och stallgödsel är två produkter från jordbruket som är väl lämpade för att behandlas genom rötning. Rötningen sker under anaeroba förhållanden och processerna som sker i biogasreaktorn kan sammanfattas i fyra olika steg (Nordberg, 1996):

1. **Hydrolys:** Vid hydrolysen sker en nedbrytning av komplexa organiska material, t.ex. kolhydrater och proteiner, till enkla sockerarter (monomerer), aminosyror och längre fettsyror.
2. **Syrabildning** där monomerer bryts ned till kortare fettsyror, alkoholer, vätgas etc. med hjälp av fermentativa bakterier.
3. **Ättiksyrabildning:** Under ättiksyrabildningen sker omvandling till ättiksyra, koldioxid och vätgas.
4. **Metanbildning:** Vid det sista steget bildas metan och koldioxid från ättiksyra och koldioxid.

Rötning av enbart vall kan leda till en instabil process (Nordberg, 1996). Vid en samrötning av vall och gödsel kan en mix erhållas som är väl lämpad för rötning. Ett metanutbyte på 280 l metan per kg VS erhöles vid rötning av substrat bestående av 60 % kväverikt ensilage (C/N-kvot 27), 20 % halm och 20 % nötflytgödsel räknat på torrsbstans (Nordberg & Edström, 1997).

Rötning av vall och gödsel kan ske både i mindre gårdsbaserade och i större, centraliserade anläggningar. I Tyskland finns för närvarande över 1600 gårdsanläggningar där framför allt gödsel rötas (Costa-Gomez, Tyska biogasföreningen, pers. komm.). Under de senaste åren har även energigrödor börjat användas. I Danmark och Sverige har framför allt centraliserade anläggningar byggts där samrötning av gödsel med industriellt organiskt avfall sker.

## Restprodukthantering

Vid framställning av de olika drivmedlen genereras restprodukter. De restprodukter som erhålls måste omhändertas för att inte skapa ett problem. För samtliga drivmedel går det att finna avsättning för de genererade restprodukterna. Ett antal olika användningsområden för de olika restprodukterna finns, De kan användas som foder, bränsle och gödselmedel. Vissa av restprodukterna har flera användningsområden medan andra bara har en tänkbar användning. Beroende av avsättningsmöjligheter och pris på restprodukten (alternativkostnaden) används de olika restprodukterna efter sina förutsättningar

### Rapsolja och RME

Från pressning av rapsolja erhålls en pressrest i form av en presskaka (expeller) eller rapsmjöl om extrahering skett av kvarvarande olja i kakan. Från förestring av rapsolja till rapsmetylester erhålls glycerin som restprodukt. Även en liten rest från reningen av rapsolja, sediment eller filter erhålls. Denna är dock liten och saknar användning i dagens läge.

### Rapsexpeller och rapsmjöl

Rapsexpellen eller presskakan utgör viktjämsigt två tredjedelar av rapsfröet (Norén, 1990). Den helt dominerande användningen av rapsexpeller är som djurfoder (Bernesson, 1990; Norén, 1990; Dalemo, 1991). I de flesta fall går det bra att utfodra djur med expeller under förutsättning att dubbellåga rapssorter används (Norén, 1990). De dubbellåga sorterna har lägre halter av glukosinolater som när de bryts ned i djurens mage kan medföra förgiftning av djuret.

Nästan all raps som odlas i dagens läge i Sverige är dubbellåga sorter därför är detta inget större problem. Hermanssen m.fl. (1995) undersökte effekterna av att utfodra mjölkkor med rapsprodukter. Slutsatsen var att rapsprodukter från dubbellåga sorter kan ges till mjölkkor utan att mjölkens smak och kvalitet påverkas nämnvärt.

Rapsexpeller och rapsmjöl går även att använda som bränsle (Norén, 1990). Värmevärdet beror till stor del på oljehalten. Rapsexpeller med en oljehalt på 20 % har ett värmevärde på 21 MJ/ kg och rapsmjöl med en oljehalt på 2 % har ett värmevärde på 17 MJ/ kg. Jämfört med olja som har ett värmevärde på 43 MJ/ kg är energiinnehållet lågt i rapsexpeller och -mjöl (Norén, 1990).

Alternativ användning av rapsexpeller är att röta den för att ta tillvara energin i form av biogas som kan användas som energi i processen eller för uppvärmning av lokaler m.m. Om rapsexpellen antas ha en sammansättning enligt tabell 6 blir gasutbytet 0,4 m<sup>3</sup> metan/ kg rapsexpeller räknat på torrs substans, och energivärdet vid rötning är ca 14,2 MJ/ kg torrs substans (Edström, 2001, pers. komm.).

I undantagsfall, när användning av expeller som foder eller bränsle är för olönsam, kan expellen även användas som gödselmedel. Användning av expeller som gödselmedel finns kvar främst i tredje världen (Murthy & Urs, 1978).

Tabell 6. Kemisk sammansättning (% av torrs substans) och omsättbar energi (MJ/ kg) hos kallpressad rapsexpeller (Larson m.fl., 1986; Batel m.fl., 1980).

	Sammansättning	Specifik energi
Råprotein	34	39,06
Råfett	20	19,06
Växttråd	10	15,96
Extraktvämen	29	17,64
Övrigt	7	0

## Glycerol

Glycerolen som bildas vid omförestring kan renas och säljas. Glycerol används inom livsmedelsindustrin samt vid tillverkning kosmetika, tvål och läkemedel. Glycerolen har ett ringa värde och det krävs stora anläggningar för att producera tillräckligt stora kvantiteter för att göra det lönsamt att sälja (Dalemo, 1991).

## Etanol

De biprodukter som erhålls vid tillverkning av etanol från olika jordbruksgrödor varierar beroende på tillverkningsprocess och vilken gröda som används. I de flesta fall erhålls en drank samt koldioxid. Drank är den rest som blir över från den första destillationen. Normalt används drank från spannmål och potatis som foder till idisslare, men den kan även användas som foder till grisar. Dranken ersätter främst olika proteinfodermiddel och spannmål. Drankens fodervärde uppskattas till ca en tredjedel av fodervärdet i råvaran (Norén & Danfors, 1981). Variationerna mellan olika råvaror är dock stor.

Dranken från destillationen har normalt en torrs substanshalt omkring 7 %. Genom avvattning kan torrs substanshalten ökas till omkring 35 %. Dranken är fortfarande våt och har en kort lagringstid, maximalt några få dagar. Om drankens lagringstid ska bli längre bör TS-halten vara omkring 85 % eller högre. För att uppnå en så hög torrs substanshalt måste dranken torkas.

När etanol tillverkas från sockerbeter erhålls en betmassa. Betmassan kan utfodras färsk, ensileras eller torkas. Betmassan har ett högt fodervärde. Dranken som erhålls från förjäsning av råsockersaften innehåller mest vatten, jäst samt socker-rester. Dranken har ett lågt fodervärde.

