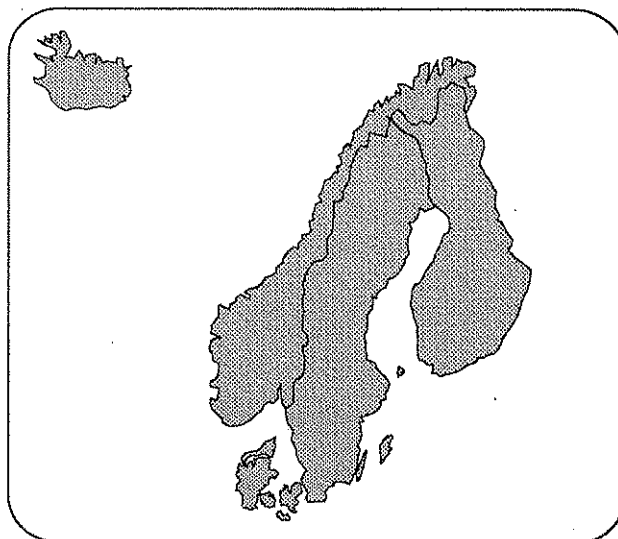


SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

NJF Seminarium nr: 236

NJF - TEKNIK - 93

Teknik för uthålligt
lantbruk



Tre parallellseminarier:

Lantbrukets energiförsörjning och -försäljning

Foderhantering i stallar

Resurssnål växtproduktion/nya lantbruksprodukter

Magnus F.E. Elinder (Red)

Institutionen för lantbruksteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering

Rapport 181

Report

Uppsala 1994

ISSN 0283-0086

ISRN SLU-LT-R--181--SE

DOKUMENTDATABLAD för rapportering till SLU:s lantbruksdatabas LANTDOK,
Svensk lantbruksbibliografi och AGRIS (FAO:s lantbruksdatabas)

Institution/motsvarande Institutionen för lantbruksteknik		Dokumenttyp Konferenspublikation	
		Utgivningsår 1994	Målgrupp F, R
Författare/upphov Magnus F.E. Elinder (Redaktör)			
Dokumentets titel NJF Seminarium nr:236 NJF-TEKNIK -93 Teknik för uthålligt lantbruk			
Amnesord (svenska och /eller engelska)			
Projektnamn (endast SLU-projekt)			
Serie-/tidskriftstitel och volym/nr Institutionen för lantbruksteknik Sveriges lantbruksuniversitet Rapport 181		ISBN /ISRN SLU-LT-R--181-SE ISSN 0283-0086	
Språk Nordiska	Smf-språk	Omfång 333	Antal ref.

Postadress

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Ultunabiblioteket, Fövärvsavdelningen/LANTDOK
Box 7071
S- 750 07 UPPSALA
Sweden

Besöksadress

Centrala Ultuna 22
Uppsala

Telefonnummer

018-67 10 00 vx
018-671103

Telefax

018-3010 06

FÖRORD

NJF-TEKNIK-93

Detta det femte NJF-TEKNIK-mötet i NJF Sektion VIIs regi samlade 104 deltagare. (DK 15 st, IS 3 st, N 22 st, S 40 st, SF 24 st) Teknikmöten ingår som fasta möten i NJF Sektion VIIs seminarieprogram. Teknikmötena påbörjades 1988 i Halmstad och har redan etablerat en fast mötestid för nordens lantbruksforskare och -tekniker i vecka 45.

Årets teknikmöte omfattar tre parallellseminarier. I denna rapport återfinnes de föredrag som avgivits till seminarierna av respektive författare. Samanfattningar av föredragen på Engelska publiceras i NJF's tidskrift. Denna rapport har tillsänts samtliga nordiska bibliotek samt lantbruksbibliotek i Estland, Lettland och Litauen.

Jag vill gärna här tacka alla som har bidragit till seminariet. Speciellt tack vill jag rikta till seminarie-sekreteraren Gunnar Hadders samt seminarieledarna Markku Järvenpää, Knut Bøe och Claus Grøn Sørensen för deras arbete med programmet. Ett varmt tack riktas till Anders Wesslén för tryckning av material samt JTIs sekreterare för övriga nödvändiga arbeten.

Uppsala 1993-12-29

Magnus Elinder
Vice ordf. Sektion VII

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

DELTAGARFÖRTECKNING	1(3)
PLENARFÖREDRAG	
A Sustainable Agriculture Folke Günther , (S) Inst. för systemekologi, and för naturresurshushållning, Stockholms Universitet.	P 1: 1(14)
Samhällelig verklighet Olof Bolin (S) Jordbrukssektorns ekonomi, Inst för ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet	P 2: 1(5)
EF-politiken og et bæredygtigt landbrug Poul Erik Stryg (DK) Økonomisk Institut, Den Kgl. Vetrinær- og Landbohøjskole	P 3: 1(11)
TEMA - SEMINARIER	
TEMA 1 Lantbrukets energiförsörjning och -försäljning	
TEMA: 1-1 Produktionspotential och marknadsmöjligheter av nya produkter - Energin ger volymen Aarne Pehkonen och Mika Hemming (SF), Inst. för lantbrukets och hemmets teknologi, Helsingfors Universitet	1-1: 1(4)
TEMA: 1-2 Lantbruget som energiproducent - konsekvenser for landmand og samfund Michael Parsby (DK), Statens Jordbruksøkonomiske Institut	1-2: 1(5)
TEMA: 1-3 Hur mycket kan väntas från energimarknaden i förhållandet med non-food produktion - Användningspotential av olika biobränslen Allan Johansson och Kai Sipilä (SF), Laboratoriet för bränsteteknik, Statens tekniska forskningscentral (VTT)	1-3: 1(1)
TEMA: 1-4 Energianalyser av biobränslen från höstvetete, raps och Salix. Ulf Sonesson (S), Inst. för lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet	1-4: 1(5)
TEMA: 1-5 Energieffektivitet på økologiske og konventionelle mælkebedrifter Karen Refsgaard (N), Institutt for økonomi og samfundsfag, Norges landbrukshøgskole	1-5: 1(11)
TEMA: 1-6 Salix som energigröda - Aktuellt kunskapsläge och produktionsgrenens omfattning Håkan Johansson (S), SLU-Info, Energiskog	1-6: 1(4)
TEMA: 1-7 Straw for energy production Poul Keller (DK), Statens Jordbrukstekniske Forsøg	1-7: 1(11)
TEMA: 1-8 Rörflen som energigröda - Aktuellt kunskapsläge och produktionsgrenens omfattning Gunnar Hadders (S), Jordbrukstekniska Institutet	1-8: 1(5)
TEMA: 1-9 Energy from grassland biomass in Finland Lauri Tuunanen , (SF) MTTK/Vakola och Markku Järvenpää , (SF) Arbetseffektivitetsföreningen (TTS)	1-9: 1(4)
TEMA: 1-10 The chip size demand for fuel chips in smale scale heating systems Timo Lötjönen och Jukka Pietilä (SF), MTTK, Vakola	1-10: 1(4)

TEMA: 1-11	Eldning med rörlenspelletter och spannmål i mindre förbränningsanläggningar Olev Praks (S), Lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet	1-11: 1(6)
TEMA: 1-12	Store biobrenselanlegg Hans Rasmus Holte (N), Institutt for tekniske fag, Norges landbrukshøgskole	1-12: 1(13)
TEMA: 1-13	Energigården - et demonstrasjonsanlegg for bioenergi støttet av olje- og energidepartementet Erik Eid Hohle (N), Eidsalm gård	1-13: 1(3)
TEMA: 1-14	Teknik och ekonomi för biogas ur energigrödor Magnus Dalemo (S), Jordbrukstekniska institutet	1-14: 1(7)
TEMA: 1-15	Biogasanvändning Anna Lindberg (S), Jordbrukstekniska institutet	1-15: 1(9)
TEMA: 1-16	Rapsmetylester (RME) som dieselbränsle Erkki Franssila (SF), Konvolan Siilo Oy	1-16: 1(2)
TEMA: 1-17	Småskalig kraftvärme med sterlingmotor med gengas eller träpulver som bränsle Sven Bernesson (S), Lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet	1-17: 1(9)
TEMA: 1-18	ENØK - råd for landbruket Kai J. Storeheier och Jan Olav Holmerud (N), Institutt for tekniske fag, Norges landbrukshøgskole	1-18: 1(6)

TEMA 2 Foderhantering i stallar

TEMA: 2-1	Tillväxtens beroende av utfodringsfrekvens och av givans variation vid utfodring av ungnöt Ilmo Aronen (SF), Raisio Koncernen, Foderindustrin	2-1: 1(8)
TEMA: 2-2	Utfodringsnøjtighed ved automatisk udfodring Kaj Hansen (DK), Statens Jordbrugstekniske Førsøg	2-2: 1(7)
TEMA: 2-3	Foderstyrning för mjölkkor i lösdrift Jan Olofsson (S), Inst. för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet	2-3: 1(2)
TEMA: 2-4	Foderstyrningslaboratoriet på Kungsängens gård. Teknisk beskrivning Conny Ekfäldt (S), Jordbrukstekniska institutet	2-4: 1(7)
TEMA: 2-5	Utfodringsstrategi och lösdriftsstallets utformning för mjölkkor Karl Ekelund (S), Lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet	2-5: 1(6)
TEMA: 2-6	Svinutfodringssystem med foder-/vätskeautomter Kjell Larsson (S), Jordbrukstekniska institutet	2-6: 1(5)
TEMA: 2-7		
TEMA: 2-8	Foderstyrning vid fri tilldelning av foder till mjölkkor i lösdrift Rolf Spörndly (S), SLU-Info/husdjur	2-8: 1(6)
TEMA: 2-9	Erfarenheter från användning av andningsskydd Stefan Ihrsén (S), Jordbrukstekniska institutet	2-9: 1(4)
TEMA: 2-10	Suitability of different types of respirators for different agricultural jobs - the human factor Antti Peltola, Arto Laine och Mika Peltonen (SF), Arbetseffektivitetsföreningen, (TTS)	2-10: 1(4)
TEMA: 2-11	Helseproblemer i samband med hantering av grovför Bjarni Guðmundsson (IS), Hvanneyri landbrukssenter	2-11: 1(5)

TEMA: 2-12	Resultat från provning av maskiner för sönderdelning av rundbalsensilage och mobila fullfoderblandare Mats Persson (S) Statens Maskinprovningar	2-12: 1(6)
TEMA: 2-13	Styrning og nye systemer ved vådfodring af svin Morten Svane, (DK), Afd. for Ernæring og Produktion, Landsudvaldet for Svin	2-13: 1(9)
TEMA: 2-14	Utfodringsrutiner i olika stallssystem, försöksresultat från Alnarp Birgit Frank (S), Södra husdjursförsöksdistriktet, Alnarp, Sveriges lantbruksuniversitet	2-14: 1(12)
TEMA: 2-15	Foderlagring och foderhantering i svinstallar Leif Göransson och Peter Baeling (S), Lantmännen foderutveckling AB, Svalöv	2-15: 1(4)
TEMA: 2-16	Teknik til anvendelse af fuldfoder Helge Kromann (N), Landskontoret for Bygninger og Maskiner	2-16: 1(7)
TEMA: 2-17	Støvereduktion i svinestalde ved tilsætning af fedt i foder Hisamitsu Takai och Søren Pedersen (DK), Statens Jordbrugstekniske Førsøg	2-17: 1(7)

TEMA 3 Resurssnål växtproduktion/nya lantbruksprodukter

TEMA: 3-1	Labour, machinery and energy data bases in plant production. Juha Palonen (SF), Arbetseffektivitetsföreningen (TTS)	3-1: 1(5)
TEMA: 3-2	The available time for field cultivation jobs in Finland Arto Laine (SF), Arbetseffektivitetsföreningen (TTS)	3-2: 1(8)
TEMA: 3-3	Dyrkingssystemets tilpasning til nye lovgivningskrav Claus Grøn Sørensen (DK), Statens Jordbrugstekniske Førsøg	3-3: 1(10)
TEMA: 3-4	Landbrugsfællesskaber - analyse og vurdering af arbejdsmæssige og tekniske konsekvenser Villy Nielsen (DK) Statens Jordbrugstekniske Førsøg	3-4: 1(8)
TEMA: 3-5	Maskinsamarbeid, norske erfaringer Tor Breen (N), Det kgl. Selskap for Norges Vel	3-5: 1(10)
TEMA: 3-6	Simpel kalkulation af indirekte maskinomkostninger under komplekse forhold Henrik Have (DK), Den Kgl. Vetrinær- og Landbohøjskole	3-6: 1(6)
TEMA: 3-7	Virkingen av økte gjødselpriser på mekaniseringen Kolbjørn Christoffersen (N), Institutt for tekniske fag, Norges lantbrukshøgskole	3-7: 1(6)
TEMA: 3-8	Kan repningstekniken sänka skördekostnaderna i spanmålsproduktionen? Gunnar Lundin (S) Jordbrugstekniska institutet	3-8: 1(6)
TEMA: 3-9	Modeller som hjælpmedel för dimensionering av mekaniseringskedjor Bengt Jonsson (S) Jordbrugstekniska institutet	3-9: 1(3)
TEMA: 3-10		
TEMA: 3-11	Urtetørking Ole Fladstad (N), Institutt for tekniske fag, Norges lantbrukshøgskole	3-11: 1(5)
TEMA: 3-12		
TEMA: 3-13	Skörd af havtorn, nyppon och andra ovanliga grödor Sven Olander (S), Inst. för lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet	3-13: 1(3)
TEMA: 3-14	Høst, håndtering og anvendelse af elefantgræs Erik Fløjgård (DK), Statens Jordbrugstekniske Førsøg	3-14: 1(7)

- TEMA: 3-15** Quality evaluation of decoration greenery by using image analyses **3-15:**
Bent S. Bennedsen, Peter Hagen och Henning Nielsen (DK), Den Kgl. 1(4)
Vetrinær- og Landbohøjskole
- TEMA: 3-16** Suitability of DGPS for positioning of agricultural machines **3-16:**
Hannu Haapala och Markku Hirvenoja (SF), Inst. för 1(6)
Lantbruksteknologi, Helsingfors Universitet
- TEMA: 3-17** Möjligheterna att styra gödsling efter bördighetsvariationer inom fält **3-17:**
Lennart Mattsson, Försöksavd. för växtnäringslära, Inst för 1(5)
Markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, **Lars Thylén (S),**
Jordbrukstekniska institutet

Deltagarförteckning NJF seminarium nr 236, NJF-Teknik-93

Gösta Andersson	Alfa Laval Agri Scandinavia - S
Örjan Andersson	Rättviks Naturbruksgymnasium - S
Ilmo Aronen	Raisio Koncernen Foderindustrin - SF
Hans Arvidsson	SLU/Inst. för lantbruksteknik - S
Peter Baeling	Lantmännen foderutveckling - S
Bent Bennedsen	KVL-Jordbrugsteknik - DK
Egil Berge	Norges landbrukshøgskole - N
Sven Bernesson	SLU/inst. för lantbruksteknik - S
Göran Björkman	Finska Hushållningssällskapet - SF
Tor Breen	Det Kgl. selskap for Norges vel - N
Kjell Brännäs	Jord- och skogsbruksministeriet - SF
Knut Bøe	Norges landbrukshøgskole - N
Pål Börjesson	Lunds universitet - S
Kolbjørn Christoffersen	Norges landbrukshøgskole - N
Lars Dahlgren	Lantbrukarnas Riksförbund - S
Magnus Dalemo	Jordbrukstekniska institutet - S
Carl-Magnus Dolby	SLU/Inst. för lantbrukets byggnadsteknik - S
Erik Eid Hohle	Eidsalm gård - N
Karl Ekelund	SLU/Inst. för lantbrukets byggnadsteknik - S
Conny Ekfäldt	Jordbrukstekniska institutet - S
Magnus Elinder	SLU/Inst. för lantbruksteknik - S
Ole Fladstad	Norges landbrugshøgskole - N
Erik Fløjgaard-Kristensen	Statens jordbrugstekniske forsøg - DK
Birgit Frank	SLU/Södra husdjursförsöksdistriktet - S
Erkki Franssila	Kouvolan siilo OY - SF
Knut-E. Gjestang	Det Kgl. selskap for Norges vel - N
Lasse Gravås	Felleskjøpet maskin - N
Claus Grøn Sørensen	Statens jordbrugstekniske forsøg - DK
Bjarni Gudmundsson	Hvanneyri landbrukssenter - IS
Leif Göransson	Lantmännen foderutveckling AB - S
Hannu Haapala	Helsingfors universitet - SF
Gunnar Hadders	Jordbrukstekniska institutet - S
Peter Hagen	KVL-Jordbrugsteknik - DK
Kaj Hansen	Statens jordbrugstekniske forsøg - DK
Henrik Have	KVL-Jordbrugsteknik - DK
Martin Heide Jørgensen	Statens jordbrugstekniske forsøg - DK
Mika Hemming	Helsingfors universitet - SF
Arne Hilmersen	Norges landbrukshøgskole - N
Markku Hirvenoja	Helsingfors universitet - SF
Jahn-Olav Holmerud	Norges landbrukshøgskole - N
Hans Rasmus Holte	Norges landbrukshøgskole - N
Rolf Horntvedt	Norges landbrukshøgskole - N
Stefan Ihrsen	Jordbrukstekniska institutet - S

Palbor Jesson	-S
Allan Johansson	Statens tekniska forskningscentral - SF
Håkan Johansson	SLU/Info, energiskog
Gunnar Jonasson	Lantbrukets lånefond - IS
Bengt Jonsson	Jordbrukstekniska institutet - S
Markku Järvenpää	Arbets effektivitetsföreningen - SF
Ola Kaarstad	Norsk Hydro A/S - N
Poul Keller	Statens jordbrugstekniske forsøg - DK
Ottar Kjus	A/S Norsk førkonservering - N
Helge Kromann	Landbrugets rådgivningscenter - DK
Arto Laine	Arbets effektivitetsföreningen - SF
Kjell Larsson	Jordbrukstekniska institutet - S
Anna Lindberg	Jordbrukstekniska institutet - S
Eiríkur Loftsson	Saudarkrokur - IS
Martin Lund	NORSØK - N
Gunnar Lundin	Jordbrukstekniska institutet - S
Tarmo Luoma	MTTK/Vakola - SF
Timo Lötjönen	MTTK/Vakola - SF
Pentti Mattila	Arbets effektivitetsföreningen - SF
Lennart Mattsson	SLU/Inst. för markvetenskap - S
Henning Nielsen	KVL-Jordbrugsteknik - DK
Niels-Peder Nielsen	Danske slagterier, landsudvalget for svin - DK
Villy Nielsen	Statens jordbrugstekniske forsøg - DK
Christer Nilsson	SLU/Inst. för lantbrukets byggnadsteknik - S
Edvard Nilsson	Jordbrukstekniska institutet - S
Olle Norén	Jordbrukstekniska institutet - S
Michael Ohlsson	Alfa Laval Agri Scandinavia - S
Tryggve Oknelid	SLU/Inst. för lantbruksteknik - S
Sven Olander	SLU/Inst. för lantbruksteknik - S
Jan Olofsson	SLU/Inst. för husdjurens utfodring och vård - S
Juha Palonen	Arbets effektivitetsföreningen - SF
Michael Parsby	Statens jordbrugsøkonomiske institut - DK
Søren Pedersen	Statens jordbrugstekniske forsøg - DK
Aarne Pehkonen	Helsingfors universitet - SF
Antti Peltola	Arbets effektivitetsföreningen - SF
Mika Peltonen	Arbets effektivitetsföreningen - SF
Mats Persson	Statens maskinprovningar - S
Carl-Magnus Pettersson	Statens maskinprovningar - S
Jukka Pietilä	MTTK/Vakola - SF
Olev Praks	SLU/Inst. för lantbrukets byggnadsteknik - S
Markus Pyykkönen	Helsingfors universitet - SF
Herman Qvam	Norges landbrukshøgskole - N
Karen Refsgaard	Norges landbrukshøgskole - N
Odd Rønningen	Norges landbrukshøgskole - N
Hannele Sankari	MTTK/KVA - SF
Henrik Sarin	MTTK/Vakola - SF
Ulf Sonesson	SLU/Inst. för lantbruksteknik - S

Rolf Spörndly
Christer Stockzelius
Kai Storeheier
Björn Sundell
Morten Svane
Krister Sällvik
Kjell-Martin Sørby

Einar Teslo
Anders Thylén
Lars Thylén
Unto Tulisalo
Geir Tutturen
Lauri Tuunanen

Hans Wiktorsson

SLU/Info, husdjur - S
M & S Agritektkontor AB - S
Norges landbrugshøgskole - N
Jordbrukstekniska institutet - S
Danske slagterier, landsudvalget for svin - DK
SLU/Inst. för lantbrukets byggnadsteknik - S
Norges landbrukshøgskole - N

Norges landbrukshøgskole - N
Jordbrukstekniska institutet - S
Jordbrukstekniska institutet - S
Mildola OY - SF
Norges landbrukshøgskole - N
MTTK/Vakola - SF

SLU/Inst. för husdjurens utfodring och vård - S

PLENUM

TORSDAG 11 NOVEMBER 1993

P 1 : 1(14)

A SUSTAINABLE AGRICULTURE

Paper 93-11-11
for
Nordiska Jordbruksforskarens Förening
SLU, Ultuna

Folke Günther
Institution of Systems Ecology
Stockholm University
106 91 Stockholm

INTRODUCTION

The Swedish agriculture of today is probably one of the most technically advanced and successful in the world. The development of the agricultural practice have led to a situation where a mere 2% of the population can produce not only the basic food needed by the population, but also an excess for export.

However, this success is not achieved without external support. The achievements of the Swedish, and general western, agriculture are profoundly dependent on import of cheap fossil fuels, an extensive distribution system, expensive machinery, in turn heavily dependent on an industrial infrastructure, and on the endurance of supporting ecosystems and the farmers themselves. Some of the support systems associated with the agricultural production are so vital that failure can turn success into disaster.

Unless all the above supports for the agriculture is maintained, it cannot survive. Explicitly, to survive and maintain a food production for the population, the Swedish and the prevalent western European agriculture needs a continuous support of the following types:

- Flawless and cheap fuel production that will continue in the future.
- The continuous availability of phosphorus ores, often in other parts of the world, which could be extracted to produce fertilisers.
- A distribution system for fertilisers, animal feed, fuels and agricultural products that function continuously, regardless of other problems in the society.
- A machinery support infrastructure that can deliver renewal and repair support disregarding the general industrial climate.
- The uninterrupted support from ecosystems to bring forth and recycle nutrients, water, carbon and other essential production factors, and maintaining a favourable climate and gas balance in the air.
- A special breed of farming specialists that could endure extended agricultural labour regardless low income and disregard from a large part of the population.

The ultimate aim of the agriculture must be to provide food for the population, but unless all these necessities, and some others, are fulfilled, the production and distribution system for food cannot be maintained. Therefore, when discussing a sustainable agricultural system, it is important to involve a discussion of the support systems necessary for the entire field-to-table chain, which is seldom done. In reality, the entire system is heavily dependent upon certain assumed services that often are taken for granted. Failure in the supporting systems will induce a failure in fulfilling the above referred aim of the agriculture. This perspective depicts a gloomy picture of the sustainability of the highly productive agriculture, and of the society that depends on it for its subsistence.

My aim of this paper is to discuss the sustainability of the supporting systems to see if we can rely on them as they are designed today, and, if we can't, to discuss how the problems can be alleviated.

*THE DEPENDENCIES**Dependency of constant material and energy support*

The main energy input to modern agriculture is not solar energy. It is industrial energy of different kinds¹. Together with the need for constant input of fertilisers, biocides, animal food, plastics for silage and drugs for treatment of animal diseases, it gives modern agriculture a structural similarity with any throughput industry. The increased yields experienced by this is not due to increased ability of the crops to acquire more solar energy, but rather that some tasks former made by the crops (e.g., extracting nutrients and fighting diseases) are done by the farmer, for what reason an increased grain yield can be achieved².

Thus, in order to maintain a high productivity, there is a need for a constant throughput of energy and material in agriculture. This forms a dependency of a sustained infrastructure which must be observed in any discussion of sustainable agriculture.

Dependency of industrial support

The pre-industrial agriculture was a highly local activity. Most of the support material was made locally, and it was operated mainly on different kinds of locally captured solar energy. The nutrients was caught by means of meadow plants and transported to the fields close to the settlements through harvesting of winter food or with manure from feeding animals brought home overnight. Today the agriculture is highly dependent on different types of industrial support for maintenance, energy and nutrients. These inputs must be considered in the discussion of a sustainable agricultural production.

Cheap industrial energy?

To produce food, the agriculture of today is heavily dependent on fossil fuels. The input of fossil fuel energy equals, or surpasses in some instances, the output of food energy, for what reason the agriculture sometimes has been referred to as a black box for converting fossil fuel energy into edible food energy³.

If this practice is to be possible in the future, it is implicit that the price of supporting industrial energy will not be exceedingly high. This assumption is, however, doubtful. Estimations of the total amount of extractable crude oil and coal indicates that its availability is of a relatively short duration assuming the constant use of these resources today⁴. An *absolute* decrease in the amount of available fossil fuels would naturally increase their price. Against this, it has been argued that the new amounts found have always (that is: the latest decades) exceeded the used amounts, so the total extractable resources have not diminished. What is more important, however, is that the price is also heavily influenced by the *relative* availability of fossil fuels. In a study from 1987⁵, Goldemberg et al. observes that if the demand for oil exceeds 80% of the production capacity, the price increases exponentially. When the demand is 90% of the production capacity, the price increases more than 40% from the previous year.

The extraction of fossil fuels is an energy intensive industry. To make the energy in fossil fuels available, a certain amount of energy must be inserted as of drilling, prospecting, industrial frameworks etc. The proportion between the amount of energy inserted and the energy yield is called the *yield per effort* (YPE). The world average YPE

for fossil fuels was estimated to about 40:1 in the beginning of this century. Today it is about 12:1⁶. In certain areas of the world, as the lower 48 states of the USA, the YPE is estimated to arrive at 1:1 about the year 2005⁷. At this point, oil could not longer be considered an energy source, even if it could be extracted for other reasons.

It is not too presumptuous to assume that the increased use of energy to extract energy resources would effect the proportions between energy demand and the production capacity, thus increasing the price for a unit of energy to levels unendurable for the present food production system. Today, the price for a kWh of petrol or electricity is about 0.45 SEK. Assuming an annual increase of 5%, the price will rise to 5.48 SEK within 50 years, a tenfold increase. (Tab. 1)

Table 1 Assuming a 5% annual increase, industrial energy price will tenfold within 50 years

Years from today	0	15	25	50	75
Industrial energy price assuming 5% increase per year (SEK/kWh)	0.45	0.95	1.57	5.48	19.13

Phosphorus ore availability?

To survive, the current agriculture also needs a steady supply of nutrients, since plant growth is impaired unless sufficient amounts of nutrients are available, and these are steadily exported with the produce. Nitrogen is possible to obtain from the atmosphere by means of Leguminous plants, but potassium and phosphorus has no such gaseous phases and must be available in the soil liquid. Potassium is a quite common element and scarcity is therefore rare. Phosphorus, however, is often a limiting element for plant growth, why a constant supply of it is of vital importance for any agriculture exporting produce from which the nutrients are not recirculated. This is often the case in the prevailing agriculture. To be able to produce food, it consequently has to import nutrients, of which phosphorus is the most important.

Today, the source of phosphorus is mainly rock P. The supply of phosphate ores worth working is estimated to about 20 000 Tg, containing of about 13% phosphorus. The annual use of phosphorus from these resources is estimated to about 20 Tg P⁸, thus giving the resource a life-time of about 130 years with the current rate of extraction⁹. The problem is, however, that the ores used today are the richest and easiest available, the ones that can be extracted with the least expense of energy. Those left need consequently continuously increasing amounts of energy invested in the extraction of one unit of phosphorus. This is clearly an unstable situation considering the energy availability situation discussed above.

Dependency of biophysical capital

To function, the agriculture does not only need an infrastructure of services from the society, it also needs a range of free services from the surrounding ecosystems. Examples of such services are the recovery of ground water, wind shielding, erosion protection, functions of the microbe flora, assistance from vertebrate and invertebrate predators, not to speak about the large scale effects of global ecosystems as climate regulation and air

composition maintenance. Such services are often taken for granted, but the practice to eliminate self-organising ecological systems to increase the area available for agriculture tend to decrease the availability of such services. As an effect of this, they must be substituted with increased work from the farmer himself and increased use of fossil fuels^{10,11} A more sustainable practice would be to invest in support of the surrounding ecosystems to gain a richer supply of free services.

THE PROBLEMS

The above section was a review of dependencies specific for modern agriculture. I will continue with pointing out some more non-specific problems that eventually also may be detrimental for modern agriculture or the society that depends on it and support it.

Agriculture as a part of linear material flows

As was pointed out in the discussion of nutrients, contemporary agriculture is a part of a linear nutrient flow from mines to towns. This is the case because most people using the food produced by agriculture live concentrated in geographically small areas compared to the area used by agriculture. The nutrients follow the food to cities and are soon after excreted in sewers as urine and faeces. This practice tends to eutrophicate the surrounding waters. Phosphorus was identified a main agent causing eutrophication¹², why advanced water treatment (AWT) with precipitation of phosphorus was introduced.

von Bertalanffy

However, by the introduction of AWT, the problem is not solved, only postponed. The sludge containing the phosphorus is placed somewhere in the area close to the city, either on waste deposition plants or on a nearby agriculture. However, the storage of phosphorus in the area will increase as long as import to the total area exceeds export. If some path of export is shut off, as the introduction of AWT was designed to, the accumulating rate will increase. The increased storage will open new paths for export, e.g., transportation of dissolved phosphorus in surface or underground drainage water, bacterial, fungal or plant induced conversion of insoluble to soluble substances, physical transport or another agent. If import still exceeds the total export, the build-up will proceed, and so on.

The result will be a state called von Bertalanffy steady state¹³, where import equals export. By this, the point source pollution from the urban sewage system is converted into diffuse pollution from a larger area. This is the state AWT is designed to avoid, with pollution by P. The AWT is thus unable to solve the pollution problem on long terms, and clearly not the problem of access discussed earlier.

Transport dependent centralisation

With fossil fuel based industrialisation came the potentiality of far-away production and cheap long range transportation. A result of this was the possibility of concentrating people in urbanised - industrialised areas. Thus, there is a close connection between the availability of cheap energy and urbanisation.

In a situation where different types of energy are of different economic value (Compare for example the value of electricity or fossil fuels, of about 0.5 SEK/kWh, with the value of a kWh in milk of 11.70 SEK, or the value of the energy of manual labour of about 650 SEK/kWh), there is a tendency to use more of the cheaper energy to save more expensive energy. This could explain the substitution of machinery for manual labour, or the transportation of food instead of local production. It has been calculated that the energy yield per effort in food production is about 0,1¹⁴. This figure indicates that for each energy unit delivered to the dinner table, about ten energy units are spent in transportation, handling, packaging, shop maintenance etc.!

The availability of cheap energy could thus in some extent explain the growth of cities, as it could cast some light on other types of centralisation, for example the specialisation of agriculture into large units. For example, today a large part of the pig meat production come from "pig-towns", large factories in south Sweden, while the food for those pigs are grown in the surroundings of lake Mälaren, 600 km north. Regardless the ambitions to spread the pig manure over large areas, *most* of the food used by the pigs is converted into pig manure, and therefore to leakage and environmental problems. This is an *unavoidable* situation as long as there is an unbalance between pigs and pig-feed production, even if all pigs are exported from the area.

Agriculture and vulnerability

The industrialised agriculture is as dependent on the general services from the surrounding society as any other industrial activity. In order to meet a need to increase the economic efficiency of these services, the tendency during the last decades has been to increase the size of the industrial units delivering the services. This is especially typical for the reduction in number of dairies and slaughter houses¹⁵. A very small number of units are today handling the agricultural needs for slaughter and dairy processing. About 80% of the Swedish dairy processing capacity is situated in southern Sweden today¹⁶. Beside the effects of increased transporting, which will be discussed later, this tendency leads to an increased vulnerability of the structure. A permanent or transient malfunction of one unit, e.g., by the outbreak of a disease, a malfunction of the electricity delivery system, some problem in the delivery system for packages, or any other peace or war crisis will, by its increasing share of the whole production, have more severe effect on the food delivery for the population than if a smaller unit was eliminated.

The same problem is associated with the system for delivery of other supplement products for the agricultural production, e.g., animal feed, fertilisers, seed grain (farmers are not encouraged to grow their own seed grain), frozen sperm for insemination (farmers are not encouraged to have their own bulls), spare parts for machinery etc.

The economic specialisation of the agricultural units themselves has had the same tendency in decreasing diversity of the agricultural units. For a half century ago it was general that a farm not only grew a large part of the feed for the animals, but also that there was a large diversity of animals on the farm. It was common that cows, pigs, horses, geese and chicken could be found on the same farm, with a variety of crops and refinement procedures. Today, this situation is very rare. The farmers are forced by the increased price for supplement products and the decreased price for their produce to specialise on products that could be produced in large quantities to a low cost per unit. This specialisation had lead to a decrease in diversity and consequently to an increase in vulnerability of the food delivery system.

The specialisation and increase in size both of the agricultural units and the service system units has brought about not only an increased transportation range for each unit, but it has also lead to the combined effect that the malfunction of one support unit can affect the production of several large units that in turn produce a very large part of the total requirement of a special product.

To these problems adds a further that is closely associated with vulnerability: With the decrease in number of production units and support units, the significance of the distribution system will increase. The transportation lines will be longer and the need for a constant delivery of support energy and transportation infrastructure will increase while the need for accurate and precise distribution will increase. Compared to a system with shorter transportation lines and a higher grade of self-sufficiency of the production units, a failure in this system will be more probable at the same time as its effects will be more severe.

The alienation of agriculture

The last problem in the range I will discuss should by no means be taken for the least. I will point out that the separation of the agriculture practice from the everyday life of a large part of the population causes both a decreased understanding of the problems and needs of the farms and also a diminished common knowledge of agricultural practices and biological processes. This leads to a situation where the fulfilment of an important requirement as daily food is taken for granted, or at the best an economic and distributional problem. Further, an important part of the population, the farmers who fulfil these needs, is marginalised and alienated. Hence, they are often considered unimportant and environmentally destructive, even if the blame for environmentally unsound practices often can be put on political considerations or structural economical causes.

PROBLEM CONCLUSION

From the structural changes in the society the last century, a situation has emerged where the main responsibility for the actual aim of the agriculture, to provide the population with food, has shifted from being a problem of agricultural practice into a problem of societal infrastructure. Such problems are not possible to solve by improved agricultural practice.

Furthermore the societal infrastructure has changed into a highly vulnerable one, heavily dependent on a constant supply of low cost fuels and mineral resources. In addition the separation of agricultural areas from urbanised has induced linear nutrient flows, causing foreseen pollution by nutrients in the end of the line and depletion in the source.

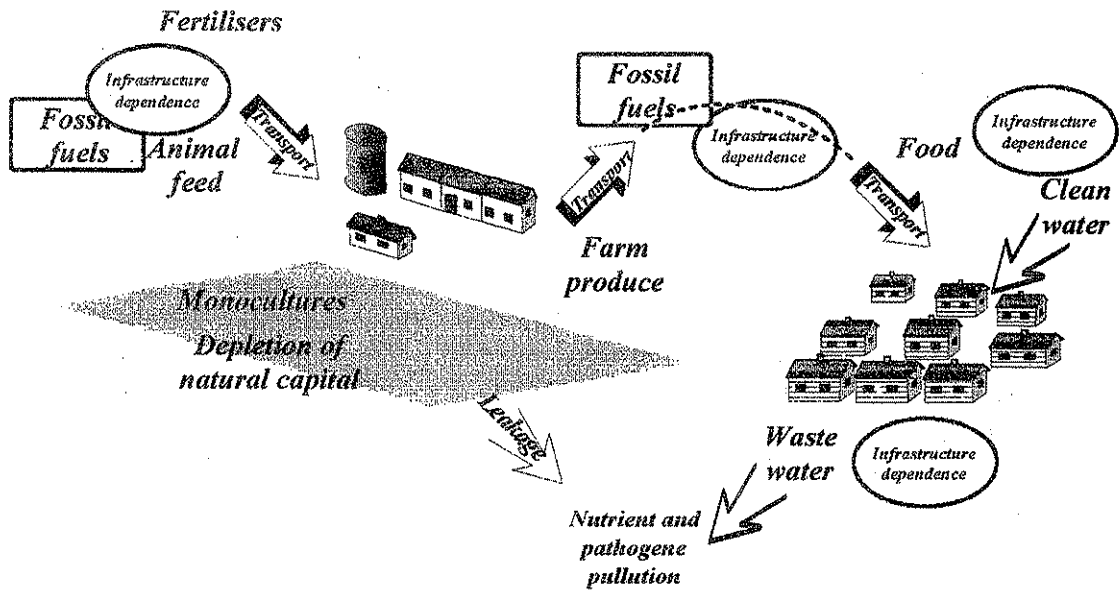


Fig. 1 The current situation involves an alarming lot of vulnerable dependencies and malfunctions

SOLUTIONS

I will in the rest of this paper propose some measures that could be taken to solve the problems of potential instability of the food supply system. Some benign side-effects that can be expected will also be pointed out.

Integration of agriculture and settlements

Most of the problems pointed out in the first part of this paper could be blamed on the unintentional separation of agriculture and settlements that has developed as a side-effect of 'the industrial revolution' the last century. I will discuss how these problems could be alleviated by a re-integration of agriculture and settlements *as a principle*.

Material circulation

In any advanced self-organising system, material circulation is a necessary consequence of the structural changes associated with the increased capability to secure solar exergy in some form and convert it to low grade thermal radiation. For convenience this is called the *regenerative cycle*¹⁷. Advanced systems of this type are capable of homeostasis and are often structurally stable, although they exist in a steady state. Tapping off the necessary elements that should be re-loaded with exergy, the system will become unstable and eventually die. Examples of this are the bleeding of a animal and the constant deprivation of nutrients from a farm.

In the current agriculture, new nutrients are supplied from mineral ores. However, this makes the agriculture vulnerable, as discussed above.

Biological systems, e.g., ecosystems, have met this problem through ages. Those that have survived have answered it in two ways: For substances that have a volatile phase (e.g., carbon, nitrogen, oxygen and hydrogen) the element is transported in the atmosphere and brought down when needed. For elements that in practice have no volatile phases the problem is solved by repeated cycling of the substance. Characteristic for advanced systems are their abilities to eliminate leakage nearly completely.^{18,19}

To attain material circulation, two changes are needed from the currently typical agriculture. Firstly, animal feed should be produced on the same farm, or very close, so the manure can be returned to the land where the feed are produced. By this practice, a large part of the nutrients, at least the non-volatile ones, are recirculated. Secondly, the nutrients actually exported as food should be returned as human urine and faecal matter. With the use of separation toilets, which don't mix urine with faeces, the urine with about 80% of the nutrients, could be reclaimed easily. Its nutrient composition is also very suitable for plant growing. The faeces should be composted out of reach for flies in about one year to get rid of any pathogenic agents, before it is returned to the fields. Mixing these two components increase the problems drastically, since the volume of urine excreted from a human is about ten times the volume of faeces, and the mixing increases the volatility of nitrogen drastically. The remaining grey water is then easy to reclaim after biological purification. (Table 2)

Table 2. With source-separating toilets it is possible to use the three phases of waste water in a more suitable way. Mixing them causes problems. Note also that the grey water is comparable to what is coming *out* of the sewage plants.

	Urine	Faeces	Grey water	Sewage water after purification ²⁰
Nutrients, Kg/pers	N: 6 P: 0.6	N: 1.2 P: 0.12	N: 0.5 (?) P: 0.15	N: 5.8 P: 0.09
Volume	500 litres	50 litres	7 300 litres	7 900 litres
N-conc. (g/l)	12	24	0,068	0.73
P-conc. (g/l)	1.2	2.4	0.02	0.01
N/P rate	10	10	3.4	73
Notes	Primary sterile	High risk for pathogens. High dry weight	Low concentration of pollutants	Risk for pathogenic concentrations of viruses
Use	Useful as nutrient solution	Useful nutrients after one year composting	Easy cleansing with biological methods	<i>Not</i> suitable to put in nitrogen-limited seas

Minimising energy needs

The heavy dependence of transportation in current farming practice emanates from two or three infrastructural modes: (1) The need for externally produced fertilisers and other support materials, (2) the separation of agriculture and end-user of the food (combined with violent transfer in food industry and handling), and (3) the practice of producing feed in some parts of the country and raising animals in another.

These transportation dependencies could be diminished radically with a closer integration of agriculture and settlements, and the re-introduction of balancing animal and plant production on the individual farms. Today about 10 000 kWh is used per person for food delivery. It is not outrageous to expect a decrease of this figure to 2 000 kWh with closer integration²¹. Assuming this is possible for 80% of the Swedish population, the amount of energy thus *not* needed is about 50 TWh annually at a current energy cost of about 200 billion(10⁹) SEK (25 billion USD)²².

Co-operation with settlements

Material recirculation becomes increasingly expensive with increasing distribution range²³. Energy needed for distribution, packaging and handling also tend to increase with a quantum leap when the distribution lines needs extensive packaging and preservation. Therefore, to attain material circulation at the same time as energy support needs are diminished, a different structural strategy could be applied: Instead of the current trend towards increasing agricultural specialisation combined with urbanisation of the population, a closer integration of farms and settlements should be the goal. A name for this strategy could be *ruralisation*. Many of the different problems outlined above could be alleviated by this strategy. Some of these will be discussed.

Economy

Economical disadvantages

Compared to the current situation, the changes implied by ruralisation include both diversification of the agriculture and re-distribution of settlements. This is the reverse of what is proposed by scale-economy. In this, it is implied that the production of one unit, in this case of food or housing, is cheaper if it is produced in a larger scale than if it is produced in a smaller scale. However, as discussed earlier, this practice is also associated with other costs that tend to be overlooked when sub-optimising for a single unit of production, as those for increased vulnerability, increased fossil fuel dependency and other distribution and social costs. With increasing specialisation and price for fuels, these marginal costs tend to grow to a size when it should be considered a misinterpretation to overlook them.

Economical advantages

Even today, there are immediate economical advantages of establishing agriculture-settlement aggregations. The part of the end-user price for food that goes to distribution and handling is in Sweden typically between 60% and 75%. This means that there is an economic potential for a closer cooperation between a certain settlement and a nearby farmer. (A Swedish normal diet for five persons need an acreage of about one ha²⁴. For a population of 200, a 40 ha diversified agriculture should be needed). Assume it is possible for one or several nearby farms to diversify to a point where they can produce 80% of the food needs of a small population. For this production, they could get paid 50-100 % more for their produce *at the same time* as the consumers pay about half the price as they would have paid in the shop. This would mean an annual saving of about 24 000 SEK²⁵ (USD 3 000) for an ordinary four person family.

LETS

In a local community of the size where it is possible to maintain some form of personal relations, i.e., you know most of the people, it is also possible to use some of the increasingly commoner local economy systems for internal charging and paying of services and goods (for example the LETS system). Such systems tend to create a 'local trade boom' on the places where it is established. It is possible to use such systems to distribute labour to the local agriculture, by that avoiding over-mechanising of the agriculture and allowing the farmer to have some free-time.

Psychological effects

Together with a diminished vulnerability of the agriculture-settlement system, there ought to be some benign psychological effects, tending to diminish the current social alienation of farmers and agriculture. From the side of the farmer, an increased sense of meaningfulness in the daily occupation could be expected. In other words, at the same time as a person inhabiting the area could look upon a field saying: - "On that field, my bread grows", a farmer, looking at the settlement could say: - " My friends, living in the village there, need the food I produce".

It is possible that such interrelationships could increase the mutual understanding between producers and consumers severely lacking today.

Use and enhance free services from ecosystems

The current agricultural sub-optimal practice to eliminate areas not suitable for agricultural equipment, as open ditches, wetlands, forest islands, hedges and the like, have had the effects of reducing such parts of the landscape that reduce pollution, increasing the frequency of pest outbreak, increasing the wind- and waterborne soil erosion and so on. All these effects must instead be counteracted by the input of human, fossil fuel subsidised, labour. To pay for this labour and fuel, increased economic efficiency of the agriculture is needed, not seldom leading to a further elimination of areas not giving a direct income, by that increasing the problems. It is however important to realise the benign economic effects of such self-organising ecosystems. Wetlands and open ditches are often very well adapted to absorb nutrients otherwise leaking out of the system, thus leading to pollution and the need to replace them with fertilisers. Increasing the wetland area in an organised way could decrease the leakage, and the nutrients could be reclaimed in biogas, biomass for firing or compost material for soil enhancement. Such areas could also be inhabited by natural predators, thus diminishing the outbreak of agricultural pests. Wind shielding and nutrient reclamation by trees from deep aquifers are other such free services from ecosystems that not should be overlooked when planning the agricultural landscape.

CONCLUSIONS

In this overview, I argue that agriculture is inflicted with a lot of problems that could not be alleviated by enhanced agricultural routines, since they are effects of a more general development of the entire society. Among these are the inevitable loss of nutrients that is an effect of the linear food system. Another problem is the possible increase of fuel price, combined with an increased dependency of cheap energy and steady input of nutrients.

I argue that such problems, and others, as ecological and psychological ones, could be alleviated by a succession change into assemblages with a closer cooperation between farms and settlements. The economical assets of such systems seem to be favourable compared to the expected increasing cost of the current type of agriculture.

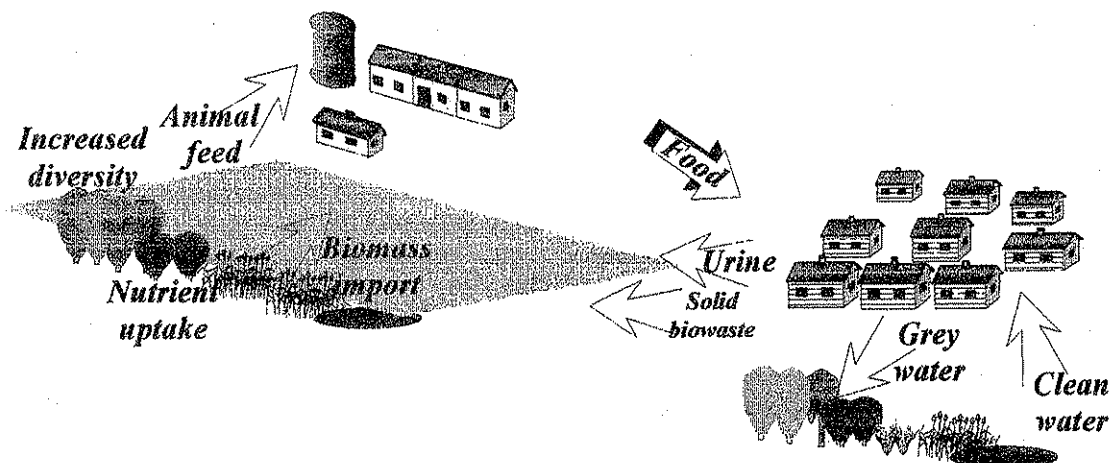


Fig. 2 With the change of directions of flows and the 'ruralisation' of the settlement structure, the problems of vulnerability and fossil fuel dependency could be alleviated.

REFERENCES:

- Cleveland, C.J.: 1991, 'Natural Resource Scarcity And Economic Growth Revisited: Economic And Biophysical Perspectives' in R. Costanza, ed: Ecological Economics: The Science And Management Of Sustainability Columbia University Press, New York, Oxford pp. 289-318
- Folke, C. (1990): *Evaluation of Ecosystem Life-Support* Diss. Institutionen för Systemekologi, Stockholms Universitet
- Giampietro, M., G. Cerretelli and D. Pimentel (1991): *Energy Analysis of Agricultural Ecosystem Management: Human Return and Sustainability*. Revised manuscript AGEE (Agriculture, Ecosystems and Environment) 1/29/91
- Goldemberg, J., T.B. Johansson, A.K.N. Reddy and R.H. Williams (1987): *Energy for a Sustainable World* World Resources Institute Wiley-Eastern
- Günther, F (1993): *Phosphorus flux and Societal Structure In* Proceedings from the Stockholm Water Symposium Aug. 11-14, 1992. Stockholm Water Co. Published in the Proceedings from the same conference, Stockholm Vatten AB ISBN 91-971929-4-5, ISSN 1103-0127
- Günther, F (1994): *Cost Relations in Different Nutrient Retention Strategies*. Submitted to Waste Management and Reserach Denmark
- Günther, F. and C. Folke (1993): *Characteristics of Nested Living Systems* Journal of Biological Systems, 1 (3), p 257-274 World Scientific Publishing Company, Quebec, Canada
- Hubendick, B. (1985): *Människoekologi* Gidlunds Malmö
- Odum E.P. (1985): *Trends to be Expected in Stressed Ecosystems*. BioScience 35 419-422.
- Odum, H.T. (1971): *Environment, Power and Society* W-I.N.Y.
- Smil, V(1990): *Nitrogen and Phosphorus in* Turner, B. L. (ed.) : The Earth as Transformed by Human Action Cambridge University Press, pp 423 - 436
- Stark, N.M och C.F. Jordan (1978): *Nutrient retention by the root mat of an Amazonian Rain Forest* Ecology 59(3) s. 434-437
- Vollenwieder, R. and J. Kerekes (1982): *Eutrophication of Waters; Monitoring, Measures and Control* OECD 1982 154 pp.

NOTES:

-
- ¹ A calculation by Torbjörn Rydberg, SLU of the total energy input (emergy) to agriculture indicates that the proportion of fossil fuel input per solar energy unit caught is about 24:1.
- ² A discussion about this can be found in: Odum, H.T.: *Environment, Power and Society*
- ³ As early as 1970, the input of fossil fuel into the American beef production agriculture exceeded the energy output with 20%. (op. cit. p. 118)
- ⁴ A discussion of the availability of crude oil could be found in Hubendick: *Människoekologi*
- ⁵ Goldemberg & al: *Energy for a Sustainable World*
- ⁶ Hubendick, B. pers komm.
- ⁷ Cleveland: *Natural Resource Scarcity And Economic Growth Revisited*
- ⁸ Smil, V: *Nitrogen and Phosphorus*
- ⁹ Günther, F : *Phosphorus flux and Societal Structure*
- ¹⁰ Folke, C: *Evaluation of Ecosystem Life-Support*
- ¹¹ Giampietro, M.& al: *Energy Analysis of Agricultural Ecosystem Management*
- ¹² e.g., Vollenwieder & Kerekes, OECD 1982
- ¹³ For a closer discussion about this problem, see Günther 1993: *Phosphorus flux and societal structure*
- ¹⁴ The per capita use of *direct energy* in food transport and handling are in the Swedish estimates between 5 625 and 7 500 kWh. Calculated on an average of 90 W, the annual biological energy use for growth and maintenance of a human is about 900 kWh. From these figures, the *efficiency of energy delivery* in conventionally handled food in Sweden could be computed to about 7 : 1. In GB and the USA, this figure would be about 11 : 1. Hall & al. (1986) estimates this figure in an average western society to be about 9.5 : 1.
- ¹⁵ Jordbruksstatistisk Årsbok 1990
- ¹⁶ Kjell-Åke Brorsson, SLU. Pers. comm.
- ¹⁷ Günther, F. and C. Folke : *Characteristics of Nested Living Systems*
- ¹⁸ Stark, N.M och C.F. Jordan : *Nutrient retention by the root mat of an Amazonian Rain Fores*
- ¹⁹ Odum E.P.: *Trends to be expected in stressed ecosystems.*
- ²⁰ 90% P and 25% N purification
- ²¹ The food energy needs for one person is about 1 000 kWh. Industrial energy input used to produce this amount of food energy in american agriculture is between 3-400 kWh (cereals,vegetables) and 2000 kWh (rangeland beef, sheep). Assuming a local production of a diet where 30% of the energy comes from animal products and 70% from vegetables, the energy input needed for this will be about 900 kWh. This leaves 1 100 kWh for local distribution and handling, which seems reasonable.
- ²² To compare, the electricity produced by one nuclear power reactor is about 5 TWh per year.
- ²³ Günther, F (1994): *Cost relations in different nutrient retention strategies.*
- ²⁴ Günther, F (1993): *Phosphorus flux and Societal Structure*
- ²⁵ The average food cost for a four person family in Sween is about 60 000 SEK. Assume 80% of this (48 000 SEK) is produced at 50% of the ordinary price. Saving 24 000 SEK.

Olof Bolin
Institutionen för ekonomi, SLU
Box 7013
750 07 UPPSALA

Samhällelig verklighet

Abstract

Economic sciences deal with human behaviour in man's role as a producer or a consumer, as well as in man's role as a politician, a bureaucrat or being a political lobbyist. Mainly, two kinds of decision systems are used. One is the decentralized market system, commonly consisting of voluntary bilateral agreements characterized by unanimity. The other one is the decision - making procedure within the "political market", dominated by simple, or qualified, majority. Both decision making systems may fail and result in market or political failures. In the Swedish economy, not least in the agricultural sector, most sectors are heavily influenced by the political decision making procedure, demonstrated by the fact that to-day more than 70 per cent of GDP are channelled through the public sector. However, two factors imply a radical, future political retreat. One is the size of the public sector and its serious financial crisis. The other one is the international price relationship between labour and capital. Under such circumstances we can hardly expect a strong political support, by means of rules or money, in order to attain a sustainable and bio-energy-producing agriculture beyond what international market forces, almost inevitably, will imply.

Den svenske och världsberömde nationalekonomen Eli Heckscher (1879-1952) har rörande ekonomins innebörd skrivit att den

"... ej sysslar med något utvärtes, gripbart ... Det är fråga om något mänskligt, om ett **inre eller psykiskt** sammanhang. Detta är vad som skiljer de ekonomiska studierna från de naturvetenskapliga eller teknologiska. De senare hänföra sig till sammanhang som ur mänsklig synpunkt äro **utvärtes** ... Ingen hur ingående kännedom som helst om produktionsprocessens yttre förlopp kan följaktligen skapa ekonomisk insikt, den ligger på ett helt annat plan".

Min uppgift i detta tekniska/biologiska sammanhang är att söka visa de grundläggande mekanismerna för mänskligt beslutsfattande, hur de styrs av omvärldsfaktorer och därmed antyda dess möjligheter att bidra till lösningen av "genuint naturvetenskapligt baserade problem".

Den traditionella bilden

Traditionellt har det ekonomiska problemet beskrivits som ett hushållningsproblem. Det har gällt att utifrån givna och knappa resurser maximera en given uppsättning mål. Till buds har stått en given arsenal av alternativa produktions- och konsumtionsmetoder. Problemet var att finna den optimala kombinationen av dessa alternativ. I den mån den fria marknaden inte klarade uppgiften på ett godtagbart sätt - marknadsmisslyckanden - skulle det politiska beslutssystemet kallas in för att korrigera den dåligt fungerande marknaden medelst regler, avgifter, skatter, subventioner m m. I denna traditionella bild är informationen given, priset närmast en bokföringsparameter, politikern en omnipotent och benevolent diktator. Uppgiften är snarast ingenjörsmässig och kan med fördel lämnas till en dator. Den kanske därmed ligger det naturvetenskapliga synsättet nära, dvs en fysiskt konkret och kontrollerbar värld.

En mer realistisk bild

Genom att införa människor av kött och blod och därmed ofullständig kunskap och osäkerhet förändras emellertid den traditionella ekonomiska uppgiften radikalt. Då handlar det mera om att i ett ständigt pågående experiment söka bättre lösningar genom att upptäcka nya resurser, finna nya produktionsmetoder och att skapa mer relevanta mål för verksamheter på olika nivåer. Entreprenören, dvs den som först av alla upptäcker för andra osedda ting, ersätter "ingenjören" i det föregående exemplet och priset blir den centrala signalkoden i sökprocessen. I priset förmedlas och komprimeras den information som är nödvändig för den gigantiska koordinationsuppgiften att samordna all världens konsumenter med dess producenter. Problemet tycks i stigande grad handla om att just samordna än att producera och marknads mest centrala funktion är att förmedla information.

I en dylik bild av mänskligt experimenterande blir den politiska beslutsprocessen inte med säkerhet en strävan efter det allmänna bästa utan beskrivs bättre som maktkamp mellan intressegrupper. Utfallet garanterar därför inte att marknaden korrigeras till det bättre utan resultatet kan bli till det sämre och vi får se politiska och byråkratiska misslyckanden. Ironiskt nog kan man inte åberopa genuina marknadsmisslyckanden som motiv för dessa långtgående politiska ambitioner. De måste förklaras på annat sätt.

Två beslutssystem

En marknadstransaktion kännetecknas normalt av ett bilateralt avtal (eller kontrakt) rörande ett frivilligt utbyte av äganderätter, kanske mellan två personer eller mellan ett hushåll och ett företag. Företaget kan tänkas sälja en

vara eller en tjänst till ett hushåll och köpa arbetskraft från det. Då transaktionen sker med fri vilja finns det skäl förmoda att båda aktörerna vinner på den och vi får ett "positiv-summe-spel" eller "ekonomisk tillväxt".

En dylik marknad är mao ingen "institution" eller geografisk plats utan en uppsättning fria överenskommelser, karakteriserad av individuell vetorätt. Den är extremt informationseffektiv eftersom konsumenten endast behöver hålla ordning på priserna och sina egna preferenser och producenten sin egen teknologi och de relevanta priserna. Genom ett egennyttigt agerande garanteras, vid frånvaro av allvarliga negativa externaliteter och påtagliga kollektiva nyttigheter, en för samhället optimal resursfördelning, ett för många upphetsande påstående alltsedan det myntades av Adam Smith (1723-90). Det ekonomiska problemet framstår minst lika mycket som ett koordinationsproblem som ett produktionsproblem. Betänk till exempel problemet att fördela det svenska lägenhetsbeståndet på ca 2 miljoner lägenheter mellan olika hushåll. Det kan göras på 2 000 000! (fakultet) olika sätt. Vilken bostadsförmedling kan överblicka denna astronomiska utfallsmängd och sedan välja den bästa fördelningen? Exemplet illustrerar det enorma informationsbehovet i ett politiskt/byråkratiskt system. En marknad löser problemet på ett decentraliserat och informationssnålt sätt med priset som signal- och samordningsmekanism.

Mycket talar för att marknadens sätt att fatta beslut på jordbrukets område inte är behäftat med allvarliga brister. Marknadens beslutssystem har knappast ens fått komma till uttryck. Det politiska systemets beslutsfunktion, dominerad av regeln om enkel majoritet, har däremot tillämpats på ett sätt som förvandlat sektorn till en ren "kommandoekonomi," vilket till stor del skulle kunna återföras på beslutsregeln, en regel som är behäftad med genuina svagheter, vad gäller dess effektivitet och interna konsistens. I ett sådant beslutssystem får mediangrupper, liksom välorganiserade intressegrupper stor betydelse. Besluten fattas i ett intimt samspel mellan röstmaximerande politiska organisationer, en storleksmaximerande administration och intressegrupper som söker maximera de politiska fördelarna till den egna gruppen. Fördelningen av den gemensamma "kakan" blir i ett sådant spel viktigare än kakans tillväxt. Striden om fördelningen av kakan förbrukar tyvärr resurser som skulle ha kunnat användas för att göra den större.

Majoritetsprincipen leder till inkonsistenser där en omröstning mellan alternativen A och B kan avgöras, låt oss säga till B's fördel och likaså kanske alternativet C vinner över B. Problemet är att A kanske vinner över C när de två ställs mot varandra. Fördelen att med en majoritetsregel alltid kunna välja parvis mellan två alternativ skall då vägas mot att inget alternativ kan anses entydigt överlägset alla de andra. Vi kan få en cirkelgång i röstningen utan naturligt slut, s k Condorcet-cykler.

Det säger sig självt att majoritetsregeln knappast garanterar ett politiskt utfall som korrigerar dåligt fungerande marknader på ett sätt som gynnar det allmänna bästa. Det ligger närmare till hands att tro att det gynnar den politiska marknadens egna aktörer.

Exempel på politiska misslyckanden

Den som ingriper i den fria marknadens mest centrala informationskod - priset - tar på sig ett stort ansvar och resultatet har på jordbrukets område världen över också blivit förödande. Svensk jordbrukspolitik har bestått (och gör så fortfarande) av två fundamentala ingrepp i prishandlingen. Det ena utgör ett skydd mot världsmarknadens priser - ett gränsskydd. Det andra är de interna marknadsregleringarna som möjliggör inhemska priser som genererar överskott. Dyliga ingrepp har lett till att ett ursprungligt importskydd övergått till ett exportstöd, ett svårmotiverat utfall och tecken på ett första politiskt misslyckande eftersom syftet med politiken knappast har varit att subventionera utländska konsumenter. Vore det ändå fallet finns bättre sätt.

När så överskotten (eller exportsubventionerna) ställer allt större krav på kollektiv finansiering tillgrips märkliga metoder. Dit hör att man betalar för resurser som inte används (åker, byggnader, arbetskraft) eller att man höjer det inhemska konsumentpriset när överskottet stiger. Sådana reaktioner är abnorma såväl på en marknad som ur ett effektivitetsperspektiv. Hur skulle ett samhälle se ut om sådana betalningsmetoder blev generella! Återigen har vi att göra med politiska och byråkratiska misslyckanden.

Politiken har till stor del motiverats med inkomstargument, dvs som ett stöd till inkomstsvaga jordbrukargrupper. Utfallet är emellertid socialt regressivt genom att 20 procent av jordbrukarna, dvs de största, erhållit 80 procent av stödet och genom att det finansierats av livsmedelskonsumenterna. Läger man därtill att politiken drivit ur arbetskraft ur jordbruket på ett omotiverat sätt genom att subventionera kapital, ökat miljöbelastningen genom att höja intensiteten i produktionen och en lång lista av andra missgrepp, framstår svensk jordbrukspolitik (liksom i det närmaste all jordbrukspolitik) som en gigantisk förstörelse av jordbrukets marknader.

Vad händer framöver

Om Sverige blir medlem i EG ökar, åtminstone temporärt, den politiska inblandningen, dvs regleringsgraden. Det svenska jordbruket förblir därmed en högpris-sektor, exportbegränsad och i ökad utsträckning bidragsberoende, produktionskontrollerad och sönderreglerad. Mycket talar emellertid för att rejäla politiska reträtter kommer att äga rum framöver, såväl i EG som i Sverige.

I EG kommer den gemensamma jordbrukspolitik, CAP, med stor sannolikhet att reformeras - dels på grund av dess påtagliga budgetbelastning, dels på grund av att dess verkliga karaktär blir alltmer uppenbar vilket torde leda till en undergrävd social legitimitet nödvändig för dess existens. Sammanbrottet för ERM-systemet bidrar väsentligt till detta. Därmed begränsas den politiska aktivismen i två för EG viktiga symbolfrågor : jordbrukspolitik och valuta-samarbetet.

På den svenska arenan dominerar den offentliga sektorns finansiella kris. Ingen politisk kraft syns idag mäktig att föra svensk offentlig sektor ur den skuld-förvaltande fälla man försatt den i, där budgetunderskottet drabbar varje skattebetalande svensk med ca 50 000 kronor i år. Läger man därtill prisförskjutningarna i en starkt internationaliserad ekonomi med billig arbetskraft och

starkt positiva realräntor i de snabbt tillväxande delarna i världsekonomin, förebådas en kraftig svensk politisk reträtt, inte minst genom nödvändigheten att sänka skattetrycket och kraftigt banta den offentliga sektorn.

Slutsatser

Den samhällseliga verkligheten styrs av principer för mänskligt beslutsfattande. Utrymmet för en välvillig och välinformerad diktator som på uppdrag från vetenskapsmännen finjusterar ett ekologiskt korrekt och långsiktigt hållbart samhällssystem är onekligen begränsat. En dylik beslutsmodell är knappast trovärdig. Frågan hur man väljer teknik för ett "uthålligt och bioenergiproducerande lantbruk" har hittills inte lösts med politiska och byråkratiska medel på ett samhällsekonomiskt godtagbart sätt. Frågan är om ett politiskt system baserat på majoritetsregler och representativ demokrati, med inbyggd kamp mellan olika intressegrupper, över huvud taget kan finna lösningar överlägsna marknadens på detta område. Hur som helst torde de politiska systemen tvingas till framtida rejäla reträtter genom den ekonomiska och globala integration som obönhörligt växer fram med en fri internationell kapitalmarknad som främsta drivkraft. I den processen förflyttas såväl beslutsmekanismerna som de ekonomiska resurserna alltmer från nationalstaterna och de politiska parlamenten till de stora multinationella företagen. Utvecklingen kommer mao att styras av internationella prisrelationer, som troligtvis under lång tid kommer att kännetecknas av kapitalbrist, men med god tillgång på för svenska förhållanden billig arbetskraft, något som inte helt utesluter ett uthålligt framtida jordbruk. Ett sådant jordbruk bör emellertid inte räkna med en framtida omfattande politisk uppbackning. Det som sålunda kan synas **utvärtes** (eller naturvetenskapligt) nödvändigt, får mao söka sin lösning i ett **inre och psykiskt** sammanhang när individer fattar sina beslut på en allt friare och globalt integrerad marknad.