Alternativt kan dranken rötas istället för att användas som djurfoder. Den utvunna biogasen kan användas som energikälla vid etanolframställning. Används drank som substrat till rötning finns det inget behov av att avvattna eller torka dranken. Edström och Nordberg (2001) beräknar att mängden biogas som kan utvinnas ur drank från tillverkning av etanol från höstveten varierar mellan 13 och 49 m<sup>3</sup> per m<sup>3</sup> drank. Variationen i biogasproduktion beror på variationer i dranken torrs substanshalt. Torrs substanshalten anges variera från 3 % upp till 10 %. Vid en torrs substanshalt på 6 % är biogasproduktionen 28 m<sup>3</sup> drank. Med en metanhalt på ca 58 % erhålls drygt 16 m<sup>3</sup> metan, vilket motsvarar ca 580 MJ (160 kWh).

Vid framställning av etanol erhålls även koldioxid (CO<sub>2</sub>) som biprodukt. Koldioxiden kan användas till olika industriella processer samt lagring och konservering av livsmedel (Norén & Danfors, 1981).

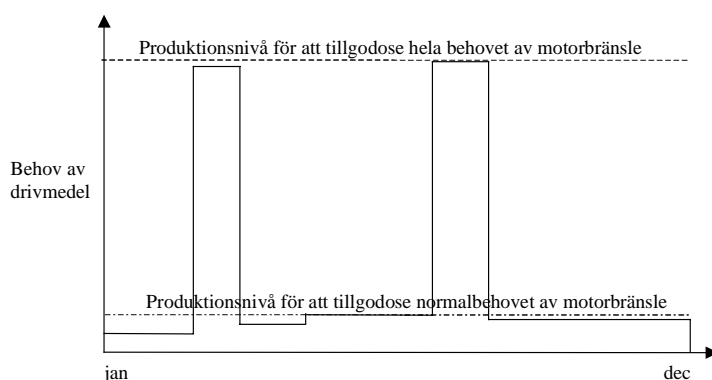
## Biogas

Rötning av vallgröda och stallgödsel ger förutom biogas upphov till en rötrest. Rötrestens sammansättning beror till stor del på vilka material som röts. Den har en låg torrsubstanshalt. Rötresten används som organiskt gödselmedel och har liknande egenskaper som flytgödsel. För att bli mer hanterbar kan rötresten avvattnas eller på annat vis koncentreras.

## Lagring och distribution av förnybara drivmedel till ekologiskt jordbruk

Bränsleförbrukningen inom jordbruket är inte jämnt fördelad över året. Det finns två stora toppar i förbrukningen (figur 2). De två topparna infaller under vår och höst. Under den perioden sker den största användningen av drivmedel till fältarbeten. Det ställer därmed stora krav på de olika bränslenas lagringsduglighet alternativt måste det vara möjligt att öka produktionen under den tidsperioden.

Problemet med produktionsvolymen av drivmedel gäller specifikt biogas. Biogasen är svår att lagra och därför är det viktigt att finna avsättning för överskottet under den tid på året när behovet av drivmedel är lågt.



Figur 2. Schematisk bild över hur användningen av drivmedel inom jordbruket varierar över året.

Hantering av RME och etanol är till vissa delar lik den hantering som finns av diesel med de förutsättningar som finns för att hantera motorbränsle på gårdsnivå. Nya problem och alternativa lösningar måste dock till för att lösa de skillnader som dock finns mellan diesel och de övriga bränslena. De förnybara bränslena har vissa egenskaper som skiljer sig från diesel, t.ex. korrosivitet, olika bränsleegenskaper som cetantal, flampunkt m.m. Biogas, som är ett gasformigt bränsle, medför till skillnad från RME och etanol ett större behov av anpassning av befintliga system för hantering. Skillnader uppstår vid transporter, lagring och tankning av biogas.



## Rapsolja och RME

Rapsolja och RME kan lagras på samma vis som dieselloolja (Norén, 1990; Dalemo, 1991; Larsson m.fl., 1994). Några få skillnader finns mellan RME och diesel. RME har en tendens att vara mer aggressiv mot slangar av naturgummi och lackeringar (Larsson m.fl., 1994).

Rapsoljan har ett lågt peroxidtal vilket medför att oljan oxiderar långsamt (Norén, 1990). Kallpressad rapsolja har bättre lagringsegenskaper än varmpressad rapsolja (Norén, 1990). Den kallpressade oljan kan därför lagras längre tid än den varmpressade. Lagring av rapsolja bör ske mörkt och svalt med ett minimum av luft närvarande (Norén, 1990).

Thompson m.fl. (1998) jämförde lagring av RME och REE under en tvåårsperiod. Studien visade på att bränslenas egenskaper försämrades något med tiden. För båda bränslena ökade peroxidtalet, densitet och viskositet, medan värmevärdet tenderade att avta något. Motorprover visade på att skillnaderna mellan nytt bränsle och bränsle lagrat i två år var små.

Omförestrad olja (RME) är enkel att transportera och lagra (Dalemo, 1991). Det beror på att RME har en hög flampunkt, ofta över 100 °C. RME uppvisar små förändringar av färg och konsistens vid ett års lagring (Dalemo, 1991).

## Etanol

Etanol är känslig för vatten och fukt eftersom etanolen kan lösa sig i vatten (Månsson, 1998). Etanolen är mer aggressiv mot metall och gummidetaljer, så en viss anpassning av material vid lagring och distribution måste ske (Bechtold, 1997; Månsson, 1998). Etanol har en låg fryspunkt (-114 °C), vilket medför att ingen risk finns för att etanolen ska frysa till is vid låga temperaturer.

Används 95 % ren etanol istället för absolut ren etanol (99,5 %) ökar risken för korrosion m.m. på grund av högre vattenhalt och andra restprodukter från tillverkning.

Fordon kan vara anpassade till ren drift på etanol eller olika blandbränslen. Etanol är ett flytande motorbränsle och ingår i samma riskklass som bensin (Brandberg & Sävbark, 1996). För etanol som har en flampunkt under 21 °C gäller för lagring i tankar med en volym som är större än 3 m<sup>3</sup> att tanken måste invallas, påfyllningsröret ska nå ner till botten av tanken, elutrustning vid tankstället ska vara explosionssäker m.m. (Sprängämnesinspektionen, 2000).

## Biogas

Innan biogas används som motorbränsle bör den renas från föroreningar som koldioxid och svavelväte. Vidare måste andelen vatten i biogasen minska. Den renade biogasen har en metanhalt på mellan 96 och 99 %.

Den renade biogasen får en kvalitet som är likvärdig med naturgas. Biogasen kan hanteras och blandas med naturgas utan påverkan. De system som finns för hantering, distribution och lagring av naturgas är därför fullt tillämpliga på biogas.

Det finns två tekniker för att distribuera gasformiga bränslen CNG (Compressed Natural Gas) och LNG (Liquid Natural Gas). Det helt dominerande metoden för distribution av biogas är CNG. Enligt den metoden komprimeras gasen till 200 bars tryck innan den distribueras till användare.

Genom att kyla ned biogasen (LNG) till så låg temperatur att den övergår i vätskefas,  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kan den hanteras på ett likartat vis som diesel och bensin (SOU, 1996). Skillnaden är att vid LNG krävs det isolerade tankar för lagring, transport och användning av LNG. I Sverige förekommer inte LNG som metod för att hantera drivmedel.

Biogasen kan distribueras via ledning eller med fordon som är utrustad för att transportera den komprimerade gasen. Biogasen kräver särskild utrustning vid lagring och tankning. Lagring av biogas kräver särskild hantering eftersom det är gasformigt och under högt tryck. Biogas är mer lämpat som bränsle till stora fordonsflottor som t.ex. stadsbussar där det är möjligt att ordna distribution, lagring och tankning på ett säkert vis.

På gårdsnivå är det mer troligt att lagring av biogas sker i gasflaskor. Det medför att endast en mindre mängd är möjlig att lagra för användning på gård. Att tanka biogasen från gasflaskor till traktor kräver samma utrustning som de centrala anläggningarna. Traktorer i lantbruket behöver bära med sig tillräckligt stor mängd biogas för att aktionsradien inte ska bli för liten, vilket kräver stora tankar på traktorn.

Tankning av biogas kan ske på två sätt: snabbtankning och långsamtankning (Månsson, 1998). Vid snabbtankning komprimeras biogasen till ett tryck på mellan 250 och 300 bar. Med den tekniken kan tankning av en buss ske på ca 10 till 15 minuter. Vid långsamtankning arbetar en kompressor direkt mot fordonets gastankar och höjer successivt trycket i tankarna till arbetstrycket. Med långsamtankning tar det flera timmar att tanka ett fordon.

## Användning av drivmedel inom ekologiskt jordbruk

För diesel och andra fossila och ickefossila drivmedel finns det i dag standarder som anger olika krav på bränslen (tabell 7).

Tabell 7. Jämförelse mellan olika drivmedel med avseende på olika egenskaper.

Parameter	Diesel <sup>1</sup>	Rapsolja <sup>1</sup>	RME	Etanol <sup>2</sup>	Biogas <sup>3</sup>
Energitäthet [kWh/ dm <sup>3</sup> ]	9,8	9,6	9,1	6,6	5,6 (9,8) <sup>4</sup>
Cetantal	> 45	51	54	8	-
Flampunkt [°C]	70	325	>100	<-40	
Oktantal	-	-	-	98 – 102	130
Specifik vikt [kg/ dm <sup>3</sup> ]	0,83	0,91	0,88	0,79	0,717 <sup>5</sup>
Viskositet [mm <sup>3</sup> / s vid 20 °C]	1,2-10	98	6,3-8,1	-	-

<sup>1</sup> Vellguth (1988)

<sup>2</sup> Norén & Danfors (1981)

<sup>3</sup> svensk Standard SS 15 54 38

<sup>4</sup> kWh/ m<sup>3</sup>, värde inom parantes anger energitäthet för metan

<sup>5</sup> kg/ m<sup>3</sup>

De olika drivmedlens egenskaper beskrivs med hjälp av ett antal olika parametrar. Oktan- och cetantal, energitäthet, viskositet, specifik vikt etc. är exempel på parametrar som beskriver olika drivmedels egenskaper och kvalitet. Utöver dessa parametrar finns olika krav på renhet från olika föroreningar, restprodukter och tillsatsmedel.

## Vegetabiliska oljor

Olika vegetabiliska oljor har liknande egenskaper. De skillnader som finns mellan olika oljeväxters sammansättning, och därmed egenskaper, beror på hur fördelningen av olika fettsyremolekyler se ut (tabell 8).

Tabell 8. Procentuell fördelning av olika fettsyror för olika vegetabiliska oljor (FAO, 1988).

Olja	Mättat fett	Linolsyra	Linolensyra	Enkelomättat fett
Rapsolja	6	26	10	58
Linolja	7	18	55	20
Solrosolja	11	69		20
Olivolja	14	8	1	77
Sojaolja	15	54	7	24

Vegetabiliska oljor kan enligt Norén (1990) användas i dieselmotorer genom:

- Inblandning i dieselolja
- Förkammardieslar
- Elsbettmotorer
- Efter omförestring (RME) i direktinsprutade dieselmotorer.

När vegetabiliska oljor, främst rapsolja, används som bränsle till direktinsprutade dieselmotorer, utan att anpassa motorn till bränslet, har resultaten initialt varit positiva (SMP, 1987). Långtidstester däremot har alltid medfört koks bildning på kolringar och insprutningsmunstycken och förtjockning av smörjoljan (Vellguth, 1983; Peterson, 1986; SMP, 1987).

Vegetabiliska oljor har hög viskositet jämfört med diesel (tabell 7). Den höga viskositeten, i förhållande till diesel, medför tryckfall i bränsleledningar och insprutare (Peterson, 1986). Vilken leder till försämrade insprutning och lägre förbränning.

Peterson m.fl. (1993) visade på att effektuttaget för dieselmotorer som drivs med rapsolja varierade mellan 91 och 109 % jämfört med drift med ren diesel. Däremot är den specifika bränsleförbrukningen högre vid drift med rapsolja beroende på rapsoljans lägre värmevärde.

## Omförestrade vegetabiliska oljor

Vid omförestringen splittras triglyceridmolekylerna ner i mindre molekyler. Den omförestrade oljan har nu liknande egenskaper som dieseloljan (tabell 7).

Det lägre värmevärdet hos RME jämfört med diesel medför att när samma effekt ska tas ut vid ett visst varvtal på traktorn ökar bränsleförbrukningen. Motorns maximala effekt minskar med mellan 5 och 10 % (Dalemo, 1991). RME har goda startegenskaper och klarar att starta en motor utan extra åtgärder ner till temperaturer på ca -6 °C. Genom olika tillsatsmedel kan RME användas ned till -21 °C (Norén, 1990).

För RME finns det en standard, SS 15 54 36, som anger ett antal parametrar som ska uppfyllas för att användning av RME ska tillåtas

## **Etanol**

Som motorbränsle ger etanol en ren förbränning. Inga sot- eller kolrester ansamlas i motorn vid förbränning av etanol (Bechtold, 1997). Det finns risk att etanol löser upp gamla lager av smuts som bildats av andra bränslen som bensin och diesel. Den upplösta smutsen kan i sin tur leda till driftstörningar.

Etanol har egenskaper som skiljer sig från diesel (tabell 7). Etanol har avsevärt lägre energitäthet och densitet än diesel. När etanol används som bränsle istället för eller blandat med diesel och bensin, blir bränsleförbrukningen högre vid samma effektuttag. Detta beror främst på etanolens låga energitäthet i jämförelse med diesel.

Etanol har ett lågt cetantal, ca 8, vilket ska jämföras med diesel som normalt har ett cetantal omkring 45. Cetantalet är ett mått på bränslets tändvillighet vilket är en viktig faktor i en dieselmotor. För att öka etanolens tändvillighet kan olika tändförbättrande tillsatser användas. I Sverige används normalt polyetylenglykol (Månsson, 1998). Polyetylenglykolen har ersatt de tidigare tändförbättrarna som baserade sig på nitrerade polyetylenglykoler. De nya tillsatserna har i vissa fall visat sig orsaka beläggningar i motorn (Månsson, 1998). Som alternativ till tillsatser till etanol kan dieselmotorn utrustas med tändstift.

En dieselmotor klarar högre vattenhalter i etanolen än en bensinmotor utan att driftsproblem uppstår. Ska etanol användas i dieselmotorer bör en höjning ske av motorns kompression samt att bränslepumpens kapacitet måste ökas för att kompensera för etanolens lägre energiinnehåll (Månsson, 1998).