Poul Erik Stryg
Institut for Økonomi, Skov og Landskab
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Uddrag af indlæg om:

EF-politikken og et bæredygtigt landbrug

1. Indledning

Den fælles landbrugspolitik i EF har fra starten haft til formål at sikre fødevarerforsyningerne og landmændenes indkomster. Det første mål er lykkedes næsten alt for godt, mens det sidste ikke er lykkedes tilfredsstillende.

Navnlig i 1980'erne har EF måttet kæmpe med overskuds- og budgetproblemer, men selv stigende udgifter til landbrugspolitikken har ikke løst indkomstproblemerne i landbruget. Og den øgede miljøbevidsthed har også bidraget til, at der blev rejst tvivl om den nuværende politiks hensigtsmæssighed. EF-kommissionens redegørelse fra 1991 om den fælles landbrugspolitik hidtidige tilstand og behovet for grundlæggende ændringer indeholdt således følgende konklusioner:

- De eksisterende prisgarantier fører i kraft af den direkte sammenkobling med produktionen til stigende produktion.
- Denne stigende produktion kan kun afsættes ved salg til interventionslagrene, som allerede er for store, eller ved eksport til et allerede overforsynet verdensmarked.
- Den indbyggede tilskyndelse til mere intensiv og større produktion, som den nuværende mekanisme indeholder, medfører stigende risiko for miljøet.
- Stadig stigende budgetomkostninger, som i vidt omfang skyldes et lille mindretal af landbrug, indebærer ikke nogen løsning på indkomstproblemet i landbruget i almindelighed.

På denne baggrund fremlagde EF's daværende landbrugskommissær MacSharry i juli 1991 et forslag til reform af EF's landbrugspolitik. MacSharry-forslaget kunne imidlertid ikke vinde tilslutning blandt alle EF-landenes landbrugsministre. Men efter forskellige kompromisforslag blev der i maj 1992 indgået forlig om reformen af den fælles landbrugspolitik i EF. EF-landbrugsreformens væsentligste bestemmelser og forventede produktionsmæssige og økonomiske konsekvenser for navnlig dansk landbrug omtales i det følgende.

Der er gode grunde til at forvente, at den vedtagne landbrugsreform er et første skridt på vejen mod en mere liberal landbrugspolitik. Den overordnede målsætning for de endnu ikke afsluttede GATT-forhandlinger under Uruguay-runden er, at de skal bidrage til en yderligere liberalisering og ekspansion af verdenshandelen på alle niveauer. Landbruget har været et af de helt centrale og varme områder i forhandlingerne.

2. Udviklingen i EF's landbrug

De vigtigste oprindelige mål for den fælles landbrugspolitik i EF kan læses i Rom-traktaten af 1957. Heraf fremgår det, at landbrugets produktivitet skulle øges, levestandarden på landet højnes, og markederne stabiliseres, således at der blev sikkerhed for forsyning, og forbrugerne fik adgang til at købe fødevarer til rimelige priser.

Tabel 1. Eksempler på udbyttetigninger i visse EF-lande i perioden 1970-90

	Tyskland		Frankrig		Italien		Holland	
	1970	1990	1970	1990	1970	1990	1970	1990
Korn, 100 kr/ha	33,4	57,9	33,8	60,7	26,9	38,4	37,6	69,3
Sukker, 100 kg/ha	60,2	69,3	67,4	95,1	38,0	55,7	63,2	98,6
Raps, 100 kg/ha	21,8	30,2	17,5	27,8	18,3	24,3	29,1	30,0
Mælk, kg/ko	3779	4803	3116	4559	2659	3557	4170	5783

Kilde: Landbruget i fremtiden. - EF-Kommissionen

Som vist i tabel 1 er der under den fælles landbrugspolitik sket

en betydelig produktivitetsstigning i EF-landenes landbrug i de sidste par årtier.

Det fremgår af tabel 1, at kornudbyttet pr. ha næsten er fordoblet i Frankrig og Holland, og i de samme 2 lande er mælkeydelsen pr. ko øget med op mod 50 pct. Herved er udbytteforskellene mellem landene i EF øget igennem den viste periode.

Det centrale i den tidligere fælles landbrugspolitik var prisgaranti. Landmændene fik en mindstepris for deres varer, selv om de blev solgt til EF's interventionsmyndigheder som overskud til oplagring, indtil de blev solgt til subventionerede priser på verdensmarkedet. Ved hjælp af denne prisstyrede støtteordning er EF blevet mere end selvforsynende for de fleste landbrugsprodukter, hvilket for udvalgte produkter er vist i tabel 2.

Tabel 2. Udviklingen i selvforsyningsgraden i EF for nogle udvalgte husdyrprodukter

	1973	1983	1990	1991	1992
Svinekød	101	101	104	104	104
Oksekød	85	105	114	115	111
Fjerkrækød	103	106	105	106	105
Mælk	101	124	115	113	109
Æg	99	103	103	102	102

Kilde: Landøkonomisk Oversigt 1993. - De danske Landboforeninger.

Som det fremgår af tabel 2, var der i begyndelsen af 1980'erne opbygget et meget betydeligt overskud af mælk. Efter indførelsen af mælkekvoteordningen i 1984 blev dette overskud reduceret betydeligt. Til gengæld har overskudsproduktionen af oksekød voldt stigende problemer.

Kornproduktionen i EF har i årene omkring 1990 ligget på 160-180 mio. tons, og da forbruget af korn ligger på godt 140 mio. tons, har der været et nettoeksportbehov på 20-40 mio. tons.

Hvis den tidligere fælles landbrugspolitik var blevet videreført, ville uligevægten på EF-markedet på vigtige produkter formentlig være blevet forværret i de kommende år. EF's landbrugsproduktion

steg nemlig med omkring 2 pct. om året, mens efterspørgslen enten er stagnerende eller faldende.

Samtidig med stigningen i landbrugsproduktionen er forbruget af indkøbte rå- og hjælpestoffer øget kraftigt. Forbruget af kvælstof og pesticider er i miljømæssig sammenhæng af særlig interesse.

Den her i kort form beskrevne udvikling er baggrunden for vedtagelsen af EF-landbrugsreformen.

3. EF-landbrugsreformens indhold

De væsentligste landbrugspolitiske ændringer findes på planteområdet, hvor produktprisstøtten til de såkaldte reformagrøder korn, oliefrø og bælgسэд erstattes af arealpræmier. En lignende ordning er indført for oksekød, hvorimod de nuværende ordninger for mælk og sukker stort set er uændrede.

For korn, som er krumtappen i landbrugspolitikken, vil de nugældende principper og instrumenter i pris- og markedspolitikken blev opretholdt. Men interventions- eller opkøbsprisen sænkes gradvis med ca. 30 pct. over en 3-årig periode frem til 1995, hvor opkøbsprisen vil udgøre ca. 90 kr. pr. hkg.

Med reformen opgives prispolitikken for oliefrøafgrøder (raps etc.) og proteinafgrøder (ærter etc.), således at verdensmarkedsprisen for disse produkter vil slå igennem i afregningen til landmændene.

Prisfaldet kompenseres gennem hektarpræmier, hvis størrelse for reformafgrøderne er fastlagt frem til 1995. (Se tabel 1).

De i tabellen anførte præmier gælder i den situation, hvor hele Danmark betragtes som én udbytteregion, hvilket er tilfældet for 1993. De enkelte medlemslande kan selv bestemme, om arealpræmien skal differentieres i forhold til høstudbyttet i de enkelte regioner.

Tabel 3. Hektarpræmier til reformafgrøderne, kr. pr. ha

	1993	1994	1995
Korn	1171	1641	2109
Oliefrø	3688	3688	3688
Proteinafgrøder	3047	3047	3047
Braklægning	2109	2672	2672

Der ydes kun hektarpræmie under forudsætning af, at der braklægges 15 pct. af det areal med reformafgrøder, som der søges støtte til. Undtaget er dog landbrugsbedrifter, hvis samlede areal med reformafgrøder udgør under 17,7 ha, og man afstår fra de højere præmier til oliefrø og proteinafgrøder.

Hvis det danske basisareal på ca. 2.035.000 ha overskrides, reduceres hektarpræmien tilsvarende i det pågældende høstår, og i det efterfølgende høstår pålægges en ekstra braklægningsforpligtelse, svarende til overskridelsen, men uden braklægningspræmie.

Der var i første omgang tale om braklægning i omdrift (rotationsbrak), og ifølge de danske bestemmelser skal det braklagte areal være dækket med græs. Allerede fra 1993/94 vil der blive mulighed for permanent braklægning, men i så fald skal braklægningsprocenten være 18 pct. i Danmark og England og 20 pct. i de øvrige EF-lande. I tilfælde af manglende harmoni mellem areal og antal husdyrenheder på animalske bedrifter, kan braklægningsforpligtelsen overføres til en anden landmand. Endelig skal nævnes, at reformens bestemmelser giver mulighed for at brakjord kan anvendes til dyrkning af non-food afgrøder.

For mejeriprodukter nedsættes interventionsprisen på smør med 2,5 pct. i 1993/94 og yderligere med 2,5 pct. i 1994/95, hvilket totalt betyder et prisfald på mælk på 2-3 pct. over de næste 3 år, som skal ses i relation til bortfaldet af medansvarsafgiften på ca. 1,5 pct. Den nationale mælkekvote forventes nedsat med 1 pct. i hvert af driftsårene 1993/94 og 1994/95.

For oksekød reduceres interventionspriserne med 15 pct. over 3 år, og samtidig forhøjes handyr- og ammekopræmien. De samlede udbetalinger vil imidlertid blive begrænset ved en kombination

af kvoter og intensitetskrav. Intensitetsloftet vil blive indført gradvist med maksimalt 3,5 storkreaturer pr. ha foderareal i 1993 for til slut at komme ned på 2,0 i 1996.

4. Ledsageforanstaltninger

Til reformen er knyttet en række ledsageforanstaltninger under overskrifterne landbrugs/miljø-programmet, støtte til skovbruget og førtidspensionering. Ifølge Trautner (1992) gælder følgende:

Landbrugs/miljø-programmet omfatter foranstaltninger såsom nedsættelse af forbruget af gødning og plantebeskyttelsesmidler, herunder omlægning til økologisk drift, ekstensivering af den vegetabiliske produktion, herunder omlægning fra markafgrøder til ekstensiv græsning, reduktion af kvæg- eller fårebesætningernes belastning pr. foderarealenhed, anvendelse af produktionsmetoder, som er bedre forenelige med beskyttelse af miljø og natur, vedligeholdelse af landbrugs- eller skovarealer, der er gået ud af drift, 20-årig braklægning til miljøvenlige formål (naturreservater, biotoper, beskyttelse af vandmiljøet), adgang for offentligheden, fritidsformål etc. For at få tilskud skal landmanden mindst binde sig for 5 år.

Støtte til skovbrugsforanstaltninger omfatter ændringer i de bestående ordninger med støtte til etablering og forbedring af skov. Ændringerne betyder øget medfinansiering fra EF til støtte ved etablering af skov, tilskud til vedligeholdelse af skov, udvidet tilskud til forbedringsarbejder, støtte til offentlig skovrejsning etc.

Førtidspension bliver frivilligt for medlemslandene. Støtten kan have form af førtidspensionspræmie, årlig godtgørelse uafhængig af arealet, årlig præmie pr. ha eller et tillæg til national pension. På tilsvarende måde kan der ydes støtte til arbejdstagere i landbruget.

5. GATT-forhandlingerne

Den overordnede målsætning for de endnu ikke afsluttede GATT-forhandlinger under Uruguay-runden er, at de skal bidrage til en yderligere liberalisering og ekspansion af verdenshandelen på alle niveauer. Landbruget har været et af de helt centrale og var-

me områder i forhandlingerne.

Efter lange og drøje forhandlinger fremlagde generaldirektør Dunkel i december 1991 sit forslag til en landbrugsaftale. Forslaget var et første skridt i retning af at skabe et fair og markedsorienteret handelssystem for landbrugsvarer i overensstemmelse med Uruguay-rundens formål. Det langsigtede mål er at gennemføre en substantiel reduktion i landbrugets støtte og beskyttelse på verdensplan for dermed at modvirke handelsforvridninger.

Dunkels forslag dannede grundlag for de aftaler, der blev opnået enighed om mellem EF og USA på et møde i Washington den 20. november 1992.

Aftalen mellem EF og USA omfatter to hovedområder, og ifølge Landbrugsrådet (1992) rummer aftalen følgende centrale elementer:

For det første har man aftalt den kompensation, som EF skal yde som følge af, at det såkaldte sojapanel i GATT har underkendt EF's oliefrøordning. Kompensationen består først og fremmest i, at EF's støtteberettigede oliefrøareal højst må udgøre godt 5,1 mio. ha, hvor det i 1992 var på ca. 5,5 mio. ha.

For det andet nåede man til enighed om nedennævnte centrale punkter i de ovenfor omtalte forslag til landbrugsaftale, som Dunkel fremlagde i december 1991.

Intern støtte. I GATT-aftalens 6-årige periode skal den interne støtte reduceres med 20 pct. Men parterne blev enige om, at såvel EF's hektar- og dyrepremier, som de amerikanske "deficiency-payments" betragtes som grøn støtte, der ikke udsættes for reduktion, og eventuelt kan denne støtteform forøges.

Markedsadgang. Der skal ske en tarifiering af de eksisterende importbegrænsninger, dvs. at importafgifter og anden -beskyttelse omlægges til told, som efterfølgende skal reduceres med 36 pct. Hertil kommer, at minimumsimportadgangen fastsættes til 3 pct. af det interne forbrug stigende til 5 pct.

Eksportstøtte. Budgetmidlerne til eksportstøtte skal reduceres med 36 pct. i løbet af en 6-årig periode. Samtidig skal ske en

reduktion af støtteberettigede mængder med 21 pct., hvorved grundlaget er den gennemsnitlige eksport i referenceperioden 1986-90. Da der for mange varer er sket en betydelig stigning i eksporten både i og efter referenceperioden, betyder det for flere varer, at reduktionen i forhold til det aktuelle niveau skal være langt større end 21 pct., og denne større reduktion skal finde sted allerede i det første aftaleår sammen med 1/6 af referencemængden.

Virningen af at begrænse EF's støttede eksport med 21 pct. i forhold til gennemsnittet af referenceperioden vil for korn betyde en reduktion på godt 11 mio. tons, hvilket svarer til 32 pct. af det aktuelle eksportniveau. Heraf skal reduktionen udgøre godt 6 mio. tons eller godt 17 pct. af den aktuelle eksport i det første aftaleår.

For okse-, svine- og fjerkrækød skal der ske en reduktion på omkring 40 pct. set i forhold til det aktuelle eksportniveau, mens osteeksporten skal reduceres med 35 pct., hvorimod smør og skummetmælkspulver ikke skal reduceres.

Det forekommer hverken praktisk eller politisk muligt for EF på kort sigt at begrænse produktionen, således at det voldsomme pres på EF-markedet kan lettes. Det vil derfor formentlig være nødvendigt at gennemføre en hurtig sænkning af EF's priser til verdensmarkedsniveau, hvorved kan man frigøre sig fra den mængdemæssige begrænsning af eksporten.

6. EF-reformen og bæredygtighed

Kravet om bæredygtighed i landbruget indebærer, at der i planlægningen og gennemførelsen af landbrugsproduktionen tages et helhedsorienteret hensyn til økonomi, miljø, økologi og etik. Mange aktuelle forskningsprojekter har som hovedtema, dels at belyse EF-reformens indvirkning på bæredygtighed, dels at gøre bæredygtighedsbegrebet operationelt.

EF-landbrugsreformens miljøpåvirkning er behandlet af Rude og

Stryg (1992). Generelt viser analyserne, at afvikling af prisstøtten vil medføre miljømæssige forbedringer i form af reduceret intensitet i produktionen og dermed et mindre forbrug af gødning og pesticider.

Den miljømæssige betydning af braklægning vil afhænge af braklægningsmetoden. Ud fra en miljømæssig synsvinkel bør permanent braklægning prioriteres fremfor braklægning i omdrift.

Sammenfattende konkluderer Rude og Stryg (1992), at EF's landbrugsreform rummer nogle positive miljømæssige elementer, men en "miljøreform" er der ikke tale om.

7. Afslutning

Landbrugsreformen indeholder elementer, som samfundsøkonomisk og miljømæssigt vurderet er forbedringer i forhold til den nuværende landbrugspolitik. Men de foreslåede systemændringer hæmmer en dynamisk udvikling og dermed EF-landbrugets konkurrenceevne på længere sigt.

En international liberalisering på landbrugsområdet vil betyde, at produktionens størrelse, sammensætning og geografiske fordeling bestemmes af komparative fordele inden for og mellem lande. Og det vil medføre en bedre ressourceudnyttelse, hvilket er en samfundsøkonomisk fordel. En liberalisering vil også have væsentlige positive miljømæssige effekter, da der må påregnes marginalisering af betydelige arealer, som navnlig ligger i miljøfølsomme områder.

Det er ikke her forsøgt at analysere, hvordan Landbrugsreformen eller en liberalisering kunne tænkes at påvirke landbrugets produktion og økonomi i de andre nordiske lande, hvis/når disse bliver medlemmer af EF. Det må dog umiddelbart vurderes, at Landbrugsreformens bestemmelser virker mildere i nogle geografiske områder, end en videreførelse af den hidtidige fælles EF-landbrugspolitik ville gøre. Hertil kommer muligheden for at få støtte fra EF's strukturfonde og via den såkaldte bjergdirektiv-

ordning, som retter sig mod landbruget i bjergområder, ugunstigt stillede områder og områder med særlige ulemper.

En liberal, markedsøkonomisk baseret landbrugspolitik vil givetvis forstærke "nedlæggelsen af landbrug fra landskab, hvor det er en integreret del af et eksisterende økologisk system, mens landbrugsproduktionen fortsat øges i regioner, hvor den intensive udnyttelse af arealerne allerede har passeret følsomme økologiske grænser". (Weinschenck, 1986). Men Landbrugsreformen opfattes med rette som bureaukratisk, planøkonomisk makværk, der har nogle uheldige samfundsøkonomiske virkninger på strukturudviklingen og ressourceudnyttelsen.

Den liberale økonomis fader Adam Smith opfattede økonomien som et selvregulerende system, hvor økonomien styres af markedsmekanismens "usynlige hånd", som bag om ryggen på individerne varetager den naturlige regulering af samfundsprocesserne.

Landbrugsreformens fader MacSharry opfatter økonomien som et reguleret system, hvor økonomien styres af bureaukratiets synlige hånd, som for øjnene af individerne varetager den unaturlige regulering af samfundsprocesserne.

Hvad skal man få foretrække: Markeds- eller planøkonomi?

Skal det være Adam Smith's usynlige hånd?
Eller MacSharry's meget synlige hånd?

Måske vil en tilbagevenden til tidligere tiders produktionsmoral give en tredje mulighed.

Kravet om bæredygtighed med vægt på både økonomi, miljø, natur og etik vil komme i centrum i 1990'erne. Men bæredygtighedsbegrebets krav til produktionsmoral er som en nøje kopi af den moral, der har behersket bondesamfundet overalt i verden (næsten) indtil de seneste årtier, skriver forfatteren Knud Sørensen (1991), som for at forklare det, genopfrisker lidt almen viden om bondekultur og bønder:

"Bønder har altid levet i et gensidighedsforhold til den omgivende natur - eller rettere: I et gensidig-

heds-forhold til det kulturlandskab, de som bønder har skabt omkring sig. De vidste, at der var bestemte grænser for, hvor langt man kunne presse jordens ydeevne, hvis den skulle bevares usvækket til glæde for ens egen fremtid og for kommende generationers. ... En bonde var én, der tænkte i et langt historisk forløb, og for hvem det enkelte slægtled "kun" var et forbindelsesled mellem fortid og fremtid. Bønder tænkte ikke i individer, men i slægter. Den engelske forfatter John Berger har defineret en bonde nogenlunde sådan: En bonde er én, der af fortiden føler sig forpligtet ud i fremtiden".

Måske ville det være godt for miljøet og fremtidige generationer, hvis vi alle sammen bliver bønder påny?

LITTERATURLISTE

Danmarks Statistik: Landbrugsstatistik, fl. årg.

Landbrugsministeriet (1991): Bæredygtigt landbrug. En teknisk redegørelse. 366 sider.

Rude, S og P.E. Stryg (1992): Landbrugsreformen og landbrugets miljøpåvirkning. - Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 5, side 15-45.

Stryg, P.E., K.Å.H. Poulsen, M.H. Knudsen og Frede Andersen (1991): "Fremtidsperspektiver for dansk landbrug". Skrifter fra Økonomisk Institut, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Studier nr. 28, DSR Forlag. 190 sider.

Stryg, P.E., N. Madsen, P. Olsen og N. Groes (1992): Forslag, forlig og fremtid - regionaløkonomiske regnestykker for dansk landbrug i EF. - AKF-rapport. 148 sider.

Sørensen, Knud (1990): Et landbrug som ingen har ønsket. - I: Knud Vilby: Mod bedre vidende. Hans Reitzels Forlag, side 58-61.

Trautner, Henrik (1992): EF's landbrugsreform - elementer og konsekvenser. -I: Landbrugsreformen og miljøet, Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 5, side 7-14.

Weinschenck, G. (1986): Der ökonomische oder der ökologische Weg? - Agrarwirtschaft, Heft 11: 321-327.

TEMA 1

TORSDAG-FREDAG 11--12 NOVEMBER 1993

Prof. Aarne Pehkonen och agronom Mika Hemming
Helsingfors universitet, Inst. för lantbrukets och hemmets teknologi
Box 27, 00014 Helsingfors universitet, Finland

Produktionspotential och marknadsmöjligheter av nya produkter - Energin ger volymen

Jordbrukets överproduktion är för tillfället i Norden liksom i de övriga västerländska industriländerna ett betydande problem. Detta är paradoxalt då globalt sätt ligger jordbruksproduktionens verkliga problem i bristen på mat. Befolkningen på jordklotet växer klart snabbare än möjligheterna att producera födoämnen och trycket på befolkningstillväxten hänför sig speciellt till områden, där det redan nu är brist på mat. Olika slags miljöförändringar synes dessutom försämra produktionspotentialen just på dessa samma områden. Kommande eller enligt vissa opinioner redan pågående klimatförändringar ändrar enligt prognoserna Nordens produktionsförhållanden i alla fall relativt sätt i en förmånligare riktning.

På grund av nyssnämnda omständigheter borde åkerarealen för att begränsa överproduktionen och annan produktionspotential minskas så, att den kan snabbt och med minimala kostnader när förhållandena så förutsätter ånyo tas i food-produktion. Denna strategi bör noga tagas i beaktande då man på operativ nivå fattar kortsiktiga beslut om produktions minskning.

Förutom produktionen av näringsämnen finnes det en hel grupp andra värden och attityder såsom estetiska, kulturella och miljömässiga faktorer som är förknippade med jordbruket och landsbygden. Också dessa faktorer, av vilka som centralast framstår kraven på att bevara öppet kulturlandskap samt omsorgen om miljöns tillstånd och naturens biodiversitet, bör kunna beaktas i samband med åtgärderna för att minska produktion. Dessa faktorer är tillsammans med jordbruksproduktionens lönsamhet på de olika delområdena i en nyckelställning ur hela landsbygdspolitikens synvinkel.

Utgångsläget i Norden

Jordbrukets produktionskapacitet i Norden mätt i åkerareal framgår ur tabell 1. Man bör observera, att åkerarealen är härvidlag i nyckelställning, för hela jordbruksproduktionen m.a.o även boskapsskötseln grundar sig på foder som producerats antingen på den egna gårdens åker eller på åker (eller bete) någon annorstädes.

Tabell 1. Åkerarealen i de Nordiska länderna och totalt i Norden 1000 ha år 1990

Land	Åkerareal	Träda och non-food växter	%
Danmark	2571	198	7,7
Finland	2544	478	18,8
Island	137	0	0,0
Norge	869	24	2,8
Sverige	2845	286	10,1
Totalt	8966	986	11,0

Produktionspotentialen har i många länder begränsats genom lagstiftning. Den stora trädesarealen i Finland beror på den s.k. tvångstrådan, som i allmänhet är 15 %, vilket procent-tal även motsvarar EG's begränsningsförslag. Under år med en genomsnittlig eller bättre skördenivå har denna begränsning ej varit tillräcklig, då för de centralaste produkternas del produktionen överstiger den inhemska konsumtionen med 10-20 %.

Situationen är den samma i de andra Nordiska länderna med undantag av Island. I Norden finnes det sålunda också försiktigt uppskattat sammanlagt 2,5 milj ha åker som ej behövs för livsmedelsproduktion inom Norden. Huvuddelen av denna åkerareal borde hållas i ett sådant tillstånd att den snabbt och billigt kan tagas i livsmedelsproduktion. Denna areal räcker till beroende på diet och arealens läge att ge mat åt ungefär 10 miljoner människor.

Utgående från nämnda målsättningar är en beskogning, inte strategiskt sätt det rätta alternativet för den åkerareal som frigöres från livsmedelsproduktionen. Slutavverkning i skogen är klart bakom den förutspådda tidsgräns och en felbedömning av åkerns användningsform, d.v.s. att genom röjning ånytaga skogen i bruk som åker är en dyr operation. Sålunda bör lösningen sökas från linjen non-food non-wood.

Alternativa non-food produkter

Åt växterna i den konventionella odlingen, både åt spannmålen och rotfrukterna, håller man på att söka nya användningsformer med hjälp av en långt gående fraktionering av skörden och vidareförädling av de härvidlag uppkomna råämnena. Redan nu använder pappersindustrin betydande mängder stärkelse som tilläggsämne. I husdjursproduktionen har de traditionella non-food användningsformerna varit dragkraft samt råämnen för beklädnads- och skoindustrin så som ull, pälsverk och skinn.

Nya intressanta växtbaserade produkter är bl.a. de själv-destruktiva bioplasterna samt förpackningsmaterialen som går att äta. Inom husdjursproduktionen är ett nytt intressant framtidsområde att med hjälp av s.k. transgenetiska djur producera hormoner som råvara för läkemedelsindustrin. Det är i princip möjligt att öka eller påbörja användningen av många nyssnämnda växt- och djurbaserade non-food produkter, men i praktiken finnes det många osäkra faktorer förknippade med deras användning. För de konventionella produkternas del är de främst ekonomiska och för de nyas del både forskningsmässiga, produktionstekniska och ekonomiska. Därför är en betydande ökning av dessa produkters användning inom den närmaste framtiden inte sannolik.

För de enskilda gårdarna är många s.k nischprodukter så som prydnads- och kryddväxter ett intressant alternativ. Till denna grupp kan även räknas åkerns användning för fritidstjänster så som golf och hästsport. Till samma grupp hör också många nyssnämnda framtidsprodukter. Nischområdenas lönsamhet beror väsentligen på produktutvecklingen och marknaden. Enbart med hjälp av dessa kan ej överloppsåkerns problem lösas, för även i bästa fall tycks de enskilda produkternas volymer nå en nivå på några tusen ha.

Lösningen på problemet bör därför sökas på basen av de verkliga volymprodukterna. Inom pappersindustrin finnes en klar marknadspotential för nya alternativa råämnena inom synhåll. Man förutspår att behovet av långfibrig armeringsmassa kommer att öka i takt med att användningen av returmassa och -papper ökar. Förutom den konventionella kemiska barrträdscellulosan kan armeringsmassa framställas av endel åkerväxter så som av lin och hampa.

Redan nu är det i Norden en tydlig brist på kortfibrig massa framst björkcellulosa som behöves vid framställning av högklassigt tryckpapper. På grund härav har bl.a. Finland importerat främst från Karelen (tidigare Sovjet-Karelen) under de senaste åren på årnivå nästan 7 milj m³ björk. Ett alternativ till den import som geografiskt kommer nära i från men politiskt och ekonomiskt från osäkra förhållanden är den s.k. agrocellulosan. Som råvara för agrocellulosan synes rörflen vara bäst lämpad då man beaktar såväl odlings- och papperstekniska egenskaper som pris. Man förutspår att odlingen av dessa kortfibriga växter enbart i Finland kan stiga till några tiotusentals hektar, som bäst till ca. 100.000 hektar då den första stora finpappersmaskinen som använder agrocellulosa tages i bruk.

Agrocellulosan fodrar vid sin sida dock en verklig volymprodukt. Många tecken tyder på, att bioenergin i detta hänseende är den enda produkten med tillräckligt stor potential. Under senare tid har man vid energiproduktionen vid sidan av priset och kanske mer än priset poängterat miljöeffekterna.

Bioenergin - stor marknadspotential ?

I den s.k. miljökonferensen i Rio, har de flesta länderna däribland de Nordiska förbundit sig att minska på koldioxidutsläppen. En utökning av kärnkraften, som effektivast minskar dessa utsläpp, tycks politiskt ej vara möjligt. Bl.a. Finlands riksdag avböjde i slutet av september industrins ansökan om det 5. kärnkraftverket. På grund av koldioxidutsläpp kan de fossila bränslenas användning ej utökas. Därför har intresset för bioenergi betydligt ökat för den är koldioxidneutral. På kort sikt kan luftens koldioxidhalt t.o.m. minska då den ökade biomassan binder större mängder av luftens koldioxid.

Också då man granskar jordbruksproduktionen som helhet utgående från den uthålliga utvecklingens princip framträder klart jordbrukets sjunkande energibalans och produktionens stora beroende av fossila bränslen. Därför är det också i jordbruket meningsfullt att öka den egna energiförsörjningen.

Energiväxter med kort kretslopp så som olika gräs- och höväxter på samma sätt som tidigare nämnda fiberväxter fyller kravet på att åkern snabbt kan ånyo tagas i livsmedelsproduktion. I detta hänseende kan de jämföras med mångåriga vallväxter. Vad beträffar näringsutsläppen och naturens biodiversitet är de rentav bättre än vanlig vall beroende på mindre odlings- och gödslingsbehov. Förädlingen av s.k. energiväxter har först nu börjat. Dessa växter borde innehålla kol och väte så mycket som möjligt. Ur energiproduktionens synvinkel fodras ingenting annat. Redan med nuvarande växter har man vid försök uppnått höga skördar, rentav 15 t/ha torrsubstans (Finlands Österbotten) vilkens energi-värde motsvarar ca. 6 ton olja. I följande uppställning finns hektarskördar (brutto) av potentiella energiväxter.

	GJ / ton ts	ton ts / ha / a	GJ / ha / a	toe / ha / a
Energigräs				
- rörflen	16,6	10,0	166,0	4,09
- timotej	17,6	5,5	96,8	2,38
- elefantgräs	17,0	15,0	255,0	6,28
Salix	19,5	12,0	234,0	5,76
Halm	15,5	2,5	38,8	0,95
Korn (säd)	17,0	5,0	85,0	2,09
Raps (frö)	27,6	2,0	55,2	1,36

Då man utgående från de nuvarande energiformerna granskar bioenergins potentiella marknadsvolym kan man på basen av tabell 2 dra följande slutsats. Den mängd bioenergi, storleksklass ca. 10 000 Ktoe, som kan produceras på överloppsåkerarealen (ca. 2,5 milj ha) förblir klart mindre än den fossila energin. Därför finns det i teorin för den åkerareal som frigöres från livsmedelsproduktionen en obegränsad användningspotential i form av bioenergi.

Tabell 2. Tillförsel av olika energiformer (1000 toe) i Norden

	Olja	Kol och koks	Gaser	Kärnkraft	Vattenkraft	Reprod.	Totalt
Danmark	7527	8134	1978	0	0	1096	18735
Finland	8383	4425	5796	4600	3155	5242	31601
Island	578	0	0	0	359	935	1872
Norge	6318	789	1737	0	9536	1017	19397
Sverige	12034	2027	2211	19318	5449	6035	47075
Totalt	34841	15375	11721	23918	18499	14325	118679

En omfattande användning av bioenergi förutsätter dock att den blir konkurrenskraftig med de fossila bränslena både vad beträffar pris och tekniska användbarhet. Man har försökt påverka pris-skillnaden genom att beskatta fossila bränslen (s.k. miljöskatt). På detta sätt är det möjligt att endast utjämna smärre skillnader. Tekniskt sätt har man kommit längst vid framställningen av bioetanol och -metanol av biomassa och biodiesel av oljeväxter. Deras pris blir dock högt. Därför är det mer sannolikt, att åt växtoljan hittas en lönsammare non-food användning i form av smörolja, tekniska specialoljor så som hydraulikolja samt alkoholer som bensinets syrebärande tilläggsämne, för priset på dessa produkter är mångdubbelt jämfört med motsvarande bränsle.