## **Biogas**

Biogasen från rötning innehåller mellan 55 och 65 % metan, resten är vatten, koldioxid, svavelväte samt spår av andra gaser. Biogasen kan användas direkt i gaspannor eller stationära gasmotorer. Om biogasen ska användas som fordonsbränsle måste den renas innan den används. Enligt svensk Standard (SS 15 54 38) delas biogas renad till fordonsbränsle in i två kravspecifikationer Typ A och Typ B. Biogas av Typ A används i första hand i motorer utan lambdareglering, t.ex. Lean-burnmotorer som arbetar med ett högt luftöverskott, medan Typ B används främst till motorer med lambdareglering, t.ex. motorer med stökiometriska förbränning, det vill säga motorer som arbetar utan luftöverskott.

Det höga oktantalet gör att biogasen kan användas i motorer med höga kompressionsförhållanden. Biogasen kan användas i Lean-burnmotorer, främst tunga fordon som lastbilar och bussar. Motorer med stökiometrisk förbränning används

främst till personbilar och lätta lastbilar och är vanligtvis utrustade med lambda-sond. Lambdasonden styr olika motorparametrar och medför att motorn kan anpassa sig bättre till variationer i bränslekvalitet.

Det stora problemet med biogas som motorbränsle till traktorer är att tryck-tankarna är skrymmande. En traktor med en tankrymd på t.ex. 200 liter diesel måste bära med sig drygt 200 m<sup>3</sup> renad biogas. Även om biogasen är under tryck tar gastankarna stor plats på traktorn.

## **Miljöpåverkan från tillverkning och användning av förnybara drivmedel framställda av ekologiska råvaror**

Forskning och utvärdering av de olika alternativa bränslena i ett livscykelperspektiv har fram tills nu varit fokuserad på drift av tunga transportfordon (lastbilar), bussar och personbilar (Egebäck m.fl., 1997). Emissionsdata är ofta generella för en viss typ av fordon oavsett hur den används medan den verkliga bränsleförbrukningen varierar beroende på hur fordonet nyttjas. Vid olika fältarbeten inom jordbruket varierar bränsleförbrukningen för traktorer från drygt 1 liter per hektar upp till över 20 liter per hektar (Danfors, 1988). Hansson m.fl. (1998) visar på att emissioner från traktorer och därmed deras miljöpåverkan varierar inom ett stort intervall beroende på hur traktorns motor belastas vid olika fältarbeten.

De livscykelanalyser som beskriver framställning, distribution och användning av alternativa drivmedel från olika jordbruksgrödor enligt Egebäck m.fl. (1997) och Blinge m.fl. (1997) utgår från konventionella odlingsystem. Resultaten kan inte direkt överföras till system som använder ekologiska råvaror för framställning av drivmedel. Det finns bl. a. skillnader i mängd fossil och förnybar energi som tillförs samt skillnader i avkastning mellan konventionella och ekologiska odlingsformer. Dessa parametrar påverkar i ett livscykelperspektiv emissioner och miljöpåverkan vid framställning av förnybara drivmedel inom ekologiskt jordbruk.

Sammanfattningsvis uppstår det skillnader i miljöpåverkan vid odling av råvaror, distribution och framställning av drivmedel endast i liten omfattning vid användning av drivmedel. I nuläget kan man endast bedöma effekterna av att använda de olika drivmedlen i fordon, men inte effekterna av att producera råvara och tillverkning av drivmedlen.

## **Kostnader för framställning och användning av förnybara drivmedel från ekologiskt odlade råvaror**

Att odla, transportera, lagra och framställa de alternativa drivmedel är endast en del av den totala kostnaden för en omställning från diesel till förnyelsebara drivmedel. De kostnader som finns tillgängliga för framställning och användning av alternativa drivmedel grundar sig på råvaror från jordbruket som framställts med konventionella odlingsystem. Dessa kostnader är därför inte rakt överförbara till kostnader för drivmedel från ekologiska råvaror. Det är därför inte möjligt att

ange en kostnad för framställning av drivmedel för det ekologiska jordbruket från ekologiska råvaror.

Det finns idag kommersiell teknik för att framställa etanol från både spannmål och melass. Den uppskattade kostnaden för att producera etanol i Sverige från konventionellt odlad spannmål varierar från 3,50 kronor per liter upp till 4,50 kronor per liter (Månsson, 1998).

I dagens läge är det svårt för biogas att konkurrera prismässigt med diesel. Detta beror främst på att framställning av biogas har högre kostnader för produktions- och distributionsanläggningar. Dessutom tillkommer merkostnader för anpassning av fordon till drift med biogas. Kostnaden för framställning av biogas varierar stort beroende på hur anläggningen är konstruerad. Stora skillnader finns för substrat- och distributionskostnader mellan olika anläggningar (Månsson, 1998).

Investeringskostnaden för en gårdsbaserad anläggning för rötning av gödsel och ensilage är i storleksordningen 1,2 och 1,3 miljoner kronor (Nilsson, 2000). Till detta kommer kostnader för uppgradering och system för distribution och tankning av biogas. Priset för framställning av orenad biogas blir mellan 15 och 19 öre per kWh. Samma kostnad för en storskalig anläggning är i storleksordningen 10 och 20 öre per kWh.

En storskalig anläggning för framställning av RME med en årlig produktion av 10 000 m<sup>3</sup> kräver en investering på omkring 11 miljoner kronor exklusive byggnader (Norup, pers. komm.). En liten gårdsbaserad anläggning har uppskattningsvis en investeringskostnad omkring en halv miljon kronor (Månsson, 1998). Generellt är kostnaden lägre för stora anläggningar jämfört med mindre anläggningar. De små anläggningarnas produktionspris är till stor del beroende av det alternativa värde som expellern har som foder. Med gynnsamma foderpriser kan produktionskostnaden vid små anläggningar var lägre än för de stora (Larsson m.fl., 1994).

## Allmänna trender på drivmedelsområdet

Som vanligt är det naturligtvis svårt att sja om den framtida utvecklingen. Det gäller i högsta grad på motorbränslesidan. Enligt prognoser som publicerats av Energimyndigheten är det inte sannolikt att det under den närmaste tiden skulle bli brist på mineralolja. Kända oljetillgångar beräknas med dagens konsumtion räcka i ca 40 år. Nya fyndigheter görs fortfarande och om priset ökar kan fyndigheter som idag inte är lönsamma att utnyttja bli intressanta. Det finns också stora tillgångar av naturgas, som i gasform eller flytande form kan användas som motorbränsle. Å andra sidan hävdar en del forskare att den officiella statistiken ljuger.

Det finns emellertid en stark önskan att ersätta de fossila bränslena med förnybara produkter baserade på bioråvaran. Inom EU har kommissionen i ett direktivförslag (COM [2001] 547) krävt att år 2010 skall 5,75 % av den totalt sålda volymen drivmedel vara biobaserad. Introduktionen bör ske i form av inblandning i fossila bränslen för merparten av volymen. Blandbränslen blir därför sannolikt en vanlig produkt framöver.

Som tidigare nämnts är dagens traktorpark till i det närmaste 100 % utrustad med dieselmotorer. För närvarande pågår ett intensivt utvecklingsarbete hos diesel-

motorfabrikanterna eftersom kraven successivt skärps när det gäller minskning av emissionerna såväl i USA som inom EU. Man siktar på att kraven i USA år 2007 kommer att ligga väldigt nära nollnivån när det gäller NO<sub>x</sub>, partiklar, koloxid och kolväten. Inom EU kommer motsvarande krav något eller några år senare. I motorutvecklingen kan man också inräkna den utveckling av katalysatorer som samtidigt äger rum. I detta perspektiv är det CO<sub>2</sub>-emissionerna som man kommer att fokusera på. Minskning av CO<sub>2</sub>-emissionerna kan endast ske genom att man minskar bränsleförbrukningen, vilket innebär att motorer med hög verkningsgrad blir särskilt intressanta. I det sammanhanget kommer dieselmotorn att inta en viktig plats, i varje fall till dess att användningen av väte på lång sikt kommer att ta över som motorbränsle.

De allra flesta bedömare är överens om att väte på lite längre sikt kommer att ersätta de nuvarande motorbränslena. Väte är ett bra motorbränsle och är mycket miljövänligt. Detta gäller framför allt om man utnyttjar bränslecelltekniken vid vilken väte oxideras till vatten varvid el samtidigt genereras. Denna teknik har dock ännu inte nått det stadium att den kan introduceras i stor skala. Man bedömer därför från bilindustrins sida att det första steget blir att använda väte som bränsle i förbränningsmotorer av vanligt slag som anpassats för det nya bränslet. Anledningen är bl.a. höga kostnader och att tekniken fortfarande är bristfällig när det gäller bränsleceller. Ford anger att bränslecelltekniken kommer först efter år 2010, medan vätgasmotorer kan komma på marknaden om 5-6 år. En annan bilfabrik som i ett första steg satsar på vätgasmotorer är BMW.

Etanol tilldrar sig stort intresse som ersättare av fossila motorbränslen. För närvarande produceras etanol i Norrköping med vete som basråvara. Denna etanol blandas in i bensin och säljs i områdena närmast Norrköping. Den totala användningen av bensin och dieselolja uppgår i Sverige till ca 9 miljoner m<sup>3</sup> (SCB, 2002). Produktionen i Norrköping uppgår till ca 66 000 m<sup>3</sup> per år. Även om man skulle utnyttja all överskottsspannmål för etanolproduktion skulle den kunna ersätta endast en mycket blygsam del av den totala drivmedelsförbrukningen. För att framställa stora volymer måste man använda cellulosa från skogen. Visionen är därför att en storskalig industri med skogsråvara som bas producerar etanol vid ett 10-tal fabriker. Energimyndigheten satsar totalt ca 220 miljoner under åren 1997-2004 på forskning och en pilotanläggning för produktion av etanol med skogen som bas. Forskning pågår vid ett 10-tal universitetsinstitutioner i Sverige. För att få ett högre utbyte och en billigare produktion är man inne på att göra hydrolysen med hjälp av enzymer och jäsningen med gentekniskt förändrade jästsvampar. Enligt planerna kommer en pilotanläggning att uppföras i Domsjö i närheten av Örnsköldsvik.

Rapsmetylester RME tillverkas endast på ett ställe i Sverige, nämligen i Knislinge. Produktionen uppgår till några tusen ton per år. I övriga Europa produceras RME främst i Tyskland, Frankrike och Italien. Den totala mängden torde uppgå till ca 1,2-1,3 miljoner ton. Mängden raps som kan odlas för drivmedelsändamål är i ett större perspektiv liten. Potentialen är troligen något större om man baserar produktionen på sojaolja, men om man skall framställa mycket stora kvantiteter är det troligt att man måste basera produktionen på palmolja. Oljepalmen ger helt andra skördar – troligen ca 5 gånger så höga per hektar som övriga oljeväxter.

Successivt skärps kraven på att emissionerna från motorerna ska bli lägre. Redan år 2007 är kraven i Kalifornien så stränga att emissionerna av NO<sub>x</sub>, HC, CO och partiklar ligger nära noll. I Europa kommer motsvarande krav att gälla, men med något eller några års fördröjning. Det pågår därför ett intensivt utvecklingsarbete

hos alla motortillverkare. Mycket talar för att man kommer att kunna tillfredsställa kraven.

Hur ska man då minska emissionerna av CO<sub>2</sub>? Eftersom den för ett visst bränsle är direkt beroende av förbrukningen gäller det att minska bränsleåtgången. Dieselmotorn kommer då att bli mycket intressant eftersom den har en väsentligt högre verkningsgrad än ottomotorn. Användningen av dieselmotorer kommer därför sannolikt att öka.

Motorbränslets kemiska sammansättning har också betydelse för den mängd CO<sub>2</sub> som bildas per producerad kWh. Bränslen med hög väteandel blir därför intressant.

## Diskussion

Diskussionen om konvertering av användningen av drivmedel vid fältarbeten inom ekologiskt jordbruk delas in i sex olika frågeställningar:

1. Finns det möjliga system för försörjning av det ekologiska jordbruket med ekologiskt producerade drivmedel med hänsyn till tekniska begränsningar och tillgång till råvaror?
2. Hur påverkar olika tolkningar av grundreglerna för ekologisk odling möjligheterna att bli självförsörjande med ekologiska drivmedel?
3. Finns det möjlighet att använda ekologiska drivmedel till rimlig kostnad och med, i systemperspektiv, begränsad belastning på miljön?
4. Är det rimligt att en gård kombinerar produktion och användning av flera olika ekologiska drivmedel?
5. Påverkar variationerna i klimat möjligheterna att klara försörjningen med ekologiskt drivmedel?
6. Vilka är de största kunskapsluckorna som kvarstår när det gäller möjligheterna att försörja det ekologiska jordbruket med ekologiska drivmedel?

### **1. Finns det möjliga system för försörjning av det ekologiska jordbruket med ekologiskt producerade drivmedel med hänsyn till tekniska begränsningar och tillgång till råvaror?**

Användning och självförsörjning av etanol är teoretiskt möjligt på ett ekologiskt lantbruk. Teknik för framställning av etanolen är känd och råvara till produktionen kan odlas i tillräcklig mängd, även om en så stor del som 10 % av den totala arealen, räknat på etanol från höstvetete, kommer att behöva användas för råvaruproduktionen. Användningen av etanolen kräver omfattande omkonstruktioner av dieselmotorerna eller tillsatser i bränslet. En annan teoretisk möjlighet är att traktorerna förses med ottomotorer. Lagring av etanol är tekniskt sett inget problem även om den kräver mera komplicerad teknik än lagring av dieselolja.

Även användning av och självförsörjning med biogas är i princip teoretiskt möjlig. Teknik för framställning av biogas som fordonsbränsle är känd och biogasen är det bränsle som kräver minst del av den odlade arealen för att kunna framställas i tillräcklig mängd. Användning av andra råvarukällor som t.ex. gödsel medför att produktionspotentialen ökar ytterligare. Det största tekniska problemet vid användning av biogas är lagringen. Behovet av biogas i lantbruket är mycket ojämnt över



året medan en produktionsprocess bör gå kontinuerligt över året. Säsongvis lagring av biogas är i praktiken inte möjlig. En anläggning som säkerställer tillgången till egenproducerad biogas måste vara kraftigt överdimensionerad för att klara försörjningen vid högsäsong. Överdimensioneringen ökar kraftigt behovet av råvara och ställer krav på en alternativ användning av biogasen som produceras under jordbrukets lågsäsong. En sådan lösning kräver mycket stora arealer och är i de flesta fall inte rimlig. Även för biogas krävs omkonstruktion av dieselmotorn. För rimliga körtider mellan tankning av biogas krävs dessutom att traktorn utrustas med gastankar som är mycket stora.