Det höga priset på nyssnämnda biobränslen beror i alla fall delvis på, att av växten användes vid energiproduktionen endast en liten del, kärnan eller fröet. Ett verkligt genombrott för biobränslen kan man vänta först sedan när hela växten kan transformeras t.ex. med hjälp av pyrolys i sådan form, att användningen av dessa är lika lätt som användningen av motsvarande fossila bränslen. Om detta lyckas, vilket är sannolikt, kan man använda bioenergin i de flesta befintliga oljepannor och också som bränsle i dieselmotor.

Små miljökostnader och alternativa kostnader - stora fördelar ?

Bioenergin tycks verkligen, så som det sägs i rubriken, bjuda på volym för non-food produktion. En omfattande användning av åkern för detta ändamål förutsätter dock ännu vidare utvecklings- och forskningsarbete. I detta sammanhang är det även befogat att kritiskt granska grunderna för de olika bränslenas lönsamhetskalkylerna. Nu är det ej längre tillräckligt att enbart räkna ut de tekniska produktionskostnaderna, då de olika bränslena påverkar miljön på mycket olika sätt. På samma sätt är deras inverkan på landsbygdens miljö och på dess existensmöjligheter och på detta sätt på infrastrukturen mycket differentials. Sålunda kan en jämförelse mellan de olika alternativen förutsätta, att man i kalkylerna måste beakta s.k. alternativa kostnader, d.v.s. de kostnader, som på sätt eller annat uppstår, i det fall att åt den åkerareal som frigjorts från livsmedelsproduktion ej hittas förnuftiga användningsformer.

Cand.agro. Michael Parsby
Statens Jordbrugsøkonomiske Institut
Toftegårds Plads
Gl. Køge Landevej 1-3
DK - 2500 Valby

Landbruget som energiproducent
- konsekvenser for landmand og samfund

Sammenfatning Landbruget har en lang tradition som energiproducent, som blev afbrudt ved fremkomsten af billige fossile energikilder. Fossil energi er fortsat billig, og bioenergi kan ikke konkurrere uden støtte eller afgiftslettelser. Fossil energi er pålagt afgifter, som begrundes med energiressource- og miljøhensyn.

Energibalancer viser, at selv om der medgår fossil energi til dyrkning mv, bliver nettobesparelsen betydelig og i visse tilfælde meget betydelig. Tilsvarende gælder for miljøbalancen, hvor der dog stadig er en række utilstrækkeligt belyste problemer.

For samfundet lyder det "enkle" spørgsmål, hvorvidt de positive energimæssige og miljømæssige nettoeffekter ved bioenergi, og i særdeleshed energiafgrøder, vurderes store nok til at yde de tilskud/afgiftslettelser, der er nødvendige for at gøre dyrkning af bioenergi tilstrækkelig økonomisk attraktiv for landmændene.

**Energi-
balance**

Ved planteproduktion bindes en del af solens "gratis" energi i plantematerialet, men produktionen koster direkte energi i form af dieselolie til traktorer samt indirekte energi til produktion af eksempelvis kunstgødning.

Energibalancen udtrykker, hvor megen energi der produceres i forhold til den tilførte energi. Forskellige produkter og inputs sammenvejes ved deres energiindhold i Joule. En svaghed ved energi-

balancen er, at den ikke uden videre tager hensyn til de forskellige energiformers kvalitet. Man kan populært sige, at "æbler og pærer" sammenvejes.

Energibalancen ved den primære planteproduktion er generelt meget positiv. Ved udnyttelse af overskudshalm, som kun belastes af energiforbruget til bjærgning, er forholdet mellem udbytte og indsats op imod 100. Almindelige landbrugsafgrøder har en energibalance på ca. 10, når både halm og kerne/frø medregnes, og ca. 5 for kerne/frø alene. Energibalancen er noget bedre, op mod 20, for energiafgrøder, såsom elefantgræs og pil.

Udnyttelse af bioenergi forudsætter imidlertid, at energiindholdet i plantematerialet konverteres til nyttig energi. Anlæg og drift af konverteringsanlæg medfører et energiforbrug, ligesom nettoenergiudbyttet reduceres ved konverteringstab.

Energiforbruget til konvertering er ubetydeligt ved direkte forbrænding af biomasse, mens tabet ved små og mindre effektive anlæg kan være af betydeligt omfang. Eksempler kan være åbne pejse og ældre manuelt fyrede halmfyr, hvor tabet let kan udgøre 50 pct.

Ved moderne anlæg er tabet reduceret, så det ikke er større end ved anlæg til fossile energikilder, men konverteringen er lidt mere energikrævende. Tilsvarende gælder for anlæg til kombineret el og varmeproduktion.

Biomasse kan udnyttes til produktion af flydende brændstoffer til motordrift. Energibalancen reduceres afhængig af den valgte biomasse og konverteringsproces.

Rapsoliemethylester (RME) produceres ud fra rapsfrø ved presning og efterfølgende methylering. Energibalancen er knap 3, når energiværdien af biprodukter og halm medregnes. Uden biprodukter og halm reduceres energibalancen til ca. 1,3.

Energibalancen ved ethanolproduktion varierer fra ca. 3,3 ved traditionelle stivelsesbaserede processer, til 5 til 10 ved nyere processer til helsæd eller pil. Baseret på overskudshalm bliver energibalancen ved sidstnævnte processer ca. 50.

Det kan konkluderes, at energibalancen ved udnyttelse af bioenergi generelt er positiv. Dette gælder især, når energiværdien af hele afgrøden medregnes. Energibalancen er bedre for de flerårige energiafgrøder end for traditionelle landbrugsafgrøder, forudsat de forløbige udbytteskøn holder. Udnyttelse af overskudshalm har en meget positiv energibalance.

Miljø- balance

Miljøbalancer er endnu vanskeligere at opgøre end energibalancer, idet der er tale om såvel lokale, regionale som globale miljøpåvirkninger af jord, luft og vand.

De hidtidige undersøgelser har fokuseret på nogle få meget usikkert bestemte påvirkninger, og der savnes såvel grundlæggende som mere brede overordnede undersøgelser.

Blandt de to væsentligste aktuelle miljøemner er nedbrydning og fortynding af ozonlaget på grund af stigende udledning af CO₂ og andre drivhusgasser samt forøget nitratmængde i grundvand, vandløb, søer mv.

Bioenergi er fra naturens hånd CO₂-neutral, idet planterne optager lige så meget CO₂ som der frigives ved forbrænding. Som nævnt under energibalancer er der imidlertid et energiforbrug, og dermed et CO₂-udslip, forbundet med planteproduktion, høst og konvertering af bioenergien.

CO₂-udledningen udgør ca. 2,5 kg pr. liter benzin og 2,83 kg pr. liter dieselolie, incl. tab og forarbejdning.

Ved energibalancen er det beregnet, hvor meget fossil energi (GJ) der medgår ved produktion af bioenergi (GJ). (Substitutionsfaktoren).

Energiindholdet i benzin er højere end i ethanol, ca. 1,5 gange. Motorforsøg har vist, at energiudnyttelsen ved iblanding af op til 10 pct. ethanol forbedres, så der kun skal anvendes 1,2 liter ethanol til at erstatte en liter benzin. Dette skyldes blandt andet ethanols højere oktantal. Dagens benzinmotorer er generelt bygget til relativ lavoktan benzin, og erstatningsforholdet kan muligvis forbedres til

0,9 ved nykonstruerede motorer. For RME regnes med et merforbrug (liter) på 8 - 12 pct.

CO₂-besparelsen ved anvendelse af biomasse til ethanol kan beregnes til ca. 40 pct. for traditionelle stivelsesbaserede processer, ca. 90 pct. for nye processer baseret på helsæd og op til 99 pct. ved nye processer med overskudshalm som råmateriale. For RME udgør besparelsen ca. 50 pct.

En anden væsentlig drivhusgas er N₂O, som angives at have en drivhusvirkning der er 270 gange højere end CO₂. N₂O dannes ved mikroorganismers omsætning af kvælstofgødning i jorden. Der er nogen uenighed om omfanget af denne omdannelse, og der nævnes værdier fra 0 og helt op til 5 pct. af den tilførte kvælstofgødning. En væsentlig usikkerhedsfaktor er den naturlige baggrundsemission.

Regnes der med, at 1 pct. af kvælstofgødningen omsættes til N₂O, og omregnes til CO₂ ækvivalenter, betyder det, at CO₂-fortrængningen ved bioethanol reduceres med ca. 17 pct. for konv. stivelsesproces, ca. 7 pct. for ny proces med helsæd som råmateriale og 0 for halmbaserede processer. For RME er reduktionen mere alvorlig, og udgør over 40 pct. af CO₂-fortrængningen.

Dyrkning af energiafgrøder på de udtagne arealer betyder, at udvaskningen af kvælstof fra jorden øges i forhold til braklægning. Da samfundet ønsker udvaskningen fra landbruget reduceret, og der i den forbindelse tales om kvoter og afgifter på gødning, kan braklægning betragtes som en mulighed for landmanden til at imødekomme samfundets ønsker.

Økonomi

EEC udtagningsordningen har betydet, at landmandens dyrkede areal reduceres med 15 - 18 pct. Samtidig sænkes produktpriserne gradvis til WM-niveauet. Selv om der ydes en kompensation, oplever især de planteproducerende landmænd et negativt indkomstpres.

Ud over det direkte indkomstpres oplever landmændene negative effekter, fordi maskinparken er tilpasset et større areal, ligesom mængden af indtjeningsgivende arbejdstimer reduceres ud over den

reduktion der skyldes produktivitetsudviklingen.

Mange landmænd er derfor interesserede i de muligheder, som EEC-ordningerne åbner for non-food produktion på de udtagne arealer.

En naturlig, men af og til overset, forudsætning for en sådan produktion er, at produktionen på ikke alt for langt sigt giver fuld omkostningsdækning samt mulighed for en rimelig fortjeneste.

Prisen for overskudshalm leveret til danske varme- og kraftvarmeværker udgør normalt ca. 450 kr. pr. ton. Denne pris dækker de gennemsnitlige omkostninger samt en mindre fortjeneste/betaling for råvaren, på ca. 50 kr. pr. ton.

Ved et udbytte på eksempelvis 3 ton pr. hektar svarer det til 150 kr. pr. hektar. Landmanden skal således ikke påføres ret mange ulemper, før fortjenesten ændres til et tab.

Ved meget effektive og billige bjærgnings, lagrings- og transportsystemer kan omkostningerne muligvis reduceres til 300 - 350 kr. pr. ton.

Energiafgrøder bliver dyrere end overskudshalm, idet de yderligere belastes med dyrkningsomkostninger. Omkostningerne forventes at blive ca. 500 - 700 kr. pr. ton halmækvivalent. Dertil kommer som før nævnt fortjeneste, risikodækning mv.

Etablerings- og retableringsomkostningerne ved flerårige energiafgrøder er ofte så store, at der kræves mange års produktion og indtjening, før afgrødernes økonomiske nuværdi bliver positiv.

I visse områder kan energiafgrøder have en særlig værdi, det gælder eksempelvis i områder med stor husdyrtæthed, hvor afgrøderne kan aftage husdyrgødning.

For samfundet lyder det "enkle" spørgsmål, hvorvidt de positive energimæssige og miljømæssige nettoeffekter ved bioenergi, og i særdeleshed energiafgrøder, vurderes store nok til at yde de tilskud/afgiftslettelser, der er nødvendige for at gøre dyrkning af bioenergi tilstrækkelig økonomisk attraktiv for landmændene.

NJF Seminarium nr 236

Abstract

Allan Johansson, professor och Kai Sipilä, professor
Statens tekniska forskningscentral (VTT)
P.O.Box 205
FIN-02151 Espoo
Finland

**Hur mycket kan väntas från energimarknaden i förhållandet med non-food produktion.
Användningspotential av olika biobränslen.**

Jordbruket i Europa står inför en omfattande strukturförändring. I Finland förväntas ca 1 miljon hektar odlingsareal friställas från livsmedelsproduktionen, i Europa är motsvarande siffra 20 - 30 miljoner hektar. Landskapsmässiga hänsyn samt strävan att bibehålla en levande landsbygd talar för agrara non-food lösningar där produktionen i görligaste mån kan integreras i den traditionella lantbruksstrukturen. Skogsplantering på röjd åkermark, för vilken för övrigt bara delar av arealen lämpar sig, motsvarar inte till fullo dessa krav.

En på sikt hållbar alternativ lösning bör givetvis syfta till en gradvis förminskning, och ett slutligt upphävande av statsunderstöd för ifrågavarande non-food produktion.

Redan i detta skede står det klart enbart energimarknaden- elektricitetsproduktion, bränsleproduktion och produktion av motorbränslen- är stor nog att utan större störningar absorbera de mängder materia det här är frågan om. Samtidigt bör det understrykas att även om de potentiella materiemängderna är stora står de inte för något märkbart tillskott för energiförsörjningen, i Finland motsvarar de potentiella mängderna biobränsle (från något under en miljon hektar åkermark) ungefär 1 - 3 Mtoe/a då den totala energiförbrukningen rör sig kring 30 Mtoe/a (varav 14 - 17 % redan nu utgörs av biobränslen främst i anslutning till skogsindustrin).

De lösningsmodeller man eftersträvar bör vara sådana att de kan omsättas i praktiken relativt snabbt utan större tilläggsinvesteringar, alltmedan ett pågående forsknings och utvecklingsprogram tillåter en gradvis utökning av och övergång till värdefullare energiprodukter.

VTT har under de senaste åren varit aktivt engagerad i utvecklandet av tekniska alternativ för agrar non-food produktion. Målet har varit att utveckla metoder där en avancerad elektricitetsproduktion kopplas till produktion av högvärdiga motobränslen samt agrofibrer för pappersproduktion, till en ekonomiskt fungerande "biorefinery" helhet.

Preliminära beräkningar ger vid handen att ett sådant koncept kunde tillåta en omDispositionering av de nödvändiga 700 000 ha åkerjord till non-food produktion redan före 2030.

Ulf Sonesson
 Institutionen för Lantbruksteknik
 Box 7033
 750 07 Uppsala

Energianalyser av bibränslen från höstvet, raps och salix.

Bakgrund

Fördelarna med att använda bibränslen är uppenbara. Inga nettoutsläpp av koldioxid, väldigt lite svavelutsläpp och låga utsläpp av de flesta miljöstörande ämnen. Dessutom är bibränslen ett inhemskt, ofta lokalproducerat bränsle. Detta innebär ökad sysselsättning, främst på landsbygden. Det finns många fördelar, men man måste analysera odlingssystemen med avseende på energi för att allsidigt kunna bedöma bibränslenas värde, det finns dock en del problem förknippade med denna analys.

Det första problemet är att det finns flera olika analysmetoder, exempelvis input-output metoden, energianalys, processanalysmetoden vilken är den jag använt samt säkerligen några till.

Problem nummer två är att det inom varje metod inte finns några fasta praxis för hur man ska hantera alla indata. Dessa problem gör att det är svårt att jämföra analyser gjorda av olika personer, man måste räkna om en hel mängd data för att få jämförbarhet. Det vore önskvärt med någon form av standardisering på området. Det är därför mycket svårt att säga vad som är "sant", så sättet att använda energianalyser bör vara som jämförelser mellan olika system som analyserats enligt samma metod, relativa tal alltså.

Det jag anser vara den största bristen i tidigare analyser jag läst är framför allt att energiinsatsen i form av maskiner har lagts på i slutändan som ett schablonmässigt påslag.

Processanalys

Processanalys kallas alltså den metod jag använt för mitt arbete. Den går ut på att varje ingående produkt, både insatsmedel och maskiner, analyseras med avseende på den energi som åtgått vid tillverkningen. Denna analys följer produkten bakåt genom produktionskedjan ända till råmaterialen i gruvan eller vad det kan vara. Energiinsatsen i hela kedjan anses vara vad produkten har för energiinnehåll.

När det gäller insats av drivmedel har summan av det kalorimetriska värmevärdet och energiinsatsen i alla led, enligt ovan, betraktats som energiinnehållet i bränslet. Exempelvis har dieselolja ett energiinnehåll på 50,3 MJ/kg. Detta beroende på att det går åt 8,7 MJ för att pumpa upp, transportera och raffinera ett kg dieselolja.

Metod

Mitt arbetssätt har varit att jag beskrivit ett specifikt fält och antagit alla förutsättningar för energiodlingssystemet som krävs för att kunna beräkna insats och utbyte av energi. Dessa förutsättningar rör form, storlek och placering av fältet, detta för att kunna räkna ut maskintider för alla moment i odlingen.

Jordart, pH och näringstillstånd behövs för att kunna uppskatta mängden gödsel som behövs. Gödslingen är enligt Odals växtodlingsrådgivare vad gäller raps och höstvet, enligt energiskogsrådgivare för salix.

Tidsåtgången för alla maskinoperationer beräknades med hjälp av tidigare gjorda tidsstudier inom lantbruket. När jag beräknat alla maskintider kunde jag genom att anta maskinernas livslängd samt att jag kände till energidensiteten (MJ/kg maskin) och vikten beräkna mängden energi som skulle belasta analysen. M.a.o hur stor del av energin som åtgått i tillverkningen av maskinen förbrukas i just detta system. Energimängderna i insatsmedel såsom gödsel, bekämpningsmedel och dylikt var enklare, mängd per hektar gånger energiinnehåll per kg gav energiåtgång per ha. Siffrorna på energidensiteten fick jag dock jaga rätt på i olika källor inom litteraturen.

När alla insatser var beräknade var det bara att beräkna de olika mått på systemens effektivitet som jag sökte.

Förutsättningar

De viktigaste förutsättningarna var:

I allmänhet gynnsamma förutsättningar, stort fält, ganska korta avstånd till användarna av produkten samt bra jord, mellanlera i Östergötland.

För övrigt bör nämnas att vid val av systemlösning har inte alltid den energieffektivaste lösningen valts, min målsättning har varit att försöka beskriva odlingssystem som är eller kommer att vara trolig. Detta har inneburit bland annat att de flesta transporter sker med traktor och vagn istället för lastbil, trots att lastbilstransport är energieffektivare. Det är dock troligt att brukaren vill få sysselsättning i företaget samt att det är ekonomiskt fördelaktigt att använda egna maskiner intensivare.

Ett annat viktigt antagande har varit att produktionen av energi har beräknats när produkten har transporterats till användaren men innan den omvandlas till någon användbar form såsom värme eller mekaniskt arbete. Som energiinnehåll anges effektiva värmevärdet.

Avgränsningarna har varit att insats av mänskligt arbete ej har medräknats, ej heller byggnader.

RESULTAT

Insatser

När man beräknat alla insatser och vet avkastningen av de olika produkterna är det lätt att beräkna diverse kvoter och skillnader som beskriver odlingen ur en energisynpunkt. Det första jag gjorde var att bilda kvoten rakt av mellan utbyte och insats. Detta ger en uppfattning om effektiviteten hos systemet. Kvoten som mått på systemet har dock brister då alla insatser inte medräknats såsom solenergin.

För att kunna bedöma även detta har jag beräknat något jag kallat energiöverskott, m.a.o hur många MJ/ha systemet genererar per år. Detta mått är mera en beskrivning av potentialen hos systemet att leverera energi från en viss areal. Det tredje sättet jag analyserat resultaten på är att jag försökt beräkna en form av "drivmedelskvot" och "drivmedelsöverskott". dessa mått på systemen anser jag vara av stort intresse då transportsektorn i Sverige till drygt 85% är beroende av fossila bränslen. Då dessutom elbilarna ser ut att vänta på sig finns det än större anledning att intressera sig för fordonsbränslen från biomassa.

Metoden för att få fram dessa mått har varit att beräkna insatsen av fordonsbränslen och elektricitet och vägt mot mängden erhållet drivmedel. Energin i handelsgödsel kan betraktas både som fordonsbränsle och värmeenergi. I dagens gödselmedelsindustri används naturgas eller olja, men teoretiskt går det att använda bibränslen. För att komma runt denna fråga har jag valt att presentera resultaten både med och utan energiinsatsen i handelsgödsel.

Avkastning

När man ser dessa resultat så inser man att det inte är någon lätt sak att säga vilket biobränslesystem man ska satsa på. Rent kvotmässigt borde man satsa på salix för värmeändamål, även energiöverskottet är bäst för detta system. Om man vill ha ett fordonsbränsle ligger ju rapsolja bäst till om man studerar energikvot och energivinsten, om man däremot bara tittar på bränsleknoten kanske det är bäst att satsa på etanol från höstvetete eller etanol från salix.

Med andra ord är det beroende på de specifika förutsättningar man har att ta hänsyn till vid varje beslut som måste vara avgörande för beslutet.

Sammanfattningsvis kan man dock säga att alla system måste effektiviseras för att bli konkurrenskraftiga i framtiden.

Tabell 1. Energikvot, Energiöverskott/ha, Drivmedelskvot och drivmedelsöverskott/ha för de olika odlingssystemen. Siffrorna inom parentes anger resultatet om energin i handelsgödseln ej räknas som drivmedel.

Odlingssystem	Energikvot	Energiöver- skott/ha MJ/ha	Drivmedels- kvot	Drivmedels- överskott MJ/ha
Salix för värme- produktion	19,3	141 000	-	-
Salix för etanol- produktion	1,82	63 000	1,8 (2,1)	16 000 (19 000)
Rapsolja, kallpressad	3,08	50 000	1,1 (1,8)	3 000 (12 000)
Rapsolja, förestrad	2,74	47 000	0,96 (1,4)	-1 000 (7 000)
Vete för etanol- produktion	1,25	15 000	1,7 (2,2)	19 000 (26 000)
Vete för värme- produktion	3,79	70 000	-	-

SALIX:

- ☒ Sex omdrev a' fyra år plus etableringsår
 - ☒ Mekanisk ogräsbekämpning
 - ☒ Direktflisning
 - ☒ Skörd 10 ton TS/ha och år, skördas med 50% VH
 - ☒ Etanoltillverkning i central anläggning, transport med lastbil, 75 km
-

RAPS:

- ☒ Höstraps, konventionell odling
 - ☒ Skörd 2800 kg/ha vid 18% VH, Varmluftstorkning
 - ☒ Kallpressad olja används på gården
 - ☒ Förestring sker vid central anläggning, 50 km bort
 - ☒ Rapskakan används som bränsle
 - ☒ Halmbärgning för energiändamål vart femte år
-

SPANNMÅL:

- ☒ Höstvete, konventionell odling
- ☒ Skörd 5600 kg/ha vid 18% VH, varmluftstorkning
- ☒ Etanoltillverkning sker vid central anläggning, 100 km bort
- ☒ Dranken torkas och används som foder
- ☒ Halmbärgning för energiändamål vart femte å

INSATSER, MJ/HA SAMT FÖRDELNING I PROCENT

Insats	Salix, värme		Salix, etanol		Rapsolja, rå		Raps, RME		Vete, värme		Vete, etanol	
	MJ/ha & år	%	MJ/ha & år	%	MJ/ha & år	%	MJ/ha & år	%	MJ/ha & år	%	MJ/ha & år	%
Handelsgödsel	3 200	41	3 200	4	9 300	38,5	9 300	34,5	7 450	30	7 450	12
Diesel	1 700	22	1 700	2	10 350	43	10 350	38	10 500	42	10 500	16,5
Maskinenergi	800	10,5	800	1	2 750	11,5	2 750	10,5	3 400	13,5	3 400	5,5
Övrigt	2 050	26,5	71 650	93	1 750	7	4 650	17	3 700	14,5	42 100	66
Summa (MJ/ha & år	7 750		77 350		24 150		27 050		25 050		63 450	

RESULTAT

		Energi i prod. GJ/ha	Insatt E i systemet GJ/ha	Kvot	"Energi vinst" GJ/ha	Insatt E i drivmedel GJ/ha	Erhållen E i drivmedel GJ/ha	Drivm. kvot	"Drivm. vinst" GJ/ha
Salix	Värme	149	7,7	19,3	141,3	-	-	-	-
	Etanol	140	77	1,82	63	21 (18)	37	1,8 (2,1)	16 (19)
Raps	"Rå"	74	24	3,08	50	24 (15)	27	1,1 (1,8)	3 (12)
	0 RME	74	27	2,74	47	27 (19)	26	0,96 (1,4)	-1 (7)
H-Vete	Etanol	79	63	1,25	15	28 (21)	47	1,7 (2,2)	19 (26)
	Värme	95	25	3,8	70				

Karen Refsgaard
Institutt for økonomi og samfunnsfag
Norges landbrukshøgskole
Postbok 5033
N-1430 Ås

Energieffektivitet på økologiske og konventionelle mælkebedrifter.

1. Indledning

Baggrunden for at undersøge energieffektiviteten er primært anvendelsen af fossil energi. Energiressourcer i form af fossilt brændstof forurener luften med SO₂, NO_x og CO₂ ved afbrændingen. For at mindske forureningen fra landbrugsdrift er det nødvendigt at have kendskab til, hvordan de mest energikrævende processer kan effektiviseres. Energi i denne form er en knap ressource, som i fremtiden kan blive "begrænset" i mængde og derfor også kostbar. For at forudsige og medvirke til en nødvendig tilpasning af det fremtidige forbrug til den fremtidige produktion er det nødvendigt at kende størrelsen af energistrømme i det økonomiske system.

For at ivaretage de miljøproblemer, der er forbundet med brug af fossilt brændstof bør vurderinger af selvstændige økonomiske enheder på længere sigt ikke kun omfatte traditionelle driftsøkonomiske analyser. De bør i tillæg omfatte vurderinger af miljøbelastninger og ressourceudnyttelse gennem f.eks. næringsstof- og energiregnskaber. Her igennem kan gives et grundlag for at tage hensyn til de eksterne omkostninger, som ikke er omfattet af det økonomiske system i dag.

Økologisk landbrug er et eksempel på et produktionssystem, som i sine målsætninger og driftsmetoder bevidst lægger egne rammer for at mindske den negative miljøbelastning og reducere ressourceforbruget.

Formålet med mit projekt omfatter derfor flg. forhold:

- kortlægge energiindsatsen og relatere den til produktmængderne på økologiske og konventionelle gårde ved "Helaarsforsøgene"
- beskrive energistrømme og -omsætning på en landbrugsbedrift
- estimere essentielle faktorer og forhold for energieffektiviteten
- udvikle modeller for beregning af energieffektivitet i mælkeproduktion
- estimere effekter ved omlægning til økologisk landbrug

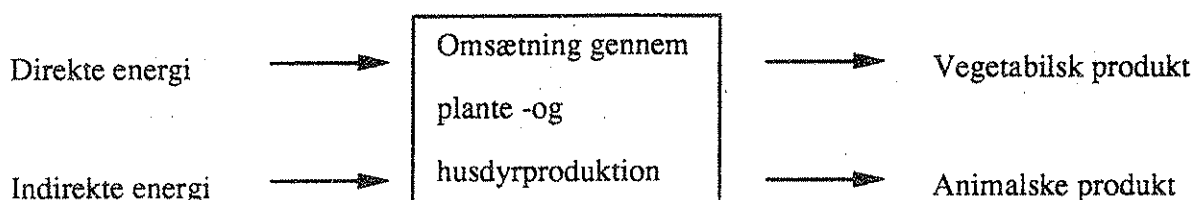
I dette indlæg vil jeg gennemgå hovedprincipperne for beregning af energiindsatsen på en kvæggård. Dette følges op af et eksempel på et energiregnskab for produktionsgrenen korn. I eksemplet fokuserer jeg specielt på den direkte energiindsats og forholder mine resultater til standardtal.

2. Materiale og metode

2.1 Principper

En gårds energieffektivitet udtrykkes ved forholdet mellem indsat energi og produceret mængde. * Med energi menes herefter altid fossilt brændstof. F.eks. er elektricitet i Danmark primært fremstillet på basis af kul og skal derfor medregnes som energiindsats, mens den i Norge er fremstillet på basis af vandkraft og derfor ikke er en fossil brændstofkilde. I figur 1 er det illustreret, hvordan energiindsatsen indsættes via en direkte og en indirekte del, omsættes på gården gennem plante- og husdyrproduktion og sælges fra gården i form af vegetabiliske og animalske produkter.

Den direkte energiindsats omfatter den energimængde som forbruges på gården, dvs. i hovedsagen energi til maskinoperationer, staldfunktioner samt tørring og vanding. Den indirekte energiindsats omfatter den "skjulte" energi, dvs. den mængde fossil brændstof som er forbrugt udenfor gården til fremstilling af indsatsmidler.



Figur 1: Energistrømme til og fra en kvæggård

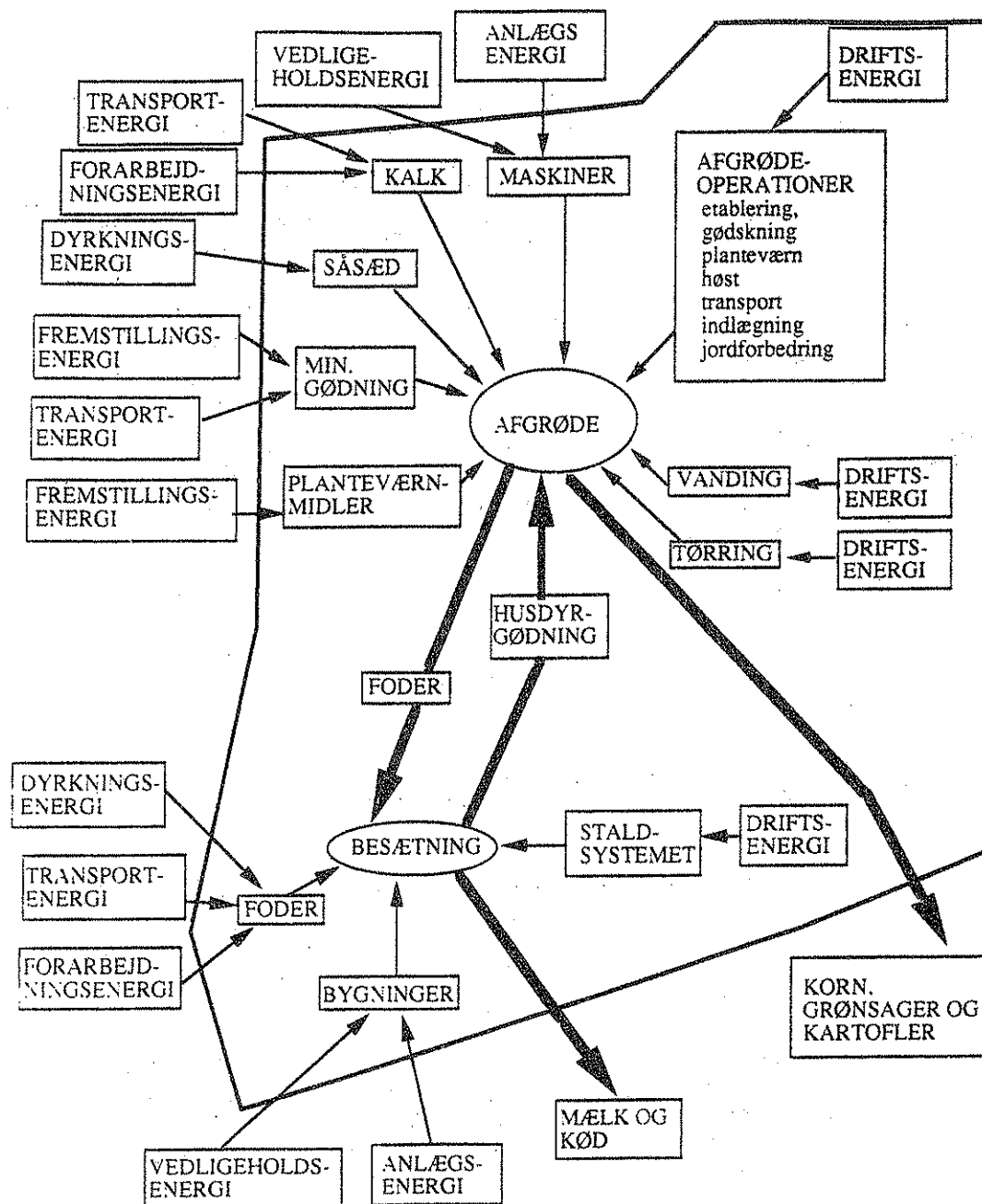
I figur 2 er det vist, hvorfra energiindsatsen hidrører, hvordan den omsættes indenfor og mellem de enkelte produktionsgrene samt hvilke produkter, som omsætningen resulterer i. Den direkte energiindsats til planteproduktionen omfatter dieselolie o.l. til afgrødeoperationer. Videre omfatter den dieselolie, elektricitet og gas til vanding og tørring af afgrøder. Udover den afgrødespecifikke energiindsats medgår der driftsenergi i form af elektricitet til staldfunktioner.