Självförsörjning med RME är inte möjlig på ett ekologiskt jordbruk. Anledningen är att det inte är möjligt att odla tillräcklig mängd oljeväxter för att den tillräckliga mängden drivmedel skall kunna framställas. En självförsörjning skulle kräva att ca 20 % - 30 % av arealen användes för oljeväxtproduktion medan denna siffra i verkligheten inte bör överstiga ca 15 % med hänsyn till växtföljdsbegränsningar. För övrigt har RME ett antal fördelaktiga tekniska egenskaper. Tekniken för produktionen av bränslet är väl känd och kan tillämpas både i stor och liten skala. Vidare kräver RME inga eller mycket små modifieringar av existerande motorer och kan lagras utan större problem.

I princip alla traktorer som används i dagens lantbruk är försedda med motorer av dieseltyp, d.v.s. med insprutning av bränsle som tänds direkt med hjälp av kompressionsvärmens i förbränningsrummet. Motorer av ottotyp, t.ex. normala bensinmotorer, är enklare att konvertera till användning av etanol eller biogas. Dieselmotorn har dock ett flertal positiva egenskaper, bland annat högre verkningsgrad, och det bedöms inte som troligt att en marknad för traktorer med ottomotorer kan uppstå inom en överskådlig framtid. Traktorer har dessutom en lång livstid och dagens bestånd av dieseltraktorer bidrar ytterligare till att stärka slutsatsen att drivmedel för det ekologiska jordbruket, i ett 10- till 20-årigt perspektiv, bör vara anpassade för användning i dieselmotorer.

## **2. Hur påverkar olika tolkningar av grundreglerna för ekologisk odling möjligheterna att bli självförsörjande med ekologiska drivmedel?**

En något mindre strikt tolkning av de ekologiska grundreglerna skulle förenkla systemen för självförsörjning med ekologiska drivmedel. Kan man acceptera att det drivmedel som används på gården inte säkert producerats med råvaror från egna gården, men fortfarande är ekologiskt producerade öppnar sig möjligheter framförallt för användning av biogas. Den producerade biogasen skulle då kunna levereras till ett större nät där den största gruppen av användare kunde vara t.ex. stadsbussar. Anläggningar för biogasproduktion av icke jordbruksgrödor, som t.ex. organiskt avfall och slaktavfall, kunde då kopplas till nätet. Med ett större antal producenter och konsumenter kopplade till samma nät skulle variationerna i de olika förbrukarnas behov till stor del jämnas ut varandra. Det ekologiska lantbrukets produktion av biogas skulle totalt över året motsvara dess användning. Detta kan tolkas som att biogas från lantbruket lagras in i systemet under lantbrukets lågsäsong för att sedan tas ut under högsäsong, d.v.s. vår- och höstbruk. En sådan lösning skulle ur ekonomisk synpunkt vara fördelaktig eftersom produktionen av biogas från råvaror från gården kunde dimensioneras efter årets medelbehov och inte efter det maximala behovet. Vidare skulle det vara möjligt att välja en lösning som antingen innebar att gasen produceras på gården eller att gårdens råvaror fraktas till en gemensam storskalig anläggning. Val av anläggningens stor-

lek kunde då ske med större hänsyn till ekonomiska och miljömässiga faktorer. Troligen skulle en storskalig anläggning vara att föredra.

En ytterligare något vidare tolkning av de ekologiska grundreglerna är också fullt realistisk. Man skulle då anta att den ekologiska gården måste vara självförsörjande på drivmedel i den mån att den totala mängden drivmedelsenergi som produceras på gården skulle motsvara den mängd som förbrukas, men att en växling av drivmedelstyper skulle vara tillåten så länge som det använda drivmedlet var producerade av förnybara råvaror. En möjlighet vore till exempel att gårdens råvaror användes för att producera etanol för drivning av i huvudsak personbilar med ottomotorer. Energin i den producerade etanolen skulle motsvara energin i den mängd drivmedel som användes på gården, men drivmedlet på gården kunde bestå av t.ex. RME som skulle möjliggöra att existerande teknik med dieselmotorer kunde fortsätta att utnyttjas. Denna tolkning av grundreglerna skulle sannolikt medföra att de totala extra kostnaderna för användningen av ekologiskt producerade drivmedel i ekologisk produktion kunde reduceras och att möjligheter fanns att finna ett system med starkt reducerad miljöbelastning. Detta kan antas eftersom varje råvara då utnyttjas för produktion av det drivmedel den är bäst lämpad för och att den mest lämpade motortypen kunde monteras även i de ekologiska lantbrukens traktorer.

Kunde denna vidare tolkning av de ekologiska principerna tillåtas ges även andra möjligheter. Den stora potential för produktion av biogas som finns i ett ekologiskt jordbruk kunde utnyttjas för leverans till exempel bussar och fordon i stadsmiljö enligt de system som redan finns i exempelvis Uppsala. För att undvika problemen vid användning av biogas i lantbrukstraktorer kunde energin i biogasen då växlas mot motsvarande mängd i RME eller möjligen etanol med tillsatt tändförbättrare. Det finns även möjlighet att utnyttja rapsen som produceras i det ekologiska jordbruket till produktion av RME och använda denna så långt den räcker. För att jordbruket sedan skulle bli självförsörjande med drivmedel kunde etanol eller biogas producerad med ekologiska produkter växlas mot RME från icke ekologisk produktion. Enligt samma resonemang som tidigare skulle sannolikt möjligheterna att ordna självförsörjning till rimlig extra kostnad och minimal belastning på miljön öka om dessa system kunde tillåtas.

### **3. Finns det möjlighet att använda ekologiska drivmedel till rimlig kostnad och med, i systemperspektiv, begränsad belastning på miljön?**

Kostnaderna som presenteras för produktion av biobaserade bränslen från icke ekologiskt producerade råvaror indikerar att kostnaderna för att göra det ekologiska jordbruket självförsörjande skulle öka jämfört med användning av fossil dieselolja, men att kostnadsökningen inte skulle behöva bli orimlig. Villkoren för produktion och användning skiljer sig dock betydligt mellan traditionellt och ekologiskt lantbruk varför en beräkning av kostnaderna kräver en omfattande analys av produktionssystemen för att få en godtagbar noggrannhet. Detta projekt har som förstudie inte kunnat innehålla en sådan analys.

För att bestämma miljöeffekterna av de studerade systemen för att göra det ekologiska lantbruket självförsörjande med drivmedel krävs liksom för de ekonomiska beräkningarna en omfattande analys av hela de involverade systemen. En lämplig metodik skulle vara livscykelanalys (LCA). En sådan analys skulle ge information om vilka av de involverade delsystemen som bidrar till den mest betydande miljö-

belastningen. Information som skulle vara värdefull vid en analys för att förbättra produktions- och användningssystemen ur miljösynpunkt.