Den indirekte energiindsats er for afgrødernes vedkommende hovedsagelig indeholdt i den mineralske gødning, desuden er mindre mængder indeholdt i såsæd og planteværnmidler. Besætningen forbruger indirekte energi primært i form af foder. Derudover er der energi gemt i kalk, dræning, maskiner og bygninger. Indsatsen til bygninger bekostes af besætningen mens den for de øvrige fordeles mellem afgrøderne efter arealandel. Der kan ligge forskellige energikilder til grund for den indirekte del af energiindsatsen, f.eks. er naturgas en vigtig energikilde ved fremstillingen af mineralsk gødning.

Imellem produktionsgrenene foregår der en overførsel af hovedsagelig foder fra planteproduktionen til mælkeproduktionen og vice versa for husdyrgødning.

Da landbruget primært producerer fødevarer er det denne nytte som energiindsatsen relateres til. Imidlertid er det ikke kun det energimæssige aspekt som forbrugerne lægger til grund ved valget af fødevarer; ernæringsmæssige forhold, variation, prisforhold m.v. er også af stor betydning. Produktionsmængden målt i kg, anføres derfor som en produktkurv bestående af mængde afgrøder til modenhed, grønsager og kartofler samt mælk og kød, hvilket svarer til de produktionsgrene, hvor salg forekommer. Et samlet udtryk for hele produktionen udtrykkes igennem mængden, målt i humane fe, af fordøjelig energi for mennesket.

* Med energi menes herefter altid fossilt brændstof.



Figur 2: Energiomsætning på en kvæggård

2.2 Materiale

I det foreliggende arbejde er der i videst mulig forstand brugt empiriske tal. Tallene er baseret på registreringer fra 14 økologiske og 17 konventionelle helårsforsøgsgårde ved Helaarsforsøgene, Statens Husdyrbrugsforsøg i Danmark. Registreringerne giver oplysninger om indsatte stofmængder og produktmængder målt for hver enkelt produktionsgren på gårdene.

Den indirekte energiindsats anvendt til de enkelte indsatsmidler er beregnet ud fra oplysninger om reelt forbrug fra de pågældende fremstillingsvirksomheder m.v. for indsatsmidlerne, se Refsgaard (1992). Gårdenes forbrug af indirekte energiindsats er beregnet ud fra oplysninger om indsatte mængder og multipliceret med før nævnte forbrug af energi pr. mængdeenhed.

For den direkte energiindsats på gården er der taget udgangspunkt i de faktiske forhold, dvs. ud fra oplysninger om forbrugte energimængder for hver enkelt gård. Energiindsatsen kan dog ikke henføres til de enkelte produktionsgrene, og der er derfor anvendt standardtal til fordelingen. Standardtallene er hovedsagelig baseret på Pick et al. (1989), Nielsen og Larsen (1991) samt Nielsen (1991 og 1992) som giver oplysninger om forbrug af energi for de enkelte markoperationer. De nævnte datakilder stammer både fra direkte målinger af dieselolieforbruget pr. ha ved markoperationer for specifikke afgrøder og fra nogle indirekte beregninger. Standardtallene er for hovedpartens vedkommende relateret til arealet, men for høst af afgrøder med lavt tørstofindhold i form af græs og helsæd er de relateret til produktmængden. Energiindsatsen til tørring og vanding er relateret til producerede mængder h.h.v. indsatte vandmængder og er baseret på oplysninger fra Birkjær (1991) og Høy (1991).

Standardtallene er individualiseret ud fra oplysninger om produktionssystem, udbyttmængder, arronderingsforhold, vandingsforhold, tørringsmuligheder, brug af maskinstation, maskiner til udbringning af husdyrgødning samt enkelte typer af afgrødeoperationer. For at tage hensyn til transport med maskiner indenfor gården er der således beregnet en transportfaktor.

Transportfaktoren er beregnet ud fra køreafstand mellem bygninger og mark. Standardtallene forudsætter en køreafstand på 500 m og er dette tilfældet for den enkelte gård sættes transportfaktoren til 1, mens større afstande resulterer i faktorer over 1 (jvf. Kudsk-Jørgensen, 1991). Den multipliceres med de markoperationer, som indebærer kørsel med store mængder af indsatsmidler og produkter.

Videre er der for udbringning af husdyrgødning beregnet både en gyllefaktor og en fast gødningsfaktor, som tager hensyn til den enkelte gårds udrustning med maskiner til samme, jvf. (Kudsk-Jørgensen, 1991).

For at det oplyste forbrug for gården svarer til standardtallene summeret, anvendes en såkaldt skiftefaktor. Den er et udtryk for den "resterende" mængde dieselolie, som fremkommer, når den øvrige mængde er fordelt mellem de enkelte afgrøder på gården ud fra de individualiserede standardkalkuler. Skiftefaktoren multipliceres med alle maskinoperationer, der udføres på marken og er således korreleret med dieselolieforbruget.

Opgørelsen af gårdens totale dieselolieforbrug er imidlertid en "følsom" størrelse at håndtere. Det angivne forbrug kan være påvirket af skattemæssige overvejelser som f.eks. anvendelse af dieselolie til opvarmning og kørsel med dieselbil. Det er imidlertid forsøgt at eliminere sådanne fejlkilder ved at indhente oplysninger fra flere steder uafhængigt af hinanden. Endvidere bliver problemer med ansættelse af status delvis elimineret ved anvendelse af 2 på hinanden følgende driftsår.

Således er der for gården som en helhed oplysninger om hele energiindsatsen og hele produktionen, men fordelingen af den direkte energiindsats mellem produktionsgrenene er hypotetisk.

3. Resultater

I mit studie har jeg analyseret energieffektiviteten på hele gårde, hvor både driftsledelse og biologiske processer kan påvirke effektiviteten. Komplexiteten med en kombination af mange substituerbare indsatsmidler, processer og produkter indikerer at driftsledelse er en vigtig årsag til resultaterne.

Komplexiteten gør det vanskeligt at analysere isolerede effekter. Styrken ved et studie som dette er imidlertid, at jeg kan give et totalt billede af energiforholdene på gårdene, fordi både driftsledelse og biologiske processer er inkluderet.

3.1.a Sammenligning af resultaternes direkte energiindsats med standardkalkuler

Det er for at kunne forstå forskellen i den direkte energiindsats mellem de to systemer nødvendigt at sammenligne med de anvendte standardkalkuler, se tabel 3.

Skiftefaktoren og transportfaktoren udtrykker i store træk hvor meget datamaterialet afviger fra standardtallene.

Den direkte energiindsats er i gennemsnit for de konventionelle gårde dobbelt så høj som for standardkalkulen "konventionel model uden husdyrgødning", i tabel 3. Imidlertid ses det at en væsentlig del af energiindsatsen hidrører fra vanding og udbringning af husdyrgødning. I standardkalkulen "konventionel model med husdyrgødning", i samme tabel er der taget hensyn til dette, og den relative forskel svarer da nogenlunde til produktet af skiftefaktoren og transportfaktoren, for delen "indsatsfaktor korn".

Resultaterne for dieselolieforbruget for de økologiske gårde sammenlignet med standardkalkulen "økologisk model" i tabel 3 giver for delen "dieselolie korn" en større forskel end produktet af skiftefaktoren og transportfaktoren. Forklaringen kan skyldes, at nogle økologiske gårde har oplyst anvendelse af alternative markoperationer, som ikke er indeholdt i standardkalkulen. Videre kan sammensætningen af kornafgrøder, som ikke bare omfatter vårbyg, men også andre afgrøder med et større dieselolieforbrug end vårbyg, være en forklarende faktor.

Tabel 3: Standardkalkuler for energiregnskab for vårbyg

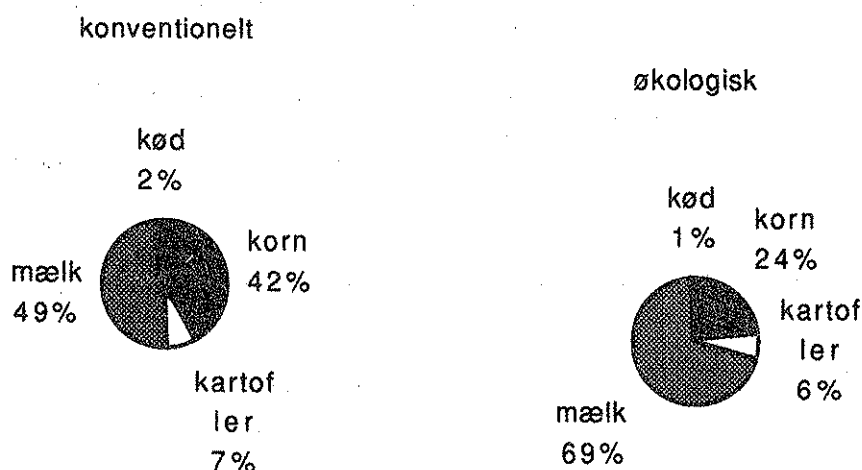
vårbyg	konventionelle modeller				økologisk model	
	uden husdyrgødning		med husdyrgødning		med husdyrgødning	
	mængde	indsats	mængde	indsats	mængde	indsats
el vanding, kwh						
el tørring, kwh	44	421	44	421	54	608
dieselolie husdyrgød., l			17	605	35	1265
dieselolie korn, l	60	2139	60	2139	55	1969
dieselolie halm, l	8	275	8	275	8	275
DIREKTE ENERGI		2835		3440		4117
såsåed, kg	175	408	175	408	175	408
min.gødn., kg	590	5370	381	3580		
bekæmpelsesmidler, kg	4	141	4	141		
husdyrgødning, ton			31		54	
vand, kbm						
INDIREKTE ENERGI		5919		4129		408
RESS. INDSATS KORN		8479		7294		4250
RESS. INDSATS HALM		275		275		275
PROD. MGD. KORN, KG	5200		5200		5200	
PROD. MGD. HALM, KG	3300		3300		3300	
PROD. MGD. GRÆS, FE						
Energieffektivitet, kærne		1,63		1,40		0,82
Energieffektivitet, halm		0,08		0,08		0,08

Kilder: Egen sammenstilling af
Landbrugets Rådgivningscenter (1991)
Nielsen (1991)
Nielsen og Larsen (1991)
Pick et al. (eds.) (1989)
Skriver (1991)

korn	konventionelle gårde			
	mængde		energiindsats [mj]	
	mean	(min-max)	mean	(min-max)
el vanding, kwh	131	(0-403)	1243	(0-3832)
el tørring, kwh	38	(13-98)	364	(121-933)
dieselolie husdyrgødning, l	20	(9-46)	732	(314-1653)
dieselolie korn, l	78	(24-130)	2810	(849-4680)
dieselolie halm, l	9	(6-13)	322	(199-464)
DIREKTE ENERGI			5469	(1861-8048)
såsæd, kg	160	(132-189)	352	(284-420)
min.gødn., kg	386	(193-609)	4288	(1734-6159)
bekæmpelsesmidler, kg	6	(1-12)	222	(59-472)
husdyrgødning, ton	31	(14-48)		
vand, kbm	286	(0-883)		
INDIREKTE ENERGI			4862	(2258-6835)
RESS. INDSATS KORN			10010	(4020-13615)
RESS. INDSATS HALM			322	(199-464)
PROD. MGD. KORN, KG	5346	(4493-6253)		
PROD. MGD. HALM, KG	2814	(1680-3690)		
PROD. MGD. GRÆS, te	390	(0-954)		
Energieffektivitet, kærne			1,88	(0,80-2,75)
Energieffektivitet, halm			0,12	(0,06-0,27)
areal, ha	20	(9-34)		
gårde, antal obs.	14			
skiftefaktor	1,21	(0,39-2,14)		
transportfaktor	1,04	(1,00-1,20)		
gyllefaktor	0,53	(0,40-0,66)		
fast husdyrgød. faktor	1,05	(0,80-1,40)		

korn	økologiske gårde			
	mængde		energiindsats [mj]	
	mean	(min-max)	mean	(min-max)
el vanding, kwh	50	(0-242)	473	(0-2306)
el tørring, kwh	67	(15-163)	641	(142-1548)
dieselolie husdyrgødning, l	42	(12-100)	1494	(436-3602)
dieselolie korn, l	94	(41-155)	3384	(1472-5584)
dieselolie halm, l	12	(6-20)	446	(233-710)
DIREKTE ENERGI			6438	(2538-9796)
såsæd, kg	201	(174-241)	446	(377-529)
min.gødn., kg				
bekæmpelsesmidler, kg				
husdyrgødning, ton	32	(20-53)		
vand, kbm	108	(0-531)		
INDIREKTE ENERGI			446	(377-529)
RESS. INDSATS KORN			6438	(2727-2649)
RESS. INDSATS HALM			446	(233-710)
PROD. MGD. KORN, KG	4356	(3126-6363)		
PROD. MGD. HALM, KG	2717	(1432-4967)		
PROD. MGD. GRÆS, te	203	(0-511)		
Energieffektivitet, kærne			1,55	(0,62-2,32)
Energieffektivitet, halm			0,18	(0,08-0,37)
areal, ha	22	(5-46)		
gårde, antal obs.	14			
skiftefaktor	1,67	(0,72-2,77)		
transportfaktor	1,09	(1,00-1,50)		
gyllefaktor	0,81	(0,40-2,20)		
fast husdyrgød. faktor	0,96	(0,00-1,40)		

Kilde: Refsgaard (1993)



Figur 3: Fordeling af gårdens salgsprodukter målt i humane fe.

Kilde: Refsgaard (1993)

En foreløbig beregning af hvad en substitution til eget korn for de konventionelle gårde ville medføre, antyder et øget forbrug af salgsafgrøder på ca. 8 ha pr. gård til mælkeproduktionen. Da er der forudsat sammen kornandel til foder som for de økologiske gårde.

I det følgende er der som et eksempel analyseret energieffektiviteten for korn. Der er specielt fokuseret på den direkte andel af energiindsatsen.

3.1. Korn

Tabel 2 viser, hvordan energiindsatsen fordeler sig på centrale poster for kornafgrøder som gennemsnit af 2 driftsår for h.h.v. et konventionelt og et økologisk produktionssystem.

Energieffektiviteten udtrykt ved MJ indsat energi pr. kg produceret kærne er højere og dermed dårligere for konventionelle gårde end for økologiske. Der er dog ingen signifikant forskel mellem dem på noget niveau. Måler vi indsatsen pr. ha er forskellen imidlertid signifikant på 0,001 % niveau. At der er forskel målt pr. arealenhed i modsætning til pr. kg skyldes at både energiindsats og produceret mængde er større for de konventionelle gårde.

Energiindsatsens fordeling mellem direkte og indirekte energi er yderst forskellig for de to produktionssystemer.

Indsatsen af direkte energi udgør i gennemsnit 51 % af totalindsatsen til kærne for et konventionelt produktionssystem og 93 % for et økologisk produktionssystem. Hvis der endvidere blev korrigeret for vanding ville forskellen mellem andelen være endnu større, idet der er relativt flere konventionelle gårde som vander datamaterialet, hvilket medfører en forøget direkte energiindsats.

Tabel 2: Energiregnskaber for korn for konventionelle og økologiske gårde

Forklaring af variationerne i materialet bør primært ske på afgrødeniveau, der er det laveste systemniveau, og fordi resultaterne på besætningsniveau og gårdniveau i stor grad, især for de økologiske gårde, afhænger af resultaterne fra afgrøderne.

I tabel 1 ser vi at de konventionelle gårde i gennemsnit indsætter 0,88 MJ/human fe, og de økologiske gårde i gennemsnit 0,67 MJ/human fe, hvilket svarer til ca. 75 % af de konventionelle gårde. Målt pr. ha er indsatsen på de konventionelle brug over dobbelt så stor som på de økologiske gårde.

Tabel 1: Energieffektivitetsmål for økologiske og konventionelle kvægbrug som gennemsnit af 2 driftsår.

	økologiske gårde		konventionelle gårde	
	mean	std. dev.	mean	std. dev.
Gårdniveau				
MJ/ha	18121	8287	37729	7848
MJ/årsko	23318	7337	35796	9340
MJ/humane fe	0,67	0,23	0,88	0,22
Besætningsniveau				
MJ/årsko	21294	6137	28867	4448
MJ/kg ren mælk	3,24	0,89	4,18	0,58
MJ/kg "mælkeenhed"	2,36	0,62	3,03	0,34
Afgrødeniveau				
MJ/ha korn	6438	2092	10010	2605
MJ/kg korn	1,55	0,58	1,88	0,47
MJ/ha roer	11601	3721	15363	3327
MJ/fe roer	1,05	0,33	1,38	0,26
MJ/ha helsæd	9059	3207	16540	3680
MJ/fe helsæd	2,32	1,19	2,47	0,51
MJ/ha sædsk.græs og luc	5456	3086	16997	7537
MJ/fe sædsk.græs og luc	0,93	0,49	2,19	0,84
Direkte/total energi	0,56	0,13	0,33	0,09
skiftefaktor	1,67		1,21	

Kilde: Refsgaard (1993)

Da humane fe er en vældig sammensat størrelse er det mere relevant at se på dens sammensætning. I figur 3, som viser en fordeling af gårdproduktionen i kg og fe ser vi, at de økologiske gårde omsætter en større del af deres indsats gennem kvæget end de konventionelle gårde. Hvad som ses gennem energiindsatsen, men som ikke er direkte synligt er at de konventionelle gårde tilkøber en del kraftfoder o.l. som hvis vi substituerede disse mængder med deres eget korn sandsynligvis ville afspejle en mere ens sammensætning af totalproduktionen.

Konklusionen er således, at resultaterne fra datamaterialet antyder for lavt ansatte standardtal fra de tidligere omtalte kilder på godt 20 % for de konventionelle kvæggårde og ca. 45 % for de økologiske kvæggårde. En forklaring på at begge produktionssystemer har en højere indsats af direkte energi kan være maskinernes alder. Specielt kan dette gælde for de økologiske gårde hvor også den beregnede faktor for udbringelse af gylle og anden flydende husdyrgødning er højere, 0,81 mod 0,53 for de konventionelle, hvilket kan antyde en ældre maskinpark med højere brændstofforbrug. Andre forklaringer kan være at vi har registreringer fra kvæggårde, mens standardkalkulen for vårbyg er baseret på data fra planteavlsgårde. Sciønning-Madsen (1991) antyder i den forbindelse at slidtagen på kvæggårde er højere end på andre typer af gårde, bl.a. p.g.a. mere kørsel totalt og mindre vedligeholdelse. Arronderingsforhold kan ligeledes have betydning.

3.1.b Sammenligning af de to produktionssystemernes totale energiindsats

Den større indsats af direkte energi på de økologiske gårde er imidlertid knyttet sammen med en mindre indsats af indirekte energi. For at kunne vurdere systemernes energieffektivitet mod hinanden må vi vurdere hele indsatsen af energi i forhold til producerede mængder. Principielt set bør også ændringer i forbrug af nære substitutter for energi, bl.a. arbejdskraft og areal vurderes.

Energieffektiviteten er mindst og altså bedst for det økologiske ved sammenligning mellem de to produktionssystemer. De økologiske landmænd har substitueret indirekte energi med direkte energi og arbejde samt direkte energi med arbejde. Indsatsen af mineralsk gødning på ca. 4290 MJ substitueres af ca. 760 MJ mere til udbringelse af husdyrgødning på de økologiske gårde. Indsatsen på ca. 220 MJ til bekæmpelsesmidler substitueres af dieselolie og gas til mekanisk ukrudtsbekæmpelse, hvilket samlet betyder 570 MJ mere til "energiindsats, korn" for de økologiske gårde end for de konventionelle gårde. Tørringsprocenten for korn er 1 % højere for de økologiske gårde end for de konventionelle p.g.a. større ukrudtsmængder, og totalt indsættes der 280 MJ mere til korntørring på de økologiske gårde. Substitutionen har også medført et forøget arbejdsforbrug, foreløbige tal kan antyde noget med 0,02 mand ekstra pr. ha, forudsat at hele arbejdsbyrden på gården fordeles mellem afgrøderne og uden en vægtning af afgrøderne i forhold til hinanden. Endelig har substitutionen medført en udbyttenedgang på knap 1000 kg korn. Regnestykket kan kort opsummeres på flg. måde:

Ressourceændringer pr. ha	Økologisk	Konventionelt
korntørring	+ 280 MJ	
udbringning af husdyrgødning	+ 760 MJ	
øvrige ændrede markoperationer, bl.a. mekanisk ukrudtsbekæmpelse	+ 570 MJ	
ekstra energiindsats økologisk prod.system	+ 1.610 MJ	
mineralsk gødning		+ 4.290 MJ.
bekæmpelsesmidler		+ 220 MJ
ekstra energiindsats konventionelt prod.system		+ 4.510 MJ
energiindsats, ændring i alt		+ 2.900 MJ
ekstra produktion konventionelt prod.system		+ 990 kg

Forskellen i de gennemsnitlige energiomkostninger for de 990 kg bliver således på 2,93 MJ/kg.

Det er imidlertid ikke kornafgrøderne som udviser de største forskelle ved sammenligning mellem de to produktionssystemer. Forskellene mellem de øvrige afgrøder og produktionsgrene ses i tabel 1. F.eks. ses det at sædskiftegræs er den afgrøde som kvitterer bedst for økologisk dyrkning. Det hænger sandsynligvis sammen med en større kløvergræsandel. I en anden undersøgelse fra Helaarsforsøgene, (Kristensen, 1993) hvor 3 år er inkluderet og lidt flere gårde, er der 17 % kløver i gennemsnit for de konventionelle gårde og 50 % for de økologiske. Videre kan forskelle i høstmetoder være en væsentlig faktor.

De mange interne sammenhænge på malkekvæggårde i almindelighed og på økologiske gårde i særdeleshed betyder, at det er problematisk at sammenligne enkeltprocesser mellem gårdene. Samtidig er systemforskellene mellem de to typer af produktionssystemer yderligere medvirkende til at komplicere sammenligningerne. Økologiske systemers større alsidighed er ikke kun et resultat af en grundholdning, den er også et resultat af den interne afhængighed. Den økologiske bonde kan ikke substituere så frit mellem indsatsfaktorer som den konventionelle, hvor de enkelte produktionsprocesser kan foregå uden en større afhængighed. Derfor bør vurderinger af ressourceeffektivitet mellem økologisk og konventionelt landbrug omfatte hele gården. Sammenligninger som de ovenfor nævnte tjener derfor da også kun som et bidrag til forklaringen.

4. Konklusion

Jeg har i dette indlæg diskuteret en måde at analysere en gårds energieffektivitet på. Resultaterne fra datamaterialet i tabel 1 viser overalt en bedre energieffektivitet for de økologiske gårde i forhold til de konventionelle gårde. Hvis energieffektiviteten bliver et væsentligt vurderingsgrundlag i fremtiden, da er det centralt at kunne analysere væsentlige indsatsmidler og driftsmetoder m.h.t. energiindsats. En evt. ændring over mod større anvendelse af direkte energi stiller derfor i højere grad end tidligere krav til dokumentation for vurderinger af maskinoperationer.

Litteratur:

- Birkjær, K.O. (1991): Personlig meddelelse. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Hall, Cleveland & Kaufmann (1986): Energy and Resource Quality. The Ecology of the Economic Process. John Wiley & Sons, New York.
- Høy, J.J. (1991): Personlig meddelelse. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Jones, M.R. (1989): Analysis of the Use of Energy in Agriculture - Approaches and Problems. Agricultural Systems, 29, 339-355.
- Kristensen, I.S. (1993); Græsudbytter på konventionelle og økologiske malkekvægbredbrug. I Kerner, K. og Kristensen, E.S.: Gårdstudier i økologisk jordbrug. NJF-udredning nr. 85. P.43-50.
- Kristensen, T. og Østergaard, V. (eds.), (1992): Studier i kvægbredbrugssystemer. 714. beretning fra Statens Husdyrbredbrugsforsøg. 215 pp.
- Kudsk-Jørgensen, D. (1991): Beregning af energiforbruget ved udkørsel af husdyrgødning. Internt notat ved Helaarsforsøgene, Statens Husdyrbredbrugsforsøg.
- Landbrugets Rådgivningscenter (1991): Landskalkuler for de enkelte produktionsgrene. Kalenderårene 1989 og 1990. Landbrugets Informationskontor. pp.
- Nielsen, A.L. (1991): Næringsstofbalancer på økologiske kornmarker. I Vester, J. (ed.): Forskning i økologisk jordbrug. Beretning nr. S 2111 fra Statens Planteavlsvforsøg. P. 77-87.
- Nielsen, V. (1991): Personlige meddelelser.
- Nielsen, V. og Larsen, E.K. (1991): Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i økologisk jordbrug. I. Orientering nr. 73 fra Statens Jordbrugstekniske Forsøg. 65 pp.
- Pick, E.; Noren, O. and Nielsen, V. (eds.), (1989): Energy consumption and input-output relations of field operations. CNRE Study nr. 3 fra FAO.118 pp.
- Refsgaard, K. (1992): Grundlag for beregning af energiindsatsen ved fremstilling af hjælpestoffer på primære landbrugsbedrifter. Internt notat ved Helaarsforsøgene. Statens Husdyrbredbrugsforsøg.
- Refsgaard, K. (1993): Planlagt artikel i "Agricultural Systems" eller "Agriculture, Ecosystems and Environment", evt. andre.
- Sciønning-Madsen, E. (1991): Personlig meddelelse. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Skriver, K. (ed.)(1991): Oversigt over Landsforsøgene. 1990. Landsudvalget for Planteavl.
- Østergaard, V. (ed.), (1991): Studier i kvægbredbrugssystemer. 699. beretning fra Statens Husdyrbredbrugsforsøg. 213 pp.

Statskonsulent Håkan Johansson
Sveriges lantbruksuniversitet
SLU Info, Box 7072, 750 07 Uppsala

Salix som energigröda - Aktuellt kunskapsläge och produktionsgrenens omfattning.

Odlingens omfattning och marknad

Salixodlingen i Sverige har under de senaste tre åren ökat med drygt 2000 hektar per år. Nu omfattar odlingen knappt 9000 hektar. Odlingarna är koncentrerade till jordbruksområdena i mellersta och södra Sverige. En viktig förutsättning för anläggande av salixodlingar är att det finns eller kommer att finnas marknad för den producerade flisen. Sedan miljöavgifter infördes på fossila bränslen har bibränslen fått ökad konkurrenskraft speciellt inom bostadsuppvärmningssektorn. Ett flertal kommuner i Mellansverige har därför startat eller byggt ut sin flisanvändning. Vid värmeverket hanteras flis från salixodlingar på samma sätt som flis från skogen. Samverkan om leveranser sker med producenter av skogsflis, vilket idag är den dominerande kvantiteten. Utöver de storskaliga kommunala värmeverken finns det pannor i mindre skala, för vilka lantbrukarna även svarar för förbränningen och säljer "färdig värme". Ett antal sådana projekt har antingen startat eller är under planering.

Odlingssystem

Salixodling på åkermark går till så att man på våren planterar 20 cm långa stamsticklingar. Från dessa växer ut skott och rötter. Skotten blir det första året mellan en och två meter långa och beskärs oftast den första vintern. Nästkommande vår kommer tidigt ett stort antal skott från de etablerade stubbarna. Efter ca fyra år är skotten ca 7 meter höga och det är dags för skörd. Skörden sker alltid på vintern då växterna är i vila och bladen har fallit till marken. På våren efter skörd kommer ny skottskjutning och efter ytterligare fyra år kan en ny skörd tas.

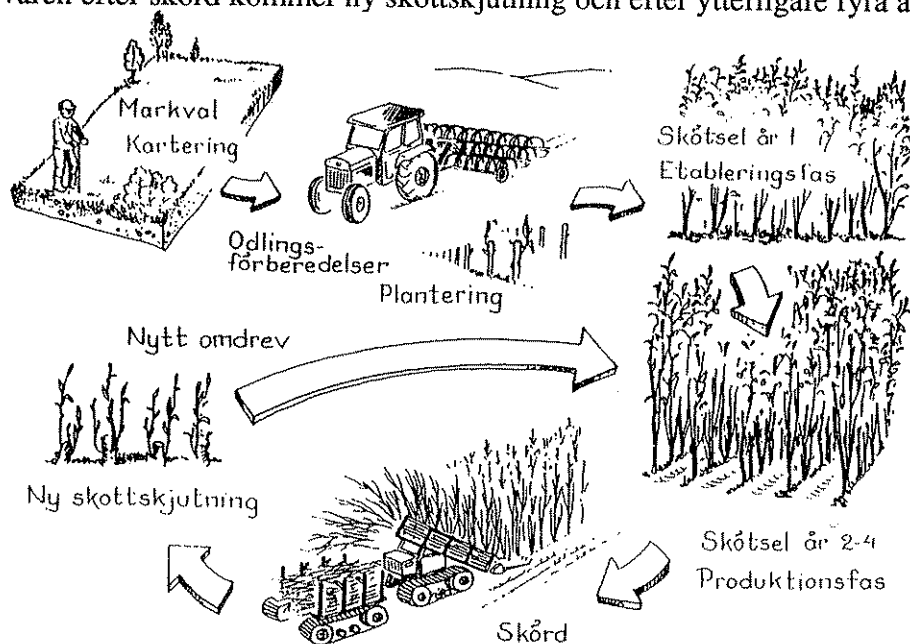


Fig. 1. Odlingssystem för salix (Teckning: Sigge Falk)

Teknisk effektivisering

Arbetet på fältet vid anläggning av en salixodling sker med konventionella jordbruksredskap med undantag av planteringen. Här krävs specialmaskiner för att snabbt och effektivt klara plantering av ca 18.000 sticklingar per hektar. Utvecklingen av dessa maskiner började 1987 - 88. Då klarade man med varje maskin ca ett hektar per arbetsskift. Idag är kapaciteten ca ett hektar per timma. Det har inneburit att planteringskostnaden kunnat sänkas från ca 5000 kr/ha 1987 till ca 1500 kr/ha 1993 inklusive ersättning till eget arbete, traktor och planteringsmaskin. Det förekommer två olika principer för plantering, dels färdiga sticklingar som via en accelerator skjuts ner i marken och dels med en maskin som från iordningställda hela skott klipper av en sticklingslängd i taget och trycker ner den i marken. Sticklingsplanteringsmaskiner finns från och med 1993 också med automatisk matning av sticklingarna, vilket ger dem ungefär samma kapacitet som helskottsplanteringsmaskinen. Se fig. 2.

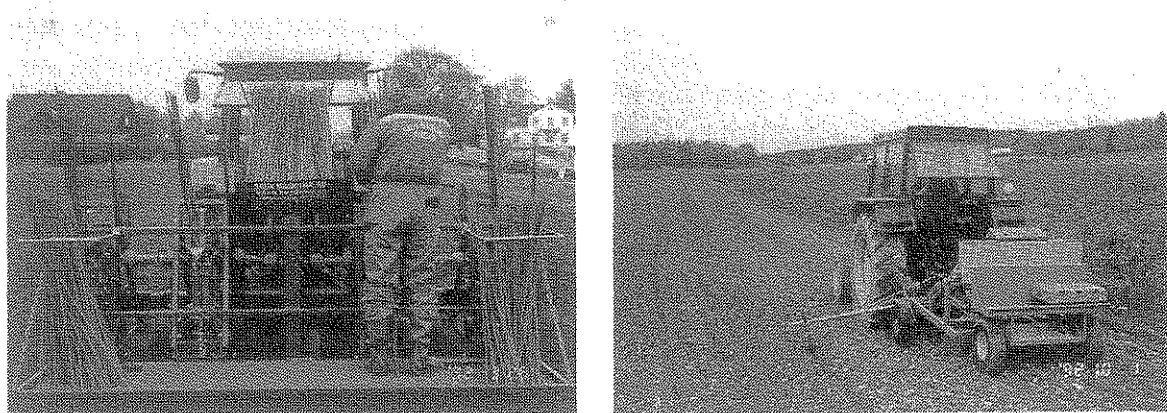


Fig. 2 Planteringsmaskiner för helskott respektive färdiga sticklingar.