Som tidigare nämnts kan man med sannolikhet anta att en mildare tolkning av de ekologiska grundprinciperna skulle tillåta system som minskade kostnaden för drivmedelsproduktionen, och som dessutom sannolikt skulle medföra en reducerad total miljöbelastning. En omfattande ekonomisk och miljöbelastningsanalys ur system- och livscykel perspektiv skulle även ge möjlighet att kvantifiera dessa förändringar och ta fram resultat som skulle vara mycket värdefulla i en kommande diskussion om hur det ekologiska jordbruket skall bli ekologiskt även när det gäller användningen av drivmedel i produktionen.

#### **4. Är det rimligt att en gård kombinerar produktion och användning av flera olika ekologiska drivmedel?**

Beroende på förhållandena på den enskilda gården är det troligt att olika drivmedel kan bedömas vara optimala att producera. Faktorer som påverkar kan vara växtföljd, jordart, eventuell djurbesättning, närhet till produktionsanläggningar m.fl. När det gäller gårdsbaserad produktion av biobaserade drivmedel är kostnaderna för att bygga upp en produktionsanläggning sannolikt så stora att det knappast är rimligt att anläggningar för flera olika produktioner byggs upp på samma gård, åtminstone inte så länge målet bara är att klara av den egna försörjningen. Finns storskaliga anläggningar för produktion av drivmedel från flera olika råvaror på rimligt avstånd från en gård, finns det dock ingen anledning till att inte gården kan leverera flera olika råvaror till drivmedelsprocesser.

Det som sannolikt styr möjligheterna att använda flera olika bränslen på samma gård är motorernas kapacitet att utan omfattande justeringar köras med olika drivmedel. Det bedöms knappast som realistiskt att gårdens olika traktorer skall vara anpassade till olika biobaserade bränslen. Det är dock fullt möjligt att justera traditionella dieselmotorer så att de kan köras på både RME och etanol med tändbränsle. Valet av ekologiskt bränsle kan då ske med hänsyn till ekonomiska faktorer.

#### **5. Påverkar variationerna i klimat möjligheterna att klara försörjningen med ekologiskt drivmedel?**

Odlingsförhållandena påverkar självklart förutsättningarna för att en ekologisk gård skall vara självförsörjande på drivmedel. Ett typiskt fall är gårdarna i norra Norrland som inte kan odla oljeväxter och har svårt att få fram tröskmogen spannmål. Dessa gårdar som normalt har en drift baserad på vallodling och animalieproduktion har dock goda förutsättningar för produktion av biogas från vall och gödsel. Biogas från storskaliga anläggningar är alltså ett alternativ för sådana gårdar åtminstone om de ligger i rimlig närhet till ett samhälle som kan ge avsättning för biogasen under lantbrukets lågsäsong. Enligt diskussionen ovan så är biogasdrift av traktorer dock inte okomplicerad, bland annat beroende på de stora tankar som traktorn måste förses med. I detta fall skulle sannolikt möjligheterna att växla ekologiskt drivmedel medföra stora fördelar ur ekonomisk och kanske miljömässig synpunkt. Gården kunde producera råvara till biogas men en växling kunde ske så att gårdens traktorer kunde drivas med motsvarande mängd etanol eller RME.

Även för gårdar med mindre extrema bivillkor än de i norra Norrland skulle möjligheterna att växla drivmedel, d.v.s. att producera ett drivmedel och använda ett annat, sannolikt bidra till betydande vinster. Anledningen är att varje gård då kunde producera den drivmedelsråvara som den har bäst förhållande till.

#### **6. Vilka är de största kunskapsluckorna som kvarstår när det gäller möjligheterna att försörja det ekologiska jordbruket med ekologiska drivmedel?**

Arbetet har identifierat ett antal system för försörjning av de ekologiska lantbruken med drivmedel, vilka är möjliga ur teknisk synpunkt och ur råvaruförsörjningssynpunkt. Arbetet har dock inte möjliggjort en analys av till vilken ungefärlig kostnad som drivmedlet kan produceras till vid tillämpning av de olika systemen. Dessutom skulle en analys av de olika alternativens påverkan på miljön och den resursförbrukning de bidrar till ur ett system- och livscykelperspektiv vara mycket värdefull. Sådan kunskap är inte heller tillgänglig från andra källor, men bör tas fram innan systemen får en omfattande tillämpning. Arbete har vidare indikerat att både kostnader och miljöbelastning kan vara starkt beroende av hur de ekologiska grundreglerna tolkas, t.ex. om växling mellan drivmedel är acceptabel. Kunskaperna om detta beroende skulle vara mycket värdefulla.

Arbete har fokuserat på system som i ett medellångt perspektiv (3-20 år) kan göra det ekologiska lantbruket självförsörjande med drivmedel. I detta perspektiv kan man inte anta att någon annan motorteknik än den nuvarande med nästan enbart dieselmotorer kommer att vara den vanligaste. I ett något längre perspektiv är det dock rimligt att andra motorprinciper kan bli konkurrenskraftiga, t.ex. bränsleceller. Motortekniken styr även val av drivmedel. Kunskapen om dessa nya alternativ är ännu mycket ofullständig, både när det gäller allmän teknisk kunskap och dess anpassning till användning på arbetsmaskiner. Även när det gäller teknik och system för produktion av existerande drivmedel från andra källor eller med andra processer kan ny kunskap bidra till stora framsteg.

## **Referenser**

- Andersson R., 2000. Växtodlingsenheten, Jordbruksverket, Jönköping.
- Auld D., Peterson C., Lee G. & Morrison R., 1990. Alcohol Esters of Rapeseed Oil (AERO) as a Fuel to reduce Emissions of Diesel Engines, Submitted by University of Idaho, Moscow, Idaho 83843 in collaboration with The Idaho Rapeseed Association, Submitted to The Environmental Protection Agency, The Department of Energy, The United States Department of Agriculture, february 1990.
- Batel W., Graef M., Mejer G-J. & Schoedder F., 1980. Pflanzenöle für die Kraftstoff- und Energieversorgung, Grundlagen der Landtechnik Bd 30 Nr 2 s. 43
- Bechtold, R., L., 1997, Alternative Fuels Guidebook Properties, Storage, Dispensing and Vehicle Facility Modification, SAE – Society of Automotive Engineers, USA.
- Bernesson S., 1990. Drivmedel från jordbruksgrödor – Egenskaper och tillämpad teknik vid användning i förbränningsmotorer med inre förbränning, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.
- Blake J.A., 1982. Evaluation of an farm press, Vegetable oil fuels, Proceedings of the international conference on plant and vegetable oils as fuels, August 2-4, 1982, Fargo, North Dakota, ASAE, St Joseph Michigan, s. 247-251.

- Brandberg Å., Sävbark B., 1996. Distribution av motoralkoholer, KFB-meddelande 1996:23, KFB – Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.
- Dalemo M., 1991. Omförestrad rapsolja – Egenskaper och framställning, Rapport 153, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.
- Dalemo M., Edström M., Thyselius L. & Brolin L., 1993. Biogas ur vallgrödor – Teknik och ekonomi vid storskalig biogasframställning, JTI – rapport 162, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Danfors B., 1988. Bränsleförbrukning och avverkning vid olika system för jordbearbetning och sådd – Olika sätt att spara motorbränsle och öka kapaciteten, Meddelande nr 420, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- du Plessis L.M., Hawkins C.S. & de Villers J.B.B., 1983. Methods for preparing and purifying methyl and ethyl fatty acid esters from sunflowerseed oil, SAE, 9s, Österreich.
- Edström M. & Nordberg Å., 2001. Bedömning av rötbarhet hos drank från vete, Ett Projekt utfört på uppdrag av Eskilstuna Energi & Miljö, JTI uppdragsrapport, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Egebäck K-E. & Esterholm R., 1997. Miljöpotentialen hos de alternativa drivmedlen biogas, etanol, metanol, naturgas, rapsmetylester och dimetyleter, KFB-Meddelande 1997:4, KFB – Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.
- FAO yearbook of production (vol 42), 1988. FAO Statistics Series No. 88 ISSN 0071-7118, Rome, Italy.
- Freedman B. & Pryde E.H., 1982. Fatty esters from vegetable oils for use as a Diesel fuel, Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels, North dakota, August 2-4 1982, ASAE publication 4-82, s. 117-123, St Joseph, MI, USA.
- Gustavsson A. & Lundin G., 1990. Förluster vid torkning och hantering av oljev växter, JTI – rapport 119, JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Hansson P-A., Burström A., Norén A. & Bohm, M. Bestämningar av motoremissioner från arbetsmaskiner inom jord- och skogsbruk, Rapport 232, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.
- Herrmansen J.E., Aaes O., Ostersen S. & Vestergaard M., 1995. Rapsprodukter til malkekøer – mælkeydelse og mælke kvalitet, Forskningsrapport nr. 29, Statens Husdyrbrugsforsøg, landbrugsministeriet, Danmark.
- Jarvis Å., 1996. Evaluation of silage-fed biogas process performance using microbiological and kinetic methods, Rapport 63, Institutionen för mikrobiologi, SLU, Uppsala.
- Johansson S., 1998. Förstudie av energiflöden och energiutnyttjande på spannmålsgrårdar i Mellansverige – Ett projekt utfört på uppdrag av LRF, JTI uppdragsrapport, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Jordbruksverket, 1996. Ekologisk produktion – Aktionsplan 2000, Rapport 1996:3, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket, 1997. Jämförelse mellan konventionella och ekologiska odlingsformer – ett av landstingets miljöprojekt i Kristianstads län, Jordbruksinformation 9 – 1997, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket, 1999. Växtföljd i ekologiskt lantbruk – Råd i praktiken, Jordbruksinformation 16 – 1999, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket, 2000. Riktlinjer för gödsling och kalkning, Rapport 2000:22, Jordbruksverket, Jönköping.

- Andersson R., 2001. Ekologiska jordbruksprodukter och livsmedel – Aktionsplan 2005, Jordbruksverket rapport 2001:11, Jordbruksverket, Jönköping.
- Larsson K., Jonsson N., Sundell B. & Nordström O., 1986. Tekniska och ekonomiska förutsättningar för kallpressning av oljeväxtfrö på gårdsnivå, Intern rapport JTI, Institutet för jordbruks och miljöteknik, Uppsala.
- Larsson K., Kolare I., Olofsson K., Dahlgren L. & Persson S., 1994. Rapsolja och rapsoljeprodukter. Miljöpåverkan och potential på bränsle- och drivmedelsmarknaden, R 1994:22, NUTEK, Närings och Teknikutvecklingsverket, Stockholm.
- Murthy K.S. & Urs M.K., 1978. Scope for better utilization of rapeseed in India, Proceedings of the 5th International Rapeseed Conference in Malmö, Sweden, s 156.
- Månsson T., 1998. Rena fordon med biodrivmedel – En kunskapsöversikt, KFB – rapport 1998:1, KFB – Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.
- Nilsson S., 2000. Gårdsbaserad biogas på Plönninge naturbruksgymnasium. En förstudie med det tyska konceptet som grund, JTI rapport kretslopp och avfall nr 21, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Nordberg Å. & Edström M., 1997. Optimering av biogasprocess för lantbruksrelaterade biomassor, JTI – rapport 11 Kretslopp och Avfall, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Nordberg Å., 1996. One- and two-phase anaerobic digestion of ley crop silage with and without liquid recirculation, SLU, Uppsala.
- Nordlander B. & Olsson A., 1999. Bidragskalkyler 1999. Ekologisk odling, Länsstyrelsen Västra Götaland, <http://sl.bibul.slu.se/>
- Norén O., 1990. Rapsolja för tekniska ändamål – framställning och användning, Meddelande nr 429, JTI – Institutet för Jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Norén O., 1993. Praktisk systemstudie över användning av rapsolja som bränsle i elsbettnmotorer, JTI – rapport 163, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Norén O. & Danfors B., 1981. Etanol som motorbränsle, egenskaper, framställning och ekonomi, Meddelande nr 387, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Norén O., Hadders G., Johansson S. & Lindström L., 1993. Småskalig framställning av rapsmetylester, JTI – rapport 155, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Peterson C.L., 1986. Vegetable oil as diesel fuel: Status and research priorities, ASAE paper No. 85-3069.
- Sprängämnesinspektionens författningssamling, 2000. Hantering av brandfarliga vätskor, SÄIFS 2000:2, Sprängämnesinspektionen, Solna.
- Statens jordbruksverks författningssamling. SJVFS 2000:107 L100, Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 1993:129) om djurhållning inom lantbruket m.m., Jordbruksverket, Jönköping.
- Statens maskinprovningar (SMP), 1987. Rapsolja som bränsle i dieselmotorer, Meddelande 3106, Grupp 5d S 488, Uppsala.
- Statistiska centralbyrån (SCB), 1997. Jordbruksstatistisk årsbok 1997, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- Statistiska centralbyrån (SCB), 2000a. Normskördar för skördeområden, län och riket 2000, JO 15 SM 0001, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- Statistiska centralbyrån (SCB), 2000b. Jordbruksstatistisk årsbok 2000, Statistiska centralbyrån, Örebro.

- Statistiska centralbyrån (SCB), 2002. Bränslen. Leverenser och förbrukning av bränsle fjärde kvartalet 2001 samt året 2001, EN 31 SM 0201, Statistiska centralbyrån, Örebro.
- Svensk standard, 1996. Motorbränslen – Vegetabiliska fettsyramolekyler – krav och provningsmetoder, SS 15 54 36.
- Steineck S., Gustafsson A., Richert Stintzing A., Salomon E., Myrbeck Å., Albin A. & Sundberg M., 2000. Växtnäring i kretslopp, SLU kontakt 11, SLU publikationstjänst, Uppsala.
- Svensk standard, 1996. Motorbränslen – Vegetabiliska fettsyramolekyler – krav och provningsmetoder, SS 15 54 36.
- Thompson J.C., Peterson C.L., Reece D.L. & Beck S.M., 1998. Two-year storage study with methyl and ethyl esters of rapeseed, transactions of the ASAE, Vol. 41(4): 931-939, USA.
- Thyselius L., 1982. Biogas från gödsel och avfall, Meddelande nr 391, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Vellguth G., 1983. Performance of Vegetable oils and their monoesters as fuels for diesel engines, International Off-highway Meeting & Exposition Milwaukee, September 12-15 1983, SAE 831356, 10 s, warrendale, USA.
- Vellguth G., 1988. Pflanzenöl als Dieselkraftstoffsubstitut, Institut für Biosystemtechnik, Landbauforschung Völkenrode, 38 jahrgang (1988) Heft 1, Braunschweig – Völkenrode.