När det gäller skötsel under etableringen är ogräsbekämpningen av yttersta vikt. Jag kan med ett par bilder illustrera hur tillväxten blev efter en bra respektive en dålig ogräsbekämpning. Ogräsrensningen sker med konventionella såväl mekaniska som kemiska metoder. Tillförsel av växtnäring sker för att kompensera den mängd som bortförs med flisen, dock finns den mesta näringen i bladen, vilka faller av på hösten, förmultar och näringen kan recirkulera. Efter varje skörd kan konventionella maskiner användas för ogräsbekämpning och gödning, men för spridning av växtnäring i högväxande bestånd finns specialbyggda maskiner med hög kapacitet.

När det gäller skörd har två principer utvecklats, dels skottskörd och dels direktflisning. Ett antal maskinkoncept har utvecklats och nu finns väl fungerande maskiner för såväl skottskörd som direktflisning. Erfarenheterna är ännu inte så stora av skörd som av plantering, men till den kommande vintern kommer större arealer att skördas och man kan se samma mönster i kostnadsutvecklingen för skörd som för plantering. Maskiner för helskottsskörd kan vara självgående eller traktordragna. För den småskaliga hanteringen på gården eller för leveranser till mindre värmeverk finns ett intresse för maskiner som kan användas tillkopplade till en vanlig jordbrukstraktor. I fig. 3 visas två av de prototyper som utvecklats, ytterligare ett par maskinkoncept finns.

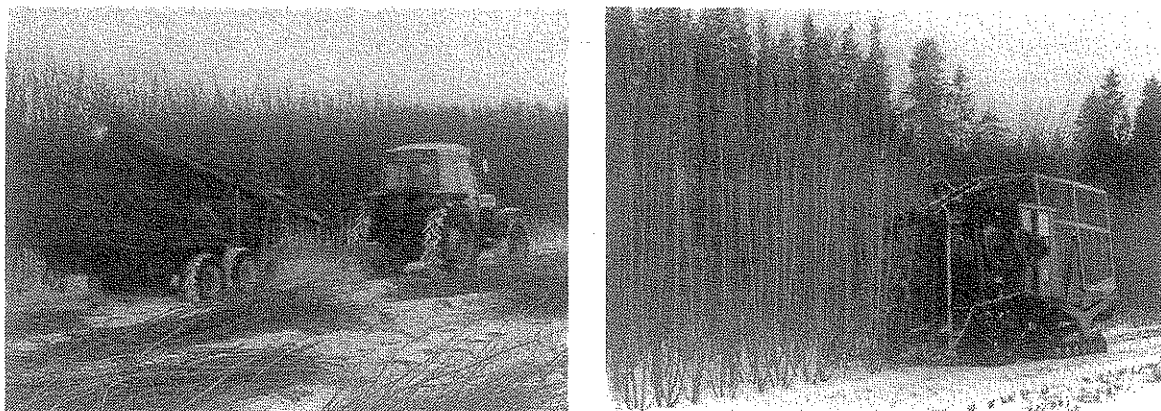


Fig. 3. Maskiner för skottsörd av Salix

I mer storskaliga system blir direktflisning mer ekonomiskt konkurrenskraftig. De maskiner som används här bygger till stor del på befintliga standardmaskiner som modifierats. Dels används en majshack på vilken skärhuvudet i fronten gjorts om och dels används en sockerrörsskördare som också modifierats något se fig. 4.

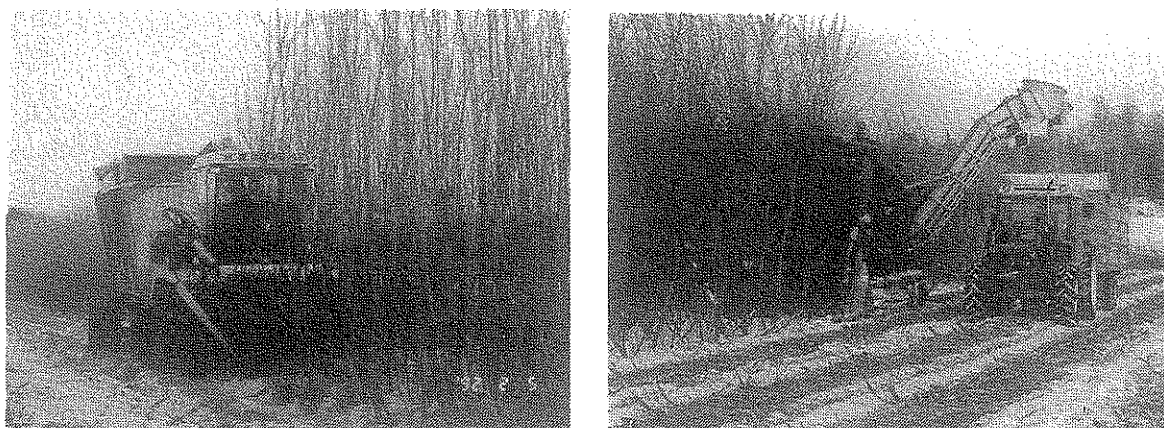


Fig. 4. Maskiner för direktflisning av salix.

Nytt odlingsmaterial

Det odlingsmaterial som används är Salix, eller pil på svenska, olika kloner av korgpil och vattenpil. Från början har ett stort antal kloner samlats in från naturliga bestånd och från gamla korgpilodlingar. Sedan mitten av 1980 -talet har ett målmedvetet korsnings och förädlingsarbete bedrivits både vid Sveriges lantbruksuniversitet och vid växtförädlingsföretaget Svalöf Weibull AB. Nu finns på marknaden ett antal förädlade sorter som har bättre egenskaper både vad gäller produktion, resistens mot svampar och insekter och frosthårdighet. Från det oförädlade insamlade materialet finns stora framsteg att vinna med de första generationerna korsningar. Särskilt frosthärdigt klonmaterial har också insamlats bland annat från Sibirien.

Ekonomi

Produktion av salixflis måste också vara ekonomiskt intressant för den som odlar. Tack vare de tekniska framstegen är nu grödan salix intressant och man kan räkna med en årlig nettointäkt på ca 1000 kr per hektar vid ett flispris på 120 kr/MWh. Odling av energigrödor är intressant också som alternativ på sk "set - aside" arealer. Inom EG finns redan krav på att 15 eller 20 % av jordbruksarealen skall tas bort från livsmedelsproduktion. På denna areal kan sk "non - food" -grödor odlas. Sverige håller på att anpassa sina regler för jordbruket till EG. Hittills har man i Sverige också kunnat få anläggningsstöd till Salixodling.

Miljö

Alla biobränslen är ur miljösynpunkt bättre än sina fossilbaserade motsvarigheter. Främst frågan om koldioxiden som cirkulerar i ett biobränslesystem, men även svaveloxider och i viss mån även kväve. Att vi i framtiden måste använda mer biobränslen både ur resurssynpunkt och ur miljösynpunkt är jag alldeles övertygad om. Vi måste även vidga synfältet och skapa mer cirkulerande system av energi och råvaror som t.ex. växtnäring. Denna bild kan vara en principskiss hur bioenergiråvaror kan utnyttjas och hur produktionen av dessa kan utnyttja restprodukter i samhället. Många intressanta projekt är på gång och intresset från kommuner etc är från många håll stort. Se fig. 5.

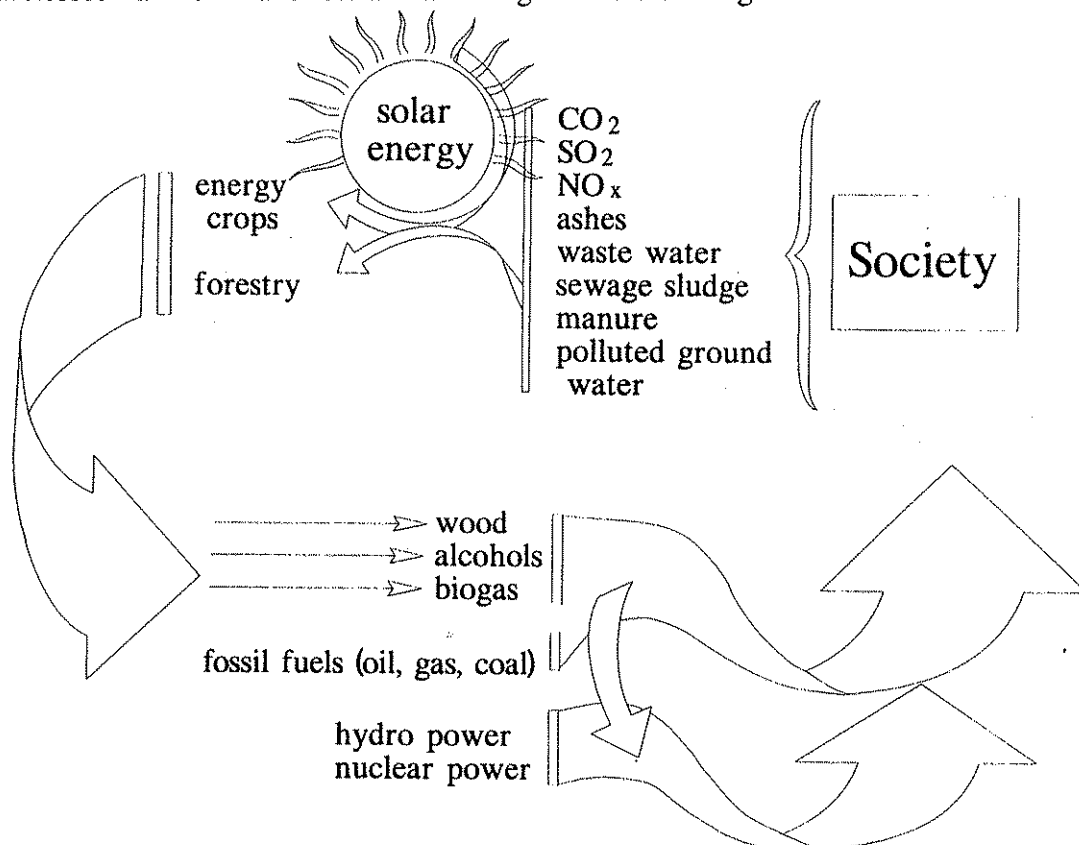


Fig. 5. Energiödling i bioenergiamhället. (Källa Lars Christersson)

För den som vill veta mer om salixodling kan jag rekommendera vår nyproducerade video. "Salix - energi som växer" filmen är 17 minuter och finns med såväl svensk som engelsk speaker. Filmen kan beställas från SLU Info/Försäljning, Box 7072, 750 07 UPPSALA, tel: +46 18 671120, fax +46 18 672854.

P. Keller
Statens Jordbrugstekniske Forsøg
SjF, Bygholm
DK-8700 Horsens

STRAW FOR ENERGY PRODUCTION

P. Keller, National Institute of Agricultural Engineering
SjF, Bygholm, DK-8700 Horsens

Summary.

Since 1987, 31 new straw-fired plants have been established in Denmark, so today 60 plants besides 12.000 boilers on farms and institutions are operating in Denmark. The boilers and plants have all contributed with much useful experience.

Today, 1.4% of Denmark's energy requirement is met by the application of straw. However, if the entire straw surplus were exploited, approx. 7.3% of the total requirement would be met, and this would have a positive effect both on the environment, on the agricultural sector, and on the employment situation.

Heating plants for farms and institutions

This part deals with heating systems smaller than 1 MW for farms and institutions. The following two main types of boilers are available: batch-fired boilers and automatically fired boilers.

Batch-fired boilers. Most batch-fired boilers are designed for big bales (round bales, medium sized bales or Hesston bales). The big bale boilers are well suited for an annual heating requirement corresponding to at least 10,000 litres of fuel oil. The boilers are available in different sizes, holding from 1 round bale (200-300 kg) to 2 Hesston bales (1000 kg). The boiler is fired with 1 bale at a time. A tractor with grab or a fork introduces the bales through a feeding gate at the front of the boiler.

Automatically fired boilers. Several types of automatically fired boilers have been developed, all of them including a dosing device for automatic continuous feeding of the straw into the boiler. The dosing device may be designed for whole round bales, medium-sized bales or Hesston bales, or for chopped straw or straw pellets.

District heating plants

Today, straw-fired district heating plants form an institution in Danish energy supply. A total of 60 heating plants with outputs ranging from 0.6 to 9 MW have been constructed, the average size being 3.7 MW. At the beginning of the 1980s the plants were designed for round bales or Hesston bales, but today most of them use Hesston bales.

A total budget for operational expenses shows that provided the consumer pays DKK 150/GJ, the economy of a heating plant will balance with a positive overdraft. For a single family house the total cost will be DKK 13,100, costing no more than oil-fired central heating.

Power plants

Up to now, 5 CHP straw-fired plants have been built, and another two are planned to be constructed. 3 of the plants are entirely fired by straw, whereas the other two are combination-fired.

1. Straw as an Energy Ressource.

1.1. Straw surplus.

The straw production in 1991 in Denmark totalled 6.3 million tonnes, mainly consisting of barley and wheat straw. Approx. 2.5 million tonnes is used for primary farming, e.g. for feed, for animal bedding and for covering up clamps. Approx. 10,000 tonnes is pelleted and used for feed (fig 1.1.).

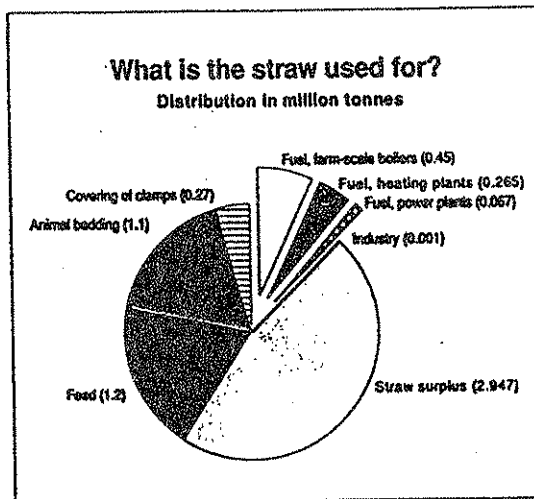


Fig. 1.1. In 1991, the quantity of straw used for energy production made up approx. 12.5% of the total production.

A quantity of 780,000 tonnes of straw is used for energy production. The consumption of farm-scale boilers makes up 450,000 tonnes, and straw-fired district heating plants consume approx. 265,000 tonnes of straw.

1.2. Energy policy.

With the purpose of promoting the use of alternative energy and reducing the release of CO₂ in the atmosphere the Danish government has decided to put duty on energy generated from oil and coal. Fig. 1.2. shows the energy prices as of 1992 in Denmark and how heavy the duties are on oil and coal.

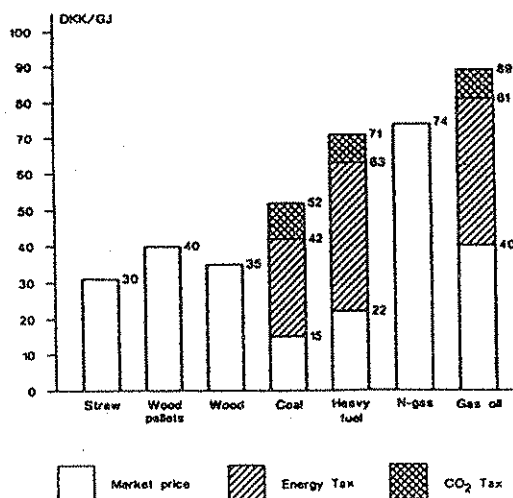


Fig 1.2. Energy prices in Denmark. 1992.

From the figure it can be seen that there are two kinds of taxes on coal and oil, namely an energy tax and a CO₂ tax.

The taxes make alternative energy, e.g. straw wood and woodpellets, competitive with fossil fuels.

2. Heating Plants for Farms and Institutions

This chapter deals with heating plants under 1 MW for farms and institutions. The following two main types of boilers are available: batch-fired boilers and automatically fired boilers.

2.1. Batch-fired boilers.

Previously, the market was dominated by boilers for small bales. Today, however, most batch-fired boilers are designed for big bales (round bales, medium-sized bales or Hesston bales).

The big bale boilers are well suited for annual heating requirements corresponding to least 10,000 litres of oil. The boilers are available in different sizes, holding from 1 round bale (200-300 kg) to 2 Hesston bales (1,000 kg).

The boilers are fed with 1 bale a time. The bales are fed through a feeding gate in front of the boiler by a tractor fitted with grab or a fork.

In order to ensure a proper combustion and to minimize particle emission from flue gases, the air velocity and the supply may be regulated by gradually changing between the upper and the lower section of the boiler and by adjusting the air volume. Adjustment of the air supply in relation to the flue gas temperature is an advantage. Fig 2.1 is a schematic diagram of a boiler for big bales.

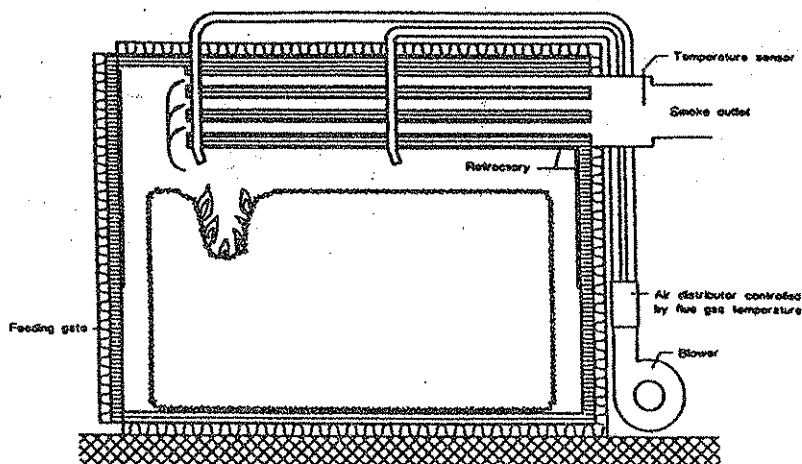


Fig. 2.1. Big bale boiler with air supply regulated by flue gas temperature.

Today, an efficiency of 75% and a CO-content below 0.5% can be achieved for batch-fired boilers. About 10 years ago, the efficiency was only 35%.

As per 1992 the cost of batch-fired boilers with capacities of 250 KW and combustion chambers containing 1 Hesston bale is 163,000 DKK (25.000 US\$).

2.2. Automatically fired boilers.

The interest in automatically fired boilers has grown, due to the high labour requirement involved when operating the previously very popular small bale boilers with batch firing. Several types of automatically fired boilers have been developed. All of them are equipped with dosing devices for automatic continuous feeding of the straw into the boiler. The dosing device may be designed for whole bales, for cut straw or for straw pellets.

2.2.1. Boilers for bales of straw.

Units consisting of a scarifier/cutter separating the bales and dividing them into pieces of varying sizes have been developed. The bales are fed into the units by means of a conveyor. The quantity of straw treated is often regulated merely by modifying the velocity of the conveyor.

The straw is transported from the scarifier/cutter by augers or blowers. When using blowers, the distance to the boiler can be greater than when using the auger. However, in this case the energy consumption will be higher.

In automatically fired boilers combustion takes place when feeding the straw into the boiler. The air supply is adapted to the volume of straw by means of an adjustable damper on a blower. This will ensure a good combustion, a significantly improved utilization factor, and a corresponding reduction of particle emission problems as compared with the manually fired boilers without air regulation devices which were the first ones to be introduced on the market.

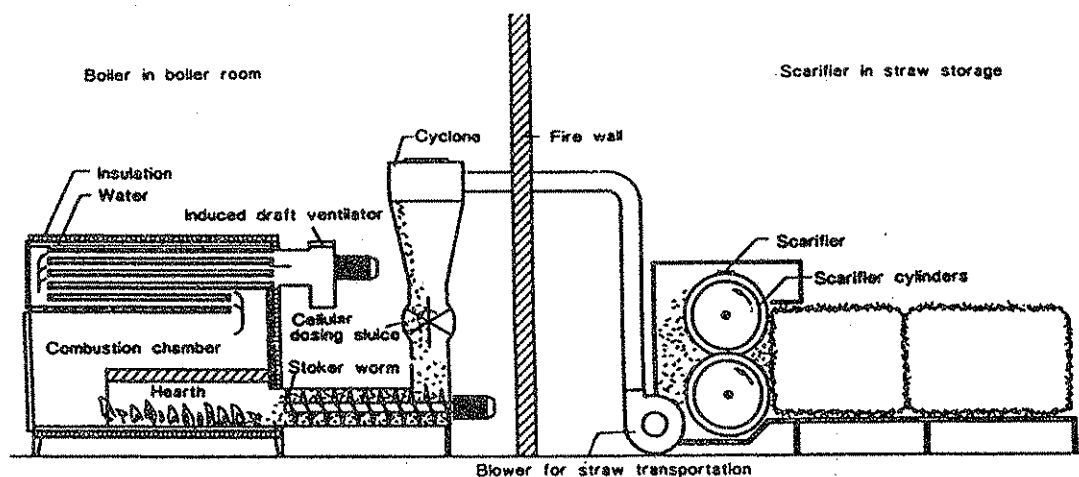


Fig. 2.2.1. Automatically fired boiler for big bales including scarifier, blower for transport of straw, and hearth.

In order to ensure a sufficiently high combustion temperature, the incorporation of a *hearth* in the boiler is a good idea. A hearth is a combustion chamber made of refractory brickwork or cast iron placed in the bottom of the boiler.

The optimum efficiency of hearth boilers is 70-75%.

As per 1992 the cost of an automatically fired boiler with a capacity of 120 KW, including scarifier and stoker etc. is 240,000 DKK (37,000 US\$).

2.2.2. Boilers for pellets.

During recent years, the use of straw pellets for energy purposes has aroused great interest. Special interest has been taken in the homogeneous and handy nature of this fuel making it perfect for transport in tankers and for use in automatic heating plants.

However, there are still unsolved cinder problems when using the pellets in small boilers. The possibility of establishing a sales network for rural districts and villages is being considered.

Pellet-fed plants consisting of a boiler and a closed magazine for straw pellets are usually intended for domestic heating. The pellets are fed into a hearth located in the boiler by means of an auger. When the plant is operating, the stoker (auger) works intermittently, and the feeding capacity is regulated by adjusting its on/off intervals.

2.3. Ashes and cinders.

The weight of the ash deposited in a small straw-fired boiler is typically 4% of the weight of the straw used. The ash is removed from the boiler every day without the use of an automatic ash disposal system. The ash contains nutrients, mainly potassium, and can be used as a fertilizer.

The tendency to forming cinder varies, but it depends on the type of straw, the cultivation conditions and the combustion temperature.

2.4. Emission.

Emission means the exhaust from the stack of unburned gases and particles.

2.4.1. Unburned gases.

Unburned gases are more or less poisonous, depending on their composition. They consist of high-molecular hydrocarbons, some of which decompose very slowly in the atmosphere, and of carbon monoxide (CO) and methane (CH₄).

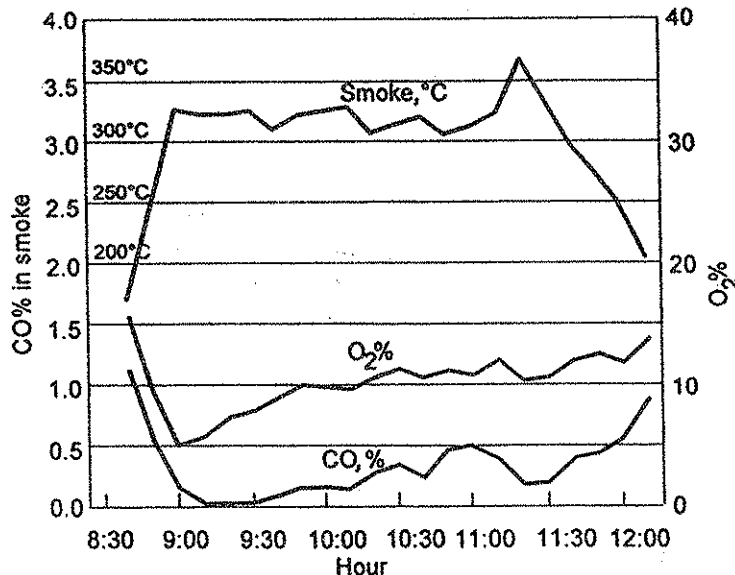


Fig. 2.4.1. Combustion sequence for a batch-fired boiler.

2.4.2. Particle emission.

Particle emission is fly ash being whirled around inside the boiler and discharged through the stack by the combustion air. The particles emitted from straw boilers are mainly water soluble salts (fine dust). Emission of partly combusted straw and soot particles also occurs.

During tests carried out by our institute, particle emission have varied from 300 to more than 2,000 mg/Nm³, this largely being due to varying straw qualities.

3. District Heating Plants

Today, straw-fired district heating plants form an institution in Danish energy supply. Since 1980, a total of 60 heating plants with outputs ranging from 0.6 to 9 MW have been constructed. At the beginning of the 1980s, the plants were designed for round bales or Hesston bales, but today they nearly all use Hesston bales.

3.1. Plant sizes.

Heating plants are dimensioned according to the amount of heat which they are supposed to supply to the district heating systems.

An illustration of the annual variations in the required output is shown in Fig. 3.1.

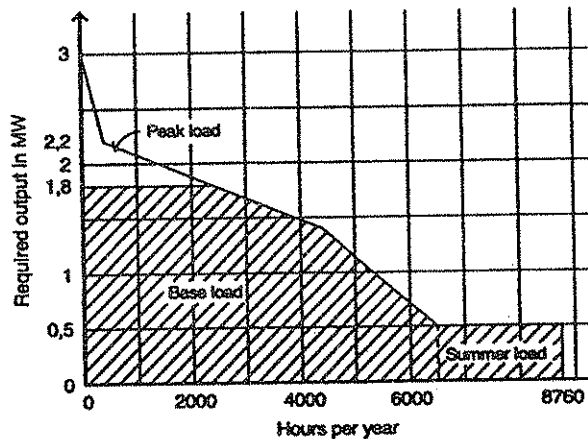


Fig. 3.1. Duration graph for a heating plant with a 3 MW max. output and a straw-fired boiler of 1,8 MW.

It is common to set up an oil or gas-fired boiler capable of covering the entire required output (3 MW) in cases of peak load, repairs or breakdown. The straw-fired boiler is usually dimensioned for 60-70% of the maximum load (in this case, 1.8 MW), thus making it easier to operate during the summer. This way the number of hours the boiler can operate at full load per year can be increased.

3.2. Types of plant.

The five types of plants on the market are listed below:

- Boilers for cut straw (13).
- Boilers for scarified straw (21).
- Boilers for continuous feeding of whole bales (10).
- Boilers for batch-firing (13).
- Boilers for sliced bales (1).

All plants comprise the following main components:

- Straw storage chamber.
- Straw weighing device.
- Straw crane or truck.
- Conveyor (feeding unit).
- Cutter/scarifier (for the two first mentioned types).
- Feeding system.
- Boiler.
- Devices for flue gas cleaning and ash transport.
- Stack.

Straw storage requires a lot of space. On an average, the plants can hold enough straw for 8 days' operation at full load. For an average size of 3.7 MW this corresponds to 400 Hesston bales. This straw quantity requires a total storage area, including room for handling, of approx. 600 m².

The straw is delivered at the plant by the straw supplier by means of lorry or tractor. The fork lift of the plant is used for the unloading. During unloading the bales are furthermore weighed and analyzed for water content.

All major plants have automatic cranes for transportation of the bales from storage to conveyor. The cranes are programmed to pick up the bales in a certain area, whenever the boilers need straw.

3.2.1. Boilers for cut and scarified straw.

The first cutters on the market were of the fast-rotating type, connected with disadvantages such as risk of spark discharge (and fire) and high energy consumption. The cutters were furthermore unsuitable for burning wet straw. Slow-rotating cutters having less disadvantages were developed.

The bales are transported from the feeding unit to the scarifier/cutter at a speed of up to 30 rpm. After being scarified the straw is transported to the boiler by blowers. All feeding systems have safety sluices outside the boiler to prevent ignition of straw to be fed.

An auger or a piston feeds the straw into the bottom of the boiler consisting of a sturdy cast iron grate. This is where the combustion takes place.

The grate is usually divided into several combustion zones with separate blowers supplying combustion air through the grate. The combustion can be controlled individually in each zone. Thereby, an acceptable burn-out of the straw can be obtained.

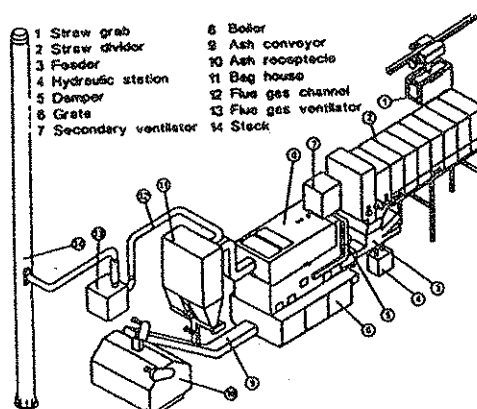


Fig. 3.2.1. Complete boiler plant for scarified straw.

From the combustion chamber the flue gases are led to the convection section of the boiler, from where most of the heat is transferred through the boiler wall to the circulating boiler water.

Most of the existing plants have economizers, i.e. a heat exchanger installed behind the convector. In this unit the flue gases transmit more heat to the boiler water, resulting in increased total efficiency.

3.2.2. Plants for batch-firing whole bales.

The crane places the bale in a safety sluice, from where it is conveyed to a feeding tunnel. The gate of the pre-boiler is opened and the bale is introduced. Inside the pre-boiler, acting as a gasification chamber, the bale is ignited by the already burning fuel. Depending on the air supply the new bale will start burning partly in front and partly at the top. The air supply is adjusted according to the burn-out of the gases.

3.3. Flue gas cleaning.

It is necessary to clean the flue gas. The purpose of cleaning is to reduce the particle emission. Apart from ash and cinder, the combustion also generates fly ash, i.e. the solid particles contained in the flue gas. A straw-fired boiler plant often has a multicyclon followed by a bag filter.

Recommended threshold values for emission from straw-fired boilers > 1 MW:

Particulate mg/Nm ³	:	40
CO, vol.% at 10% O ₂	:	0.05

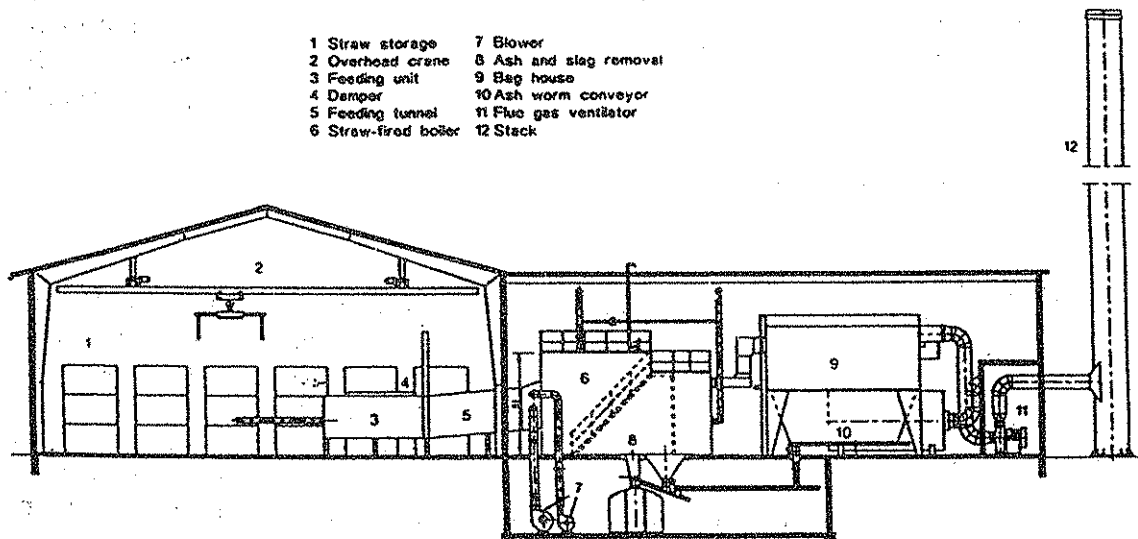


Fig. 3.2.2. Plant for "cigar-fired" boiler.

3.4. Ash.

Straw contains 3-5% ash. Part of it drops through the grate into a hopper below the boiler and is conveyed by a chain scraper to an ash receptacle. Fly ash is particles conveyed with the flue gas through the boiler and separated in the cyclone and the filter. From here, it is scraped via an auger to the chain scraper. From 75-85% of the plants the ash is supplied to the farmers who use it as fertilizer.

3.5. Investment and operation costs.

The heating price paid by the consumers is determined on the basis of the fixed and variable costs of the heating plants.

The fixed costs are: interest and repayment on loans, wages, insurance, rates etc.

The variable costs are: Purchase of straw and oil, electricity costs, maintenance.

For a boiler capable of producing 2.2 MW (270 - 35 consumers) the investment in DKK (1992) will be as follows:

Construction site and connected costs	500,000
Installation of machinery and buildings	8,300,000
Distribution net, main pipes	8,000,000
Distribution net, services pipes	3,200,000
Consumer installations	3,200,000
Increasing prices, interest, accounting	800,000
Engineering and supervision	1,600,000
Total investment	25,600,000

The investments cost can be financed by 100% by means of index loans.

The operating costs will be as follows (DKK, 1992):

Interest and repayment of index loan, 1 year	1,400,000
Same, following years	2,100,000
Wages, 2 full-time employees	500,000
Insurance, rates, etc.	70,000
Maintenance	350,000
Electricity costs	70,000

Total cost, first year:	3,629,000	Sale	4,368,000
Total cost, second year:	4,515,000	Sale	4,442,000
Total cost, fifth year:	4,717,000	Sale	4,662,000
Total cost, tenth year:	4,827,000	Sale	5,030,000

Heat price for consumers (DKK): 150/GJ.

3.6. Types of association.

Straw-fired heating plants may be established as private or public ownerships. If a heating plant is privately owned the forming of a co-operative has many advantages. The owners are only liable to the extent of their contributions, and they are all equal. Nearly all Danish straw-fired heating plants are private ownerships owned by co-operatives.

Before a district heating plant can be established, the following things must be obtained by the authorities: building permit, approval of project proposal, and environmental approval. In addition, in case the area has not been reserved for this purpose a local plan may have to be drawn up.

4. Power Plants

In 1986, the Danish government entered an agreement on energy politics among other things involving the establishment of CHP-plants (cogeneration of heat and power) including windgenerators with a total output of 450 MW in 1995. The plants were to be fired with indigenous fuels such as straw, wood, waste, biogas and natural gas.

During the time of preparing this paper (January 1993) 5 CHP plants were built as straw-fired plants.

In a CHP-plant electricity is produced in the same way as in a power plant, but instead of discharging the condensation heat generated from the steam into the sea, the steam is cooled by means of cold return water from a district heating pipeline system which is thereby reheated.

A CHP-plant can therefore not produce electricity independently of a district heating plant. The greater the heating requirement, the more steam - and thus electricity - can be produced by the boiler.

Below, 3 entirely straw-fired CHP-plants will be described. They are all owned and run by electricity companies and they are the first entirely straw fired electricity producing plants in Denmark - and probably in the world.

The nominal capacities of the 3 plants are 10.7, 5.1 and 2.3 MW_e, with an annual straw consumption of approx. 33,000, 28,000 and 13,000 tonnes straw. The straw is supplied to the plants as Hesston bales.

4.1. Feeding and combustion systems

The straw is delivered on lorries and unloaded by means of fork lifts. An automatic crane system transports the bales from storage to the feeding system. Two of the boilers are fed with scarified straw and "Cigar-fired" system is installed in the last one.

The boilers in the 3 plants are all water-tube boilers with drums and natural circulation in the evaporation system. In CHP-production achievement of as high an electricity production as possible in relation to the fuel energy is desirable. A high efficiency can only be achieved at high steam pressure and high temperatures. In order to withstand the high pressure, the boiler water is led through water/steam tubes forming the walls of the boiler. This is different from ordinary district heating boilers where the water circulates between metal sheet walls. After evaporation the water is led from the drum to the superheaters which are placed vertically in sections behind the combustion chamber. The superheaters

are followed by a section containing the economizer and air pre-heater in which the feedwater and combustion air are heated.

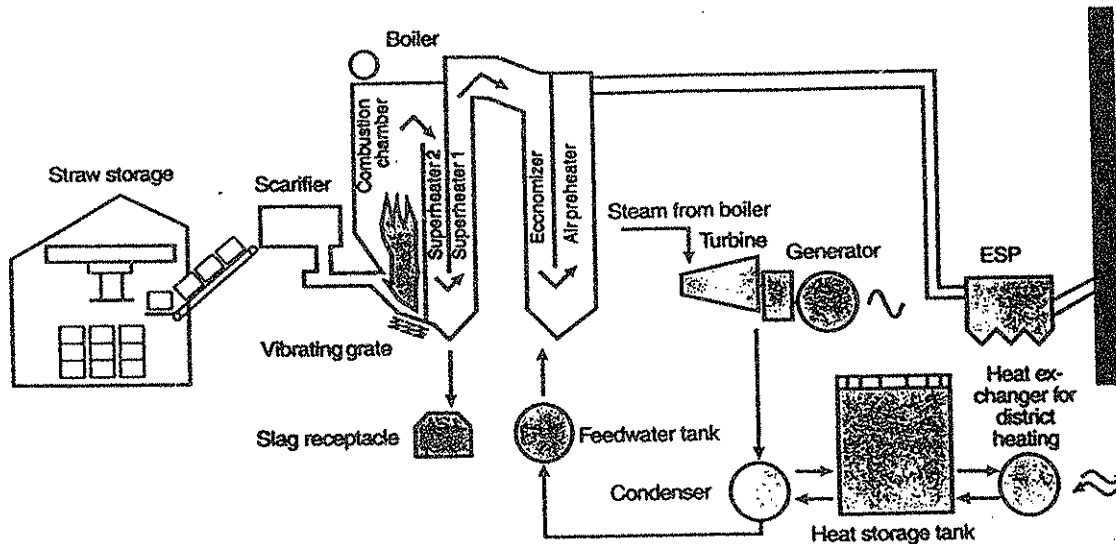


Fig 4.1. Principle diagram for a straw-fired CHP-plant.

		Slagelse	Haslev	Rudkøbing
Power production	MW	11.7	5.1	2.3
Heat production	MJ/s	28	13	7
Max. steam flow	t/h	12.8	26	12.8
Straw consumption	t/h	7.2	5.3	3
Feeding system		scarified/stoker	Cigar firing	scarified/stoker
Total investment	mio. DKK	140	100	64

4.2. Investments and operating costs.

When comparing total costs with MW_e capacity the investment costs of biomass-fired CHP-plants are relatively higher than those of conventional coal-fired power stations. The investment of the three plants varied between approx. 12 and 27 million DKK per MW_e . The high investment costs can be attributed to the size of the plants, but the "prototype" status of the plants also increases the development costs.

Gunnar Hadders
Jordbrukstekniska institutet
Box 7033
S-750 07 Uppsala

Rörflen som energigröda

Aktuellt kunskapsläge och produktionsgrenens omfattning

Sammanfattning

- Rörflen bärgas billigast genom vårskörd.
- Vid vårskörd bortförs väsentligt mindre av bl.a. kväve och kalium från marken än vid sommarskörd.
- Vatteninnehållet i rörflen på rot är på våren normalt mellan 10 och 20 %.
- Väderförhållandena under våren är från skördesynpunkt gynnsamma i hela Sverige.
- Vårskörd medför väsentliga förbättringar av gräsets egenskaper som bränsle.
- Under vinterperioden förloras en stor del av grödan.
- Vårskörd kan genomföras med konventionella fältmaskiner för hö och halm.
- Förlusterna vid vårskörd med konventionell teknik har varit mycket stora.

Bakgrund

Möjligheterna att använda gräs som bränsle studerades av Sveriges lantbruksuniversitet och Jordbrukstekniska institutet under första halvan av 80-talet. Rörflen var det gräs som i studierna gav högst biologiskt utbyte.

1986 drogs slutsatsen att gräs inom överskådlig framtid inte skulle kunna framställas till ett pris som var intressant för bränslemarknaden i Sverige. Ett centralt skäl var att man inte kunde garantera jämna leverenser av ett hygieniskt oklanderligt bränsle utan att torka delar av produktion artificiellt.

Som en reaktion på denna slutsats väcktes 1989 ett förslag att skörda gräs på våren.

Varför vårskörd?

Genom vårskörd vinner man en rad fördelar:

- Under vintern förs en rad ämnen i gräset ned till rötter och mark vilket medför att bortförseln av växtnäring från fältet minskar. Förhoppningen är att behovet av tillförd näring därför skall reduceras väsentligt.
- På grund av att koncentrationen av bl.a. kalium sänks kraftigt under vinter förbättras grässets egenskaper som bränsle avsevärt.
- På våren är vatteninnehållet i gräs mycket litet varför det kan slås av och pressas till balar under en och samma dag. Väderberoendet är således mycket mindre än vid höberedning.
- På våren är mängden nederbörd liten och det förekommer många dagar helt utan nederbörd, faktorer som också betyder mindre väderberoende.

Sammansättning på våren

Vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå har man under några år jämfört sommarskördad och vårskördad rörflen (tabell 1). Data är insamlade från sju platser i mellersta och norra Sverige. I alla redovisade fall utom ett har koncentration i gräset minskat över vintern. Dessa förändringar är, med undantag för halten kisel, positiva.

Tabell 1. Innehållet av några ämnen i rörflen och trädbränslen, % av torrsbstans (Burwall m.fl. (1992).

Ämne	Rörflen		Trädbränsle
	sommarskörd	vårskörd	
Kväve	1,4	1,0	0,15 - 0,7 ¹⁾
Svavel	0,17	0,09	0,03-0,06 ¹⁾
Klor	0,56	0,05	0,015-0,04 ¹⁾
Kalium	0,8	0,2	0,2
Kalcium	0,4	0,2	0,3
Magnesium	0,2	0,05	0,05
Kisel	1,5	2,3	0,4

¹⁾ Avverkningsrester

Egenskaper som bränsle

Ett problem med produkter från jordbruket är att askan oftast har en låg smältpunkt. Detta medför problem med bl.a. bildning av slagg vid förbränning.

Askkan från vårskördad rörflen har visat sig ha en betydligt högre smältpunkt, begynnande smältning vid medelvärde 1458° C, än askkan från sommarskördad, som varit 1083° i genomsnitt. Detta har stor betydelse för grässets värde som bränsle. Motsvarande värde hos trädbränslen ligger som regel mellan 1 100 och 1 200° C (Burwall, 1992).

Rörflenets askhalt förefaller inte påverkas av övervintringen.

Rörflen har testats som bränsle i en rad olika sammanhang, t.ex. i lös form, blandat med trädflis och torv, i briketter och pelletter och som pulver. Testerna har genomförts i både små och lite större pannor på flera MW. En spännande lärdom är att då rörflen eldas tillsammans med torv binder askan svavel som annars skulle lämna pannan genom rökgaserna (Olsson m.fl., 1989). Kanske är användning av gräset i pulver form en av närmast liggande tillämpningar. En utredning tyder på att, på grund av att det vårskördade rörflenet är så torrt och dessutom lätt att mala, kan det produceras till en kostnad i nivå med priset för träpulver (Segerud, 1993).

Vårskördad rörflen duger bra som bränsle när man väl fått in det i en panna. Det som är besvärligt och som kostar pengar är att det oförädlade strået är komplicerat att hantera och att materialet dammar starkt.

Rörflens biologiska och praktiska avkastning

De sorter av rörflen som hittills använts kommer från nordamerika och det som tidigare var Östtyskland. Dessa sorter är förädlade med tanke på foderproduktion. Vad dessa sorter avkastar har man vid det här laget ganska bra kunskap om. Tillväxten har i flera försökserier, varav några pågått i fem år, vid en skörd per år genomförd under slutet av sommaren i genomsnitt varit kring 10 ton torrsbstans per ha och år (Andersson, 1987 och 1989, Tuveesson, 1989).

För att utröna huruvida en förädling utan hänsyn till foderegenskaper kan ge högre skördar har ett sådant arbete påbörjats hos Svalöf AB.

Den praktiska avkastningen vid vårskörd har hittills bara varit ungefär hälften av den biologiska skörden i försöken. Det beror till att börja med på att man i praktiska odlingar inte kan nå lika stora genomsnittsskördar som i små försöksparceller. Vidare har förlusten över vintern befunnits vara i storleksordningen 30 %. Till detta kommer spillet under skörden som varit ca 25 %. Vinterförlusten, som troligen är större i södra Sverige än i norra, är svår att påverka. Förlusten vid skörd borde emellertid vara möjlig att sänka åtskilliga procentenheter.

Jag gör idag bedömningen att vi inom en period på 5-10 år kan räkna med en nettoskörd på 6-7 ton ts per ha och år.

Praktiska erfarenheter från vårskörd

JTI besökte under vårarna 1992 och 1993 ett tio-tal företag där rörflen bärgades. Där användes en rad olika maskiner.

Rörflen är på våren mycket torrt. Vattenhalten har varierat mellan 8 och 20 %. Gräset är vid vattenhalter under 15 % mycket skört varför man måste behandla det så skonsamt som möjligt. Det har inträffat att gnistor i samband med skördearbetet tänt eld på rörflen på fältet.

Det har fungerat bäst att slå rörflen med slätterkrossar även om de orsakar onödigt mycket spill. En slättermaskin utan krossningsaggregat klarar inte att forma strängar av torrt visset gräs. Vändning och strängläggning bör undvikas.

Gräset kan utan problem pressas till storbalar. Även hackning fungerar men ger ett starkt dammande material.

Ekonomi

JTI håller fortlöpande en ekonomisk kalkyl för rörflen som bränsle aktuell. Den senaste kalkylen är från januari 1993 och redovisas nedan.

Förutsättningar:

Vallens liggtid	10 år
Tillförd mängd växtnäring	
- Kväve	100 kg/ha och år
- Fosfor	8 - " -
- Kalium	20 - " -
Hanteringsteknik	högdensitetsbalar
Lagringsplats	utomhus under presenning
Nettoavkastn. för försäljning	4,9 ton torrsbstans per ha (5,8 ton bränsle per ha)

Kostnader:

I nedanstående kostnader ingår räntor på rörelsekapital.

	Kr/ha och år	Öre/kg leve- rerat bränsle
Anläggning	330	5,7
Årlig skötsel, dvs gödsling	730	12,6
Skörd och transport till lager	1340	23,0
Hyra av presenning för utomhuslager	170	29
Transport till panna 10 km	610	10,5
Förmedlingskostnad	60	1,0
Summa	3240	55,7

Ovanstående summor motsvarar 14 öre/kWh. Detta värde kan jämföras med priset för skogsflis som vid lite större kvantiteter i Sverige under de senaste åren varit 11-12 öre/kWh.

Produktionens omfattning

Vid en undersökning i april 1992 gjordes bedömningen att det då fanns ca 4 000 ha rörflen

i landet (Hadders, 1992). Huvuddelen etablerades under 1991 då det i Sverige påbörjades ett statligt program för omställning av produktionen på åkermark från livsmedel till andra produkter. Fram till dags dato kan ytterligare några hundra hektar ha tillkommit.

I Söderköping, ca 150 km sydväst om Stockholm, finns idag en 3 MW pannanläggning som drivs med rörflen som första bränsle. Vid ytterligare en anläggning, som är på 2 MW, utanför Örnsköldsvik, 600 km norr om Stockholm, avser man att ha rörflen som huvudbränsle. Båda anläggningarna, som avser att elda ett par tusen ton rörflen per år, har dessutom möjlighet att elda träflis (Persson m.fl., 1993).

Referenser

- Andersson, S. 1987. Gräs för energiproduktion i norra Sverige. Art, kvävegödsling, skördetid. Sveriges lantbruksuniversitet, Konsulentavdelningen. Röbbäcksdalen meddelar 1987:13.
- Andersson, S. 1989. Gräs för produktion av energiråvara - Art, kvävegödsling, skördetid. Föredrag vid seminarium "Ny åkeranvändning inom skogslänen", 5-6 december 1989. Lantbruksstyrelsen. Jönköping.
- Burwall, J., & Wigge, B., 1992. Rörflen - Bränslekaraktäristik. Delrapport för projekt nr 917206 inom projekt Norrfiber november 1992. Stiftelsen Lantbruksforskning. Stockholm.
- Hadders, G., 1992. Omfattning och lokalisering av rörflenodlingar våren 1992. Slutrapport projekt nr 927027, Stiftelsen Lantbruksforskning. Stockholm.
- Olsson, R; Sandström, T; Dahlgren, O. & Andersson, L.-O. 1989. Sameldning energigrästorv. Miljö och ekonomi. Statens lantbrukskemiska laboratorium, rapport nr 63. Umeå.
- Persson, S., & Jansson, P., 1993. Bioenergi från åkermark. Demonstrationsanläggningar. Stiftelsen Lantbruksforskning. Stockholm.
- Segerud, K., 1993. Rörflenspulver i stora värmeverk. Fördjupad systemstudie av pulverbränsle av rörflen i Stockholm. Slutrapport projekt nr 927052, Stiftelsen Lantbruksforskning. Stockholm.
- Turesson, M. 1989. Kan vallgräs användas som energiråvara? Sveriges lantbruksuniversitet, Konsulentavdelningen. Fakta mark - växter nr 4.

Lauri Tuunanen
MTTK/VAKOLA
Vakolantie 55
FIN 03400 VIHTI

Markku Järvenpää
Työteho-seura (TTS)
BOX 13
FIN 05201 RAJAMÄKI

Energy from grassland biomass in Finland

Introduction

There are 140 district heating plants in Finland that are using biofuels. Peat is the most common "biofuel" (90 %), rest being wood based fuels. Most of them have small rake type furnaces, but fuelwise more flexible fluid bed furnaces are becoming more common, especially in over 5 MW class. However arable land is not used for energy production in Finland. There are plans to build a district heating plant in Loimaa that will use straw as fuel.

In Finnish conditions energygrass production is strongly connected to the overproduction of food. That overproduction and especially costs of exporting the surplus has led to a growing demand for diminishing food production. Because less food production needs less arable land there is a constant search for new uses for that area. In 1992 there were already over 0,5 million hectares of arable land out of food production in Finland which means almost a quarter of the total arable land. It has been said that we need only 60 % of the present arable land to our food production. Because most of that 40 % of arable land left is regarded as a reserve for future food production, reforestation and energy forest (willow) are not regarded as good solutions. Small areas can be used for spice plants and similar but the most potential alternative for large areas is so called non-food production. The present non-food research is mainly concentrated on substituting mineral oil with vegetable oils in diesel engines, hydraulic systems and chain saws. There is also need to find areas where agricultural products could be used as raw materials for industry, such as fiber for paper industry.

Energy production in Finland

The share of imported energy is about 2/3 of the energy used in Finland. In table 1 it can be seen that fossil fuels represent 46,5 % of total consumption. From domestic sources we can produce a little less than one third of our consumption, which is a good figure in international comparison. It has to be mentioned that more than half of energy from wood is produced of liquors in pulp industry, 22 % of industrial by-product and only one quarter is of firewood.

Table 1. Energy consumption in Finland 1992.

Energy source	Mtoe/a	Proportion/ %
Mineral oil	8,68	29,1
Coal	2,73	9,1
Natural gas	2,47	8,3
Nuclear power	4,55	15,2
Imported electricity	2,06	6,9
Imported energy, total	20,49	68,7
Wood	4,27	14,3
Peat	1,34	4,5
Water power	3,75	12,6
Domestic energy, total	9,35	31,3
Energy, total	29,85	100

Energy potential of grass

As mentioned earlier, energy production of grass is above all a question of agricultural and environmental policy. If there is a need to keep countryside vital there must be farmers to keep things going. And those farmers must earn their living somehow. A small calculation can be made to show an idea of the potential of energy grass. If that above mentioned million hectares of arable land is to be taken out of food production and half of it is used for energy grass production it means that 0,9 Mtoe of energy could be produced of grass annually. The calculation is made using 5000 kg/ha dry matter yield and 4 kWh/kg energy value. This means about the same amount of energy as produced annually of firewood. Naturally it also means that new power plants, suitable for burning grass has to be built in order not to decrease the use of wood and peat. Considering the worsening recession in Finland any boom of investing into domestic power or district heating plants is not in sight in the near future.

Production costs of grass

The production costs of energy grass can be divided into four categories: materials, cultivation, harvesting and transport. Materials consist of seed, fertilizer, herbicides and tarpaulin. Cultivation includes plowing, harrowing, sowing, rolling, spraying and fertilizing. Harvesting includes mowing, windrowing, baling and picking up the bales.

Table 2. Energy (canary) grass production costs

Cost type	Annual cost/ha FIM	Main cost of type annual cost/ha, FIM	Share / %
Materials	1310		43
- fertilizer		1070	(35)
Cultivation	186		6
- plowing		57	(2)
Harvesting	1250		41
-baling and picking up		936	(31)
Transport, 20 km	286		9
Total costs	3032		100

These costs are calculated according to 6600 kg/ha dry matter yield and they mean that the cost per energy unit is 115 FIM/MWh. Making the same calculation to straw results 904 FIM/ha and 84 FIM/MWh. These figures can be compared to other fuels but it has to be kept in mind that investment cost of a solid fuel plant is 5-6 times higher than that of oil or natural gas plant.

Table 3. Fuel prices i Finland 1992 (June).

Fuel	Price FIM/MWh
Wood chips	60 - 92
Wood chips, residue	55 - 65
Wood residues, liquers	0 - 20
Peat	47 - 48
Coal	36 - 42
Heavy fuel oil	72
Natural gas	60
Light fuel oil	134
Firewood (log)	144
(Canary grass) no market at the time	(115)
(Straw) no market at the time	(84)

Grass as fuel

Fuel characteristics can be divided into chemical and physical properties. Most important chemical properties of solid fuels are heat value, ash melting point and corrosion properties. Physical properties have mainly influence on fuel feeding systems and transportation costs. In the beginning of 1980's straw was the energy of arable land. At that time research was mainly concentrated on using straw in farm size furnaces. A relatively large research was also made of straw pelletation and use of pellets as fuel. Results on farm size furnaces were promising because of the fuel characteristics of straw and poor straw quality due to typically poor harvesting conditions. The result of the pellet research was that fuel characteristics problems can be solved but cost of pelletation was too high.

There has been no research on fuel properties of grass in Finland. The problems of grass as fuel are probably more or less the same as those of straw. Grass low ash melting point. Because it has low bulk density it has also low energy per volume ratio. Because of the physical structure grass has problems with fuel feeding systems.

Results mainly from Sweden and Denmark shows that harvest time has influence on grass and straw chemical composition. If grass is "washed" on field ash melting point becomes higher. It is due to change in chemical composition. That "washing" can also change the need of fertilization. Some tests with grass or straw for solving low ash melting point and fuel feeding problems have been made with fluid bed furnace. Ash melting point problem can be solved by mixing grass with peat, wood chips or coal.

Conclusions

Energy production on grassland in Finland is a question of agricultural policy. On present energy prices peat is too hard to be beaten. If there is going to be some financial support and if environmental taxation is going to change dramatically the price balance, new calculations has to be made. If only environmental taxation changes wood is going to be more likely alternative than grass in Finland.

Energy grass production has some advantages. It can be used in rotation of crops to improve soil structure, the cultivation technology is well known, machinery is available and it can also be integrated to straw utilization. Problems with burning can be solved with fluid bed technology.

There are still many questions left to be solved. There is only little knowledge on plants and varieties that are suitable for Finnish conditions. The influence of fertilization level, harvest time and physical or chemical treatment on fuel quality of grass is unknown. The type and scale of furnaces suitable for burning grass has to be found out as well as integration of grass to other fuels technically and geographically.

Timo Lötjönen & Jukka Pietilä
MTTK/VAKOLA
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI

The Chip Size Demand for Fuel Chips in Small Scale Heating Systems

Summary

- Fuel chips may contain a maximum of six weight percent of unchipped branches whose length is under 100 mm but more than 25 mm.
- If there are unchipped branches whose length is 200 mm or more, their maximum amount may not be more than three weight percent.
- The amount of long branches is the critical factor for chip quality, not the amount of needles.
- If the length of branches varies, as is usual, the feeding problems are more common than with one branch length.

Introduction

How suitable fuels are complete tree chips for small burners with chip feeding auger and small chip silo? Debranching is the most expensive operation in tree harvesting, and especially in harvesting small trees. By chipping complete trees, it is possible to reduce costs in fuel tree harvesting and hence fuel costs. In those Finnish farms that use wood-heating, the most common system is a small chip burner (< 50kW). In these burners chips are usually fed from a small store silo by an auger into a furnace. In chips made of complete trees, there are always thin unchipped branches. These may cause problems in chip feeding by jamming or reducing the chip flow. In this work we studied the length distribution demand for fuel chips in small scale heating systems, e.g. how much unchipped branches and needles the fuel chips may contain.

Chip burners are part of some kind of a central heating system. In these burners a thermostat puts on and off the auger which feeds chips into the furnace. The thermostat regulates the auger according to the energy demand of the heating system.

The auger has two types of rotating periods. First, an effective heating period begins when the temperature of the boiler water

goes down. Then the thermostat makes the auger rotate. The auger then brings more chips into the burner, they burn and the water temperature in the boiler goes up, which gives more energy. During the effective heating period the auger may rotate for e.g. two seconds and after that there is a 20-second pause, etc. The fuel chip consumption may be 10 kg/h (power 30 kW and chip moisture content 20 %).

Secondly, when the heating system has no energy demand, the auger begins to rotate according to the idling heating period. The aim of the idling heating period is to keep the burner fire burning when the heating system needs no energy. During the idling heating period the auger may rotate for one second and after that there is an 11-minute pause. The fuel chip consumption may be 0,3 kg/h (power 0 kW and moisture content 20 %).

If there are jams or irregularities in the chip flow, the energy demand is not supplied during the effective heating period. During the idling heating period the unevennesses may make the fire go out and, after that, effective heating period does not heat.

Material and methods

First we made burning tests to find out what is the minimum need for chips in satisfactory burning and heating during the effective and the idling heating period. In effective heating with 30 kW power, the minimum chip demand was 20 g/min. During the idling heating period, the chip demand was at least 5 g/ augers rotating period.

For test purposes we made various chip mixtures. The mixtures contained different amounts of good quality pine chips, 100 or 200 mm long thin birch branches and pine needles. The moisture content of the mixtures was 20-23%. The branch and needle percentages were based on the amounts measured from ordinary complete tree chips.

The chip mixtures were fed by an auger from the chip silo. We did not burn them but we weighted their mass in one-minute periods for 24 hours. In this way we could discover any possible unevennesses and breaks in the chip feeding into the furnace.

Table 1 presents the compositions in different chip mixtures and the average mass per minute you can feed them with the auger. The variance coefficient is also calculated.

Table 1. Composition of Chip Mixtures (mass percents), Average Fed Mass per Minute and Variation Coefficient.

Mixture number	Composition			Feeding	
	Branches, length		Needles	Av. mass of fed chips	Var. coeffic.
	100 mm	200 mm			
	%	%	%	g/min	%
1	0	0	0	130	11
2	3	0	10	109	18
3	6	0	10	86	31
4	9	0	10	67	61
5	0	3	5	108	22
6	0	6	5	87	49
7	0	9	5	43	107
8	1,8	1,2	5	117	26
9	1,8	1,2	10	104	27
10	3,6	2,4	10	77	56
11	5,4	3,6	10	36	121

After the feeding tests we counted the 10-minute moving averages of the fed amounts. Different mixtures were then valued to acceptable and unacceptable mixtures according to criteria described in the first paragraph. We valuated mixtures according to effective and idling heating properties. See Table 2 for the results.

Table 2. Results of Feeding Trials. (+) means acceptable and (-) unacceptable composition for reliable heating.

Mixture number	Composition			Feeding properties		
	Branches, length		Needles	1 = Idling 2 = Effective 3 = Total		
	100 mm	200 mm		1	2	3
	%	%	%			
1	0	0	0	+	+	+
2	3	0	10	+	+	+
3	6	0	10	+	+	+
4	9	0	10	-	-	-
5	0	3	5	+	+	+
6	0	6	5	-	-	-
7	0	9	5	-	-	-
8	1,8	1,2	5	+	+	+
9	1,8	1,2	10	+	-	-
10	3,6	2,4	10	-	-	-
11	5,4	3,6	10	-	-	-

Conclusions

If fuel chips contain less than six weight percent of unchipped branches, whose length is under 100 mm but more than 25 mm, the burner will heat reliably. If the chip contains unchipped branches whose length is 200 mm or more, their maximum amount should not be more than three weight percent. However, long branches make the chip feeding unreliable. If the branch lengths vary, as is usual, unevennesses are more common than with one branch length. The amount of branches is usually the critical factor for chip quality, not the amount of the needles.

The possibilities to promote the use of complete tree chips are cutting off the tree tops, developing the chippers, and using greater augers in the feeding or screening of chips.

Olev Praks
 SLU, Inst för lantbrukets byggnadsteknik
 Box 945
 220 09 Lund

Eldning med rörlenspelletter och spannmål i mindre förbränningsanläggningar.

Detta föredrag kommer att presentera några resultat som kommit fram ur försökseldning av pelletterat rörlen av olika kvaliteter samt spannmål. Försökseldningen skedde i tre olika mindre förbränningsutrustningar i LBT's eldningslaboratorium i Borgeby utanför Lund under perioden april till oktober 1992.

Följande förbränningsutrustning användes vid proven:

- * Fastbränslepanna Passat Compact C4 med en nominell effekt på 43 kW
- * Brännare Petry PB-BR 225 och panna Parca MEG. Brännarens nominella effekt: 225 kW
- * Brännare Petry PB-BR 45 och panna Diom DV 25K. Brännarens nominella effekt: 45 kW.

Följande bränslen användes:

- * Rörlen 100%, höstskördat
- * Rörlen 75% med resten trä, höstskördat
- * Rörlen 50% med resten trä, höstskördat
- * Rörlen 100%, vårskördat
- * Rörlen 75% med resten trä, vårskördat
- * Rörlen 50% med resten trä, vårskördat
- * Vete, "Kosack" -höstvete
- * Korn, "Mette" -tidigt vårkorn

Rörlensbränslena var i pellettform med diametern 8 mm.

Sammanlagt utfördes 28 st registrerade proveldningar enligt följande tabell:

Prov nr	Panna	Bränsle	Prov nr	Panna	Bränsle
1	Petry PB-BR 225	R 100H	15	Petry PB-BR 45	R 100V
2		R 100H	16		R 50V
3		R 75H	17		Vete
4		R 75H	18		Vete
5		R 50H	19		Korn
6		R 50H	20		Korn
7		R 100V	21	Passat Compact C4	R 100H
8		R 75V	22		R 100H
9		R 75V	23		R 75H
10		R 50V	24		R 75H
11		Vete	25		R 100V
12		Korn	26		R 50V
13	Petry PB-BR 45	R 100H	27		Vete
14		R 50H	28		Korn

Bränslebeteckningen t ex R 75H betyder att det gäller höstskördar rörlen med 75% rörlen och resten trä.

Bränsleanalyser.

Vattenhalterna i de höstskördade pelletterna med 100 resp 75 % rörflen var ganska höga, ca 10 %. För 50 % rörflen var den för hög, 14,1 %, för att kunna anses vara av god kvalitet. Det vårskördade materialet hade vattenhalter kring 5 % och var av mycket bra bränslekvalitet.

Det kalorimetriska värmevärdet för rörflenspelletterna var samma för höst- och vårskördat material, 18,7 MJ/kg TS (5,2 kWh/kg TS). Skillnaden i vattenhalt gav dock ca 4 % högre effektivt värmevärde för det vårskördade, 16,3 jämfört med 15,6 MJ/kg tot. Inblandning av trä höjde värmevärdet proportionellt i förhållande till trä mängden.

En jämförelse med en empirisk formel för värmevärdet för halm, vilken tagits fram vid LBT (Ivarsson & Nilsson, 1988), visar att formeln för halm även kan användas för rörflen, och för rörflen med träinblandning, med mycket bra överensstämmelse mellan formelvärden och analysresultat.

Askhalten var något högre för det vårskördade materialet, 5,4 % jämfört med 4,7 % för höstskördat material, vilket står i strid med uppfattningen att den skulle bli lägre på grund av att bladandelen är mindre i det vårskördade bränslet.

Inblandning av trä med mycket låg askhalt, 0,3 % av TS, sänkte blandpelletternas askhalt proportionellt i förhållande till träinblandningen.

Kväveinnehållet i det vårskördade materialet var jämfört med halm något högre, 1%, och ca 50 % högre än i det höstskördade materialet.

Smältpunkten för begynnande asksmälta höjdes från 1 010 till 1 370°C mellan höst- och vårskörd. Inblandning av trä hade här ingen positiv effekt, utan snarare sänkte smälttemperaturen.

För spannmålen gällde att båda spannmålspartierna var mycket välrensade och torra med 11,3 resp 12,4 % vattenhalt. Vetet höll god brödsäds kvalitet med proteinhalt 11,4 % och falltalet 340 sekunder.

Det kalorimetriska och effektiva värmevärdena låg i nivå med rörflen och halm, ca 18,5 MJ/kg TS (5,15 kWh/kg TS) resp 15 MJ/kg tot (4,15 kWh/kg tot). Värmevärdena stämde väl överens med beräknade värden enligt LBT:s formel.

Ashalterna var förhållandevis små, 2,1- 2,5 % av TS. Svavelhalten låg på 0,13 resp 0,14 % vilket är högt jämfört med rörflen, men i nivå med vad som brukar anges för spannmålshalm. Även kväveinnehållet var högt, ca 1,4 %.

Askans temperatur vid begynnande smältning var för korn 1 000°C medan vetets asksmälttemperatur var mycket låg, 660°C.

Samtliga analysvärden framgår av tabellen Bränsleanalyser.

Emissioner.

Rörflen

Emissionerna av koldioxid CO₂, givna som medelvärden under tre-timmarsperioder uppvisade stora variationer. Det höstskördade rörflenet gav de högsta emissionsvärdena, i vissa fall mycket höga kring 8 000 mg/m³n men även för det vårskördade förekom mycket höga värden. För den stora Petry-brännaren PB-BR 225 låg flertalet värden under gränsvärdet 500 mg CO₂/m³n medan endast enstaka prov för de båda andra utrustningarna klarade gränsvärdet.

Emissionerna av stoft uppvisade för den stora brännaren PB-BR 225 ett klart positivt samband mellan stoft- och CO₂-emissioner. Samma prov som klarat gränsvärdet för CO₂

klarade också gränsvärdet för stoft på 350 mg/m³n. För de andra utrustningarna underskreds gränsvärdena i samtliga fall med ett undantag.

Emissionerna av NO_x var förhållandevis små och låg på en ganska jämn nivå. Passat Compact C4 var den utrustning som gav flest värden över 200 mg/MJ tillfört bränsle, som enligt praxis anses vara ett gränsvärde för anläggningar större än 10 MW.

Spannmål

Emissionerna av CO var vid förbränningen i de båda Petry-brännarna mycket låga, medan Passat-pannan uppvisade relativt höga värden, 1 669 resp. 1 440 mg/m³n vid luftfaktorn 1,6.

Även NO_x-emissionerna var för Petry-brännarna lägre än det från Passat-pannan. Emissionsnivåerna var relativt höga och högst från Passat-pannan med ca 450 mg/MJ. Vid jämförelse med utsläppsnivåerna för rörfilen konstaterades för Passat-pannan ett tydligt positivt samband mellan bränslets kväveinnehåll och NO_x-emissionen.

För emissionerna av stoft rådde det omvända förhållandet, dvs. att Passat-pannans utsläpp var små, medan däremot utsläppen från de båda Petry-brännarna var högre än rådande gränsvärde.

Samtliga mätta emissioner framgår av tabellerna rökgasemissioner.

Funktion i pannor.

Funktionen hos den stora Petry-brännaren var under samtliga proveldningar med rörfilen tillfredsställande oavsett askmängder eller askornas benägenhet att sintra. Också de båda spannmålsslagen kunde eldas utan större problem. Detta kan tillskrivas den omfattande utrustning som brännaren är utrustad med för att hantera askan. Ytterligare förbättringar är dock möjliga genom vissa mindre ändringar.

Passat Compact C4 fungerade också bra under rörfilensproven med undantag av att de stora askvolymerna som rörfilenspelleterna gav upphov till ställde större krav på tillsyn än vad som kan anses vara bekvämt. För Passat Compact gäller att eldning med vete inte fungerade tillfredsställande, medan eldning av korn visade en acceptabel funktion. Även här finns utrymme för förbättringar.

Den lilla Petry-brännaren, PB-BR 45 fungerade inte till belåtenhet för något av de provade rörfilensbränslena. Avsaknaden av en bra, fungerande askhanteringsutrustning gjorde att förbränningsutrymmet blev överfyllt efter viss tid. Av spannmålsslagen sintrade vetet i botten av förbränningsutrymmet och i avsaknad av askskrapa blev funktionen dålig för både vete och korn. Att förse brännaren med en askskrapa liknande den i den större modellen skulle vara en mycket stor och sannolikt tillräcklig förbättring.

Kort-sammanfattning i 3 punkter.:

- * Inblandning av trä i höstskördat rörfilen höjer inte asksmälttemperaturen
- * Stora skillnader i asksmälttemperatur mellan vete och korn
- * Den mest påkostade förbränningsutrustningen fungerade bäst.

Litteratur:

Ivarsson, E. & Nilsson, C. 1988. Smälttemperaturen hos halmaskor med respektive utan tillsatsmedel. Sveriges lantbruksuniversitet. Inst för lantbrukets byggnadsteknik (LBT). Spec. medd. nr 153. Lund.

Rökgasemissioner från Petry PB-BR 225.

Prov nr	Bränsle	O ₂ %	CO ₂ %	CO ppm	CO mg/m ³ n (8 % O ₂)	NO ppm	NO _x som NO ₂ mg/MJ	Stoft mg/m ³ n tg (8 % O ₂)
1	R100 H	10,1	7,8	4649	6773	151	145	890
2	R100 H	4,9	13,7	5075	3595	134	87	653
3	R 75 H	9,3	9,8	1894	2534	151	135	601
4	R 75 H	10,7	7,4	410	631	168	171	468
5	R 50 H	11,2	6,9	242	389	171	188	239
6	R 50 H	13,7	4,7	240	474	158	235	232
7	R 100 V	13,3	6,4	81	154	130	168	168
8	R 75 V	11,3	8,7	144	234	172	172	166
9	R 75 V	10,3	9,8	77	114	215	195	256
10	R 50 V	11,5	8,7	140	233	154	149	179
11	Vete	9,8	8,4	84	119	251	244	487
12	Korn	10,4	5,7	11	17	175	180	541

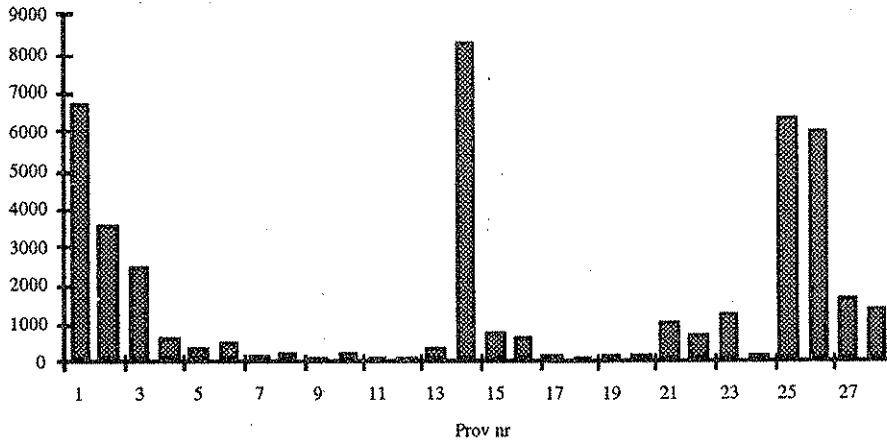
Rökgasemissioner från Petry PB-BR 45.

Prov nr	Bränsle	O ₂ %	CO ₂ %	CO ppm	CO mg/m ³ n (8 % O ₂)	NO ppm	NO _x som NO ₂ mg/MJ	Stoft mg/m ³ n tg (8 % O ₂)
13	R100 H	13,3	5,1	174	332	139	189	
14	R50 H	15,2	2,8	3813	8345	140	262	141
15	R100 V	14,5	4,3	389	809	140	212	67
16	R50 V	9,3	9,2	481	640	158	124	295
17	Vete	13,2	5,3	79	150	211	293	321
18	Vete	9,8	7,8	81	113	229	221	597
19	Korn	14,1	4,6	65	132	189	300	498
20	Korn	12,0	6,6	128	221	174	212	

Rökgasemissioner från Passat Compact C4.

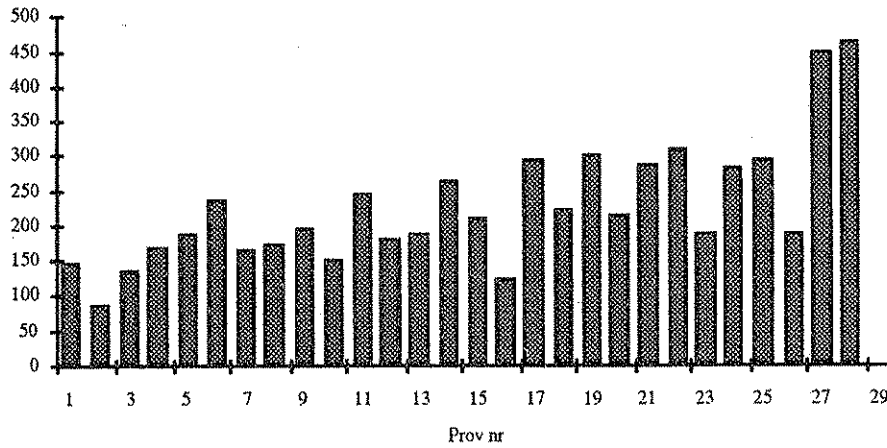
Prov nr	Bränsle	O ₂ %	CO ₂ %	CO ppm	CO mg/m ³ n (8 % O ₂)	NO ppm	NO _x som NO ₂ mg/MJ	Stoft mg/m ³ n tg (8 % O ₂)
21	R 100H	11,4	6,5	640	1046	263	286	
22	R 100H	10,7	6,9	446	688	304	310	
23	R 75 H	7,0	11,2	1283	1294	253	189	290
24	R 75 H	7,8	10,0	182	204	357	283	285
25	R 100V	13,1	5,5	3405	6414	232	292	141
26	R 50 V	12,6	6,1	3363	6080	170	186	1673
27	Vete	14,3	4,6	810	1669	274	447	102
28	Korn	11,9	6,8	841	1440	386	464	191

Koloxid CO mg/m³n 8 % O₂



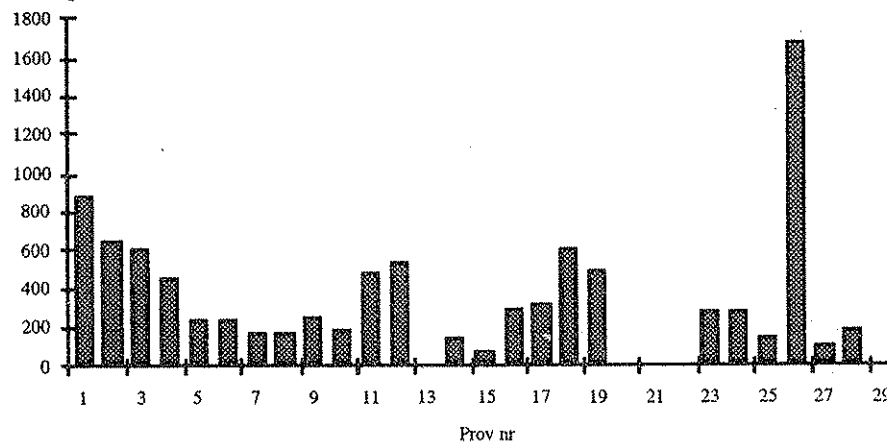
Medelvärden av CO-emissioner av samtliga proveldningar.

NO_x mg/MJ



Medelvärden av NO_x-emissioner av samtliga proveldningar.

Stoft mg/m³n 8 % O₂



Medelvärden av stoft-emissioner vid samtliga proveldningar.

Forsker Hans Rasmus Holte og Førstemanuensis Trygve Græe
Norges Landbrukshøgskole, Institutt for Tekniske Fag
Postboks 5065
1432 ÅS
NORWAY

Store biobrenselanlegg

Large biofuel plants

Summary

Norway has a large surplus of biofuel. Lately we have got restrictions on open burning of wastes by law. We have too few plants to handle all wastes suitable for combustion under acceptable control. At many plants, biofuel waste mass are offered free delivered at the site or even with a considerable additional fee.

There are different types of boilers suitable for biomass combustion. The most common boiler at medium and large scale plants are boilers with grates of different types and suitable for simple and specific biomass like bark and wood wastes with limited moisture content. This type of boilers gives limited control of combustion temperature, other combustion parameters and emissions.

The most advanced boilers used today are of the fluidized bed, FB, type, either the bubbling fluidized bed, BFB, type or of the today still more advanced circulating fluidized bed, CFB, type. Fluidized bed type boilers might give a complete combustion of a wide range of biofuel at a wide range of moisture content. They can also control an even temperature throughout the reactor chamber and at the same time the temperature level very closely, which is important in the pollution control e.g. NO_x .

Certain chemicals can be added to the fuel like china clay (kaolin) to control melting or slagging of e.g. strawfuel, and lime (CaCO_3) to control SO_2 -emissions by conversion to gypsum.

Plants of the mentioned types are expensive. The investment costs of a complete plant of 2 - 10 MW varies from 17 to 32 mill. NOK. A plant with a bubbling fluidized bed is about 10-15 % more expensive than a plant with a tilted grate. A plant with a circulating fluidized bed is about 25-30 % more expensive than a plant with a tilted grate.

The investment costs for each MW installed decreases with increasing plantsize. An increase of the plant from 2 to 4 MW almost halves the investment costs for each MW installed. For plants larger than 8 MW the investment costs for each MW installed seem to decrease rather little.

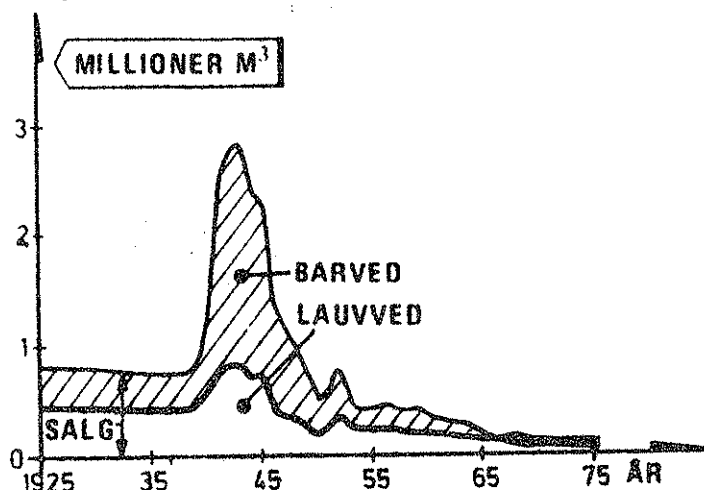
Good economy of combustion plants depends primarily on plant size, fuel costs and a stable energy demand according to plant capacity throughout the year. A combined market for heating, processing and electricity is desirable. Running a plant continuously at full capacity gives also reduced maintenance.

Biofuel plants environment control contribution will most likely play an important future role in Norway by taking care of parts of our wastes which at the same time might encourage biofuel plants investment.

1. Innledning

Situasjons-beskrivelse

Norge disponerer store energiresurser i form av både vannkraft, olje og gass. Vi har og store utnyttede ressurser med biobrensel. Forbruket av trebrensel nådde en høy topp under 2.



Figur 1: Forbruk av brenselved 1925 - 75.

verdenskrig da det var knapphet på energi, se figur 1. Under og straks etter krigen var landet sterkt opptatt av en bærekraftig balanse i våre bioenergiressurser.

Senere har vedforbruket vårt gått ned, noe figur 1 illustrerer, til fordel for olje og elektrisk oppvarming. I det siste har vi i stedet fått flere store biobrensel-anlegg ved våre treforedlings-bedrifter og treindustri. Disse har store mengder avfall egnet som brensel fra egen virksomhet og også god tilgang på slikt avfall fra andre.

Avfall

Forbudet mot åpen brenning av avfall og restriksjoner på deponering av avfall har nå kommet med stor tyngde. Mange må derfor nå betale betydelige avgifter på opp til flere hundre kroner per tonn for å kvitte seg med slikt avfall. I beste fall er det mulig å få levere treavfall vederlagsfritt på forbrenningsanleggene. Mange leverer biobrenselet sitt til Sverige i mangel på avsetning i Norge eller som følge av bedre betingelser i Sverige.

Behov for forbrennings-anlegg

Det foreligger et stort behov for biobrenselanlegg i Norge. Slike anlegg bør ta hånd om de store biomassene vi har, i stedet for å la dem bli liggende å råtne. Ved forråtnelse vil vi kunne få forurensende sivevann til vassdrag og grunnvann. Vi vil også kunne få oppblomstring av soppsporer og betydelig lukt. Biobrenselanlegg vil også bidra til å redusere utslipp av den sterkt globalt drivhusvirkende gassen CH_4 i tillegg til CO_2 til atmosfæren. Under biologisk nedbryting med redusert O_2 -tilgang, utvikles CH_4 som har 20-25 ganger så stor global drivhusvirkning som CO_2 .

Forbrenning i gode anlegg

Vi har inntrykk av at det i dag er bred enighet om at forbrenning i gode anlegg er den mest miljøvennlige måten å destruere avfall på. Kan vi samtidig utnytte energien som frigjøres, kan vi redusere forbruket av fossilt brensel tilsvarende med tilhørende miljøgevinst.

Store anlegg

Utviklingen har gitt oss avanserte forbrenningsanlegg med høy virkningsgrad og god kontroll med utslippene av partikler og gasser. Anleggene må lages store for å få kontroll med kostnadene. Samtidig vil størrelsene åpne for god overvåking med profesjonell betjening.

Prosjekt; "Foredling av grovfôr og biobrensel "

Vi har nettopp startet opp et nytt prosjekt, "Foredling av grovfôr og biobrensel", med utgangspunkt i å utnytte rimelig overskuddsvarme/spillvarme fra store biobrenselanlegg til tørking av fôr, flis og annen aktuell biomasse til kommersielle produkt. Samtidig har vi tatt mål av oss til å bidra til å få bygge et biobrenselanlegg ved og for Norges Landbrukshøgskole. Anleggets størrelse kan komme til å dreie seg om 4-8 MW alt etter hvilket konsept og omfang vi måtte velge.

Vi vil se på om vi kan utvikle biobrenselanlegget ved NLH som modell for et bygdesamfunn med en eller flere tunge energibrukere og god tilgang på biobrensel i nærområdet. Vi vil samtidig se på behovet for og muligheten til å destruere kildesortert avfall egnet som brensel fra næringslivet i bygdene. Vi vil også se på om det på sikt kan la seg realisere å organisere og ta hånd om kildesortert husholdningsavfall ved slike anlegg.

Store biobrensel-anlegg

Vi er nye i faget og har liten erfaring med store biobrenselanlegg selv. Vi er derfor henvist til å referer andre. Vi vil konsentrere oss om tre hovedtyper av anlegg; 1) Kjel med rist, 2) Kjel med boblende fluidized bed og 3) Kjel med sirkulerende fluidized bed.

2. Ulike anleggskonsepser

Biobrensel kan inneholde store mengder vann og flyktige bestanddeler. Dette må tas nøye hensyn til ved utformingen av brennkammer, lufttilførsel og røykgasssystem i biobrenselanlegg. Da forskjellige biobrensel kan ha forskjellig vanninnhold og svært forskjellige egenskaper forøvrig, er det derfor de færreste anleggstyper som kan brenne alle typer biobrensel på en forsvarlig måte.

Det finnes en rekke ulike forbrenningsanlegg for biobrensel. Det som skiller anleggene mest fra hverandre er teknologien i selve reaktoren der uttørking, forgassing, forbrenning og sluttforbrenning av brenselet skjer. Blant større anlegg vil vi trekke fram to ulike teknologier. Det er Fluidized bed teknologi og teknologi for ovner med rist. Innen disse to store gruppene finnes det igjen flere forskjellige varianter. Vi vil her legge fram noen få av disse konseptene.

Fluidized bed anlegg består i prinsippet av en sandseng, der det tilføres luft under eller i sandsenga. Når denne lufta har stor nok hastighet, virvles sanden opp slik at den begynner å boble, slik at den oppfører seg som en kokende væske. Brenselet føres inn i dette virvlende sandsjiktet. Den varme sanden vil da komme i kontakt med brenselet og aktivisere forbrenningen, og brenselet vil gjennomgå forbrenningsprosessen i kontakt med sand. Dette gir muligheter for å opprettholde jevne og stabile forbrenningsbetingelser i reaktoren.

Når det tilføres så mye luft under sanden at denne blir stående å koke i en stabil fase, kalles det en boblende fluidized bed. Lufthastigheten kan imidlertid økes så mye at sandpartikler rives med røykgassene og forlater reaktoren. Disse må da fanges opp igjen i en syklon og føres tilbake til reaktoren. Når dette gjøres, kalles det en sirkulerende fluidized bed. Partiklene og forbindelsene i brenselet og etter hvert røykgassene vil på denne måten ha en lengre oppholdstid i kontakt med sanden.

I tillegg til at luft tilføres under sandsengen, er det også vanlig å tilføre luft og å tilbakeføre røykgass oppover i reaktoren for å få optimale forbrenningsbetingelser.

Sand som benyttes i FB-anlegg er som regel kvartssand. Av hensyn til dannelse av glass kan ikke temperaturen i sanden komme nevneverdig over 900°C. Dette er imidlertid også gunstig for å redusere utslippene av NO_x. Sanden kan med enkelhet tilsettes stoffer som binder og gjør det mulig å skille ut uønskede forbindelser. Dette gir muligheter for god kontroll med utslipp.

Forskjellen på boblende fluidized bed og sirkulerende fluidized bed er illustrert i vedlegg 1. Vedlegg 2 illustrerer et komplett sirkulerende fluidized bed anlegg. Ved siden av selve reaktoren og sandutskillersyklonen sees en kalksteinssilo (limestone silo) for dosering av kalkstein inn i kvartssanden for å binde svovel i svovelholdig brensel. Ved brenning av halm vil også kalkstein føre til en heving av smeltetemperaturen på asken, noe som er et problem som

medfører slaggdannelse og sintring ved forbrenning. Kaolin og dolomitt har vist seg å ha enda større effekt på smeltepunktet på halmaske (IVARSSON & NILSSON, 1988).

I ristovner mates brenselet inn på en rist og gjennomgår forbrenningen der. Risten er ofte perforert, slik at det kan tilføres luft under risten. Det kan også tilføres luft oppover i reaktoren.

Ristovner skilles fra hverandre på hvordan risten er utformet. En svært vanlig utforming er at risten er skråstilt. Hellingen på risten må være nøye avstemt med det brensel som skal benyttes. Brenselet mates inn på toppen av risten, og gjennomgår en uttøring, forgassing, forbrenning og sluttforbrenning etter hvert som det faller nedover risten. Nederst er det vanlig med en bevegelig rist eller skrue til utmating av aske. Skråristen har vist seg å være en god og effektiv konstruksjon til barkforbrenning. Det er imidlertid begrensede muligheter til å styre tørke og forbrenningsprosessen. Dette skaper problemer når vanninnholdet i brenselet varierer mye (BORGNES, KROGSTAD & NERGÅRD, 1991). En ovn med skråstilt rist er illustrert i vedlegg 3.

En annen utforming av ristovner kan være en bevegelig rist. Risten er her utformet som et endeløst transportbånd bestående av perforerte ristelementer koplet til et kjede. Luft kan tilføres gjennom de små hullene i ristelementene. Dette kan være forvarmet luft, og tilførselen skjer ofte i flere regulerbare soner. Det er vanlig å mate brenselet inn på vandreristen med en mekanisme som kaster det innover risten, mot ristens vandreretning. Dette kalles en spreader stoker. De tyngste brenselbitene, som har behov for lengst oppholdstid i reaktoren, vil da bli kastet lengst inn på risten og få en tilsvarende lengre oppholdstid på denne før det mates ut over enden av risten som aske. De små og lette partiklene vil derimot stanse og falle raskt ned på risten, mens de tørreste små partiklene vil gjennomgå tørking, forgassing og forbrenning før de rekker å falle ned på risten. Et anlegg med vandrerist er illustrert i vedlegg 4.

En del partikler vil alltid følge med røygassen. Disse må skilles ut før røygassen slippes ut. Det er stor forskjell på utslipp fra de ulike anleggstypene. Det stilles derfor ulike krav til etterrensingen av røygassene.

I følge Helge Rosvold ved SINTEF i Trondheim er det kun forbrenningssystemet fluid bed (FB) som har stor fleksibilitet m.h.t. variasjon i brenselkvalitet.

Med bistand fra Ragnar Saue ved Moss Varmeteknikk i Norge og Mikko Kara ved Ahlström i Finland har vi i vedlegg 6 satt opp en sammenligning av egenskaper de ulike anleggstyper har.

3. Anleggskostnader

I tabell 1 er det, med hjelp fra overingeniør Ragnar Saue, satt opp budsjettpriser på komplette anlegg som Moss Varmeteknikk kan levere av typen sirkulerende fluidized bed, boblende fluidized bed og skråristovn med bevegelig underrist. Tallene er satt opp med utgangspunkt i erfaringer fra tilsvarende anlegg som er bygget.

Tabell 1: Budsjettpriser på komplette anlegg (SAUE, 1993).

Kjeltype	Sirkulerende fluidized bed	Boblende fluidized bed	Skrårist
Størrelse [MW]	[Mill. NOK]	[Mill. NOK]	[Mill. NOK]
2	22	19	17
4	23	20	18
6	25	23	20
8	28	25	22
10	32	28	25

Prisene gjelder for ett komplett anlegg og inkluderer følgende: Bygning, kjel, pumper, vifter, kontrollutstyr for automatisk drift av anlegget, innmating av brensel, utmating av aske, posefilter, skorstein, rørledninger, elektriske installasjoner, igangkjøring og testing. Virkningsgraden vil variere mellom 85% og 92% avhengig av belastning og brensel. Budsjettprisene er basert på 10-12 bar mettet damp. For å øke trykket til 40 bar og temperaturen til 375 °C vil prisene øke med 4-5%.

Prisene vil sikkert variere mellom ulike produsenter av kjeler. De gir imidlertid en god illustrasjon av hvordan prisforholdet mellom ulike anleggsstørrelser og -typer forholder seg i dag.

Grunnlagsinvesteringene er nogenlunde de samme for alle typer anlegg. I følge Jan Sandviknes ved Kjelforeningen - Norsk Energi, utgjør selve forbrenningsenheten med kjel og reaktor ca. halve investeringen. Dette gjør at forskjellene i investeringskostnader på ulike anleggskonsepter ikke er så store.

Ved å investere i et boblende fluidized bed anlegg framfor et skråristanlegg, øker investeringen med ca. 12%. Dette må da karakteriseres som en investering i et anlegg med miljømessig bedre kvaliteter og dessuten med større brenselfleksibilitet.

For en sirkulerende fluidized bed, som gir enda større fleksibilitet og mindre utslipp, øker merinvesteringen med ca. 25-30 % i forhold til et anlegg med skrårist, og ca. 10-15 % i forhold til et anlegg med en boblende fluidized bed.

I tabell 2 er tallene fra Saue satt opp sammen med relative kostnader per installert MW i millioner norske kroner (NOK).

Tabell 2 Budsjettpriser på ulike komplette anlegg (SAUE, 1993).

Kjeltype	Sirkulerende fluidized bed		Boblende fluidized bed		Skrårist	
	[Mill. NOK]	[Mill. NOK/MW]	[Mill. NOK]	[Mill. NOK/MW]	[Mill. NOK]	[Mill. NOK/MW]
2	22	11,0	19,0	9,5	17,0	8,5
4	23	5,8	20,0	5,0	18,0	4,5
6	25	4,2	23,0	3,8	20,0	3,3
8	28	3,5	25,0	3,1	22,0	2,8
10	32	3,2	28,0	2,8	25,0	2,5

Tabell 2 er også nærmere illustrert i figuren i vedlegg 5. Dette viser tydelig hvordan kostnaden per installert MW faller ved økende anleggsstørrelse. Fra 2 til 4 MW skjer det nesten en halvering av anleggskostnaden per installert MW. For anlegg større enn 8 MW faller kostnaden per installert MW relativt lite.

Konklusjonen på dette er at det er svært viktig at anlegg av denne typen dekker et stort energibehov.

Det er også viktig å utnytte kjelens kapasitet best mulig og mest mulig kontinuerlig for å få god økonomi, høy virkningsgrad og best mulig kontroll med forbrenningsbetingelsene med påfølgende bedre kontroll over utslipp til miljøet og mindre vedlikehold.

Ved produksjon av varme til oppvarmingsformål, er behovet ofte ujevnt fordelt over året.

Kjelens kapasitet og driftstid kan da utnyttes ved leveranse av varme til prosessindustri, f.eks. foredling av grovfor og biobrensel og i tillegg kombinert med mottrykksturbin for el. produksjon. I tillegg til merkostnadene på 4-5 % av de nevnte kostnader for å få så høyt trykk og høy temperatur at mottrykksturbin kan benyttes, krever investering i en mottrykksturbin på 0,75 MW og en tilhørende generator med installasjon og nødvendig utstyr ca. 1,65 mill. NOK.

4. Muligheter for biobrenselanlegg

Åpen brenning og brenning av avfall i små-ovner uten kontroll med temperatur gir ufullstendig forbrenning som fører til luktende og sotende utslipp. Dette kan gi trivselsulemper og mulige helseskadelige virkninger.

I dag kan Stantens Forurensningstilsyn (SFT) med hjemmel i Forurensningsloven fatte enkeltvedtak mot åpen brenning av produksjonsavfall. Det forekommer at kommuner har forbrenningsbur som avfallsbehandlingsanlegg. Dette regner SFT som åpen brenning og kommunene blir pålagt å avvike disse burene. I tillegg brennes avfall på en del kommunale fyllplasser. Dette er forbudt og reguleres i forbindelse med Fylkesmannens konsesjonsbehandling. Åpen brenning av produksjonsavfall som regelmessig behandlingsmetode er forbudt. SFT pålegger derfor levering av avfallet til godkjent behandlingsanlegg (STATENS FORURENSNINGSTILSYN, 1991).

De strenge bestemmelsene mot åpen brenning av avfall, fører til at det hoper seg opp store mengder avfall godt egnet som brensel. Dette merkes ved at det er overflod på biobrensel i Norge i dag: Noe brennes gratis i større forbrenningsanlegg, og det betales også betydelige avgifter for å få levere slikt avfall. Store mengder blir også deponert med tilhørende deponikostnader, da det ikke finnes andre avtagere for dette. Vi har kommet til at vanlige avgifter for å få levere avfall ligger på ca. 400 NOK/tonn + MVA. Enkelte steder slipper man med halv avgift for lass med rent trevirke. Noe blir også transportert til Sverige. Vi har registrert tilfeller av transport av malt trebrensel på opp til 300 km til Sverige.

Av hensyn til den store tilgangen på svært rimelig brensel, ser vi i dag på kort sikt små muligheter for at slike forbrenningsanlegg kan ha noen særlige behov for å betale for biobrensel. Transportkostnaden vil imidlertid kanskje måtte dekkes. På lang sikt kan imidlertid situasjonene endre seg. Mulighetene for uforedlet og lite foredlet biobrensel vil uansett ligge i rasjonelle opplegg for oppsamling og inntransport.

Med avanserte multibrenselanlegg har vi muligheter for å hjelpe landet med å ta hånd om det stigende avfallsproblemet på en bedre måte. Her vil mye av økonomien i slike anlegg kunne ligge ved at leverandørene av avfall betaler en avgift tilsvarende den miljøkostnad dette avfallet måtte vurderes å ha for anlegget. De inntektene dette kan gi, vil da dekke merkostnadene for et avansert anlegg som kan brenne "problembrensel" på en forsvarlig måte, framfor et noe rimeligere anlegg mindre egnet til å ta hånd om avfall. Inntektene ved å ta hånd om avfall vil også måtte være med å dekke behovet for bedre renseutstyr, bedre overvåkningsutstyr, merkostnader for tilsatsstoffer for å binde uønskede komponenter, oppmaling og annet merarbeid fordi avfallet er mer arbeidskrevende å ta hånd om.

Kravene til forbrenning og forbrenningsanlegg blir stadig skjerpet. Det er grunn til å ta hensyn til det ved investering i nye anlegg og velge anleggstyper med fleksibilitet og forutsetning for å oppfylle framtidig utslippskrav.

5. Konklusjon

Det er overflod av biobrensel i Norge i dag. Med avanserte forbrenningsanlegg kan man ta seg betalt for å brenne visse typer avfall. Dette kan være med å gjøre slike anlegg konkurransedyktige med enklere anlegg bundet opp til et enkelt høyt foredlet brensel.

For å kunne brenne mange typer brensel på en miljømessig forsvarlig måte, og derved stå fritt ved valg av brensel, kreves altså avanserte anlegg. Slike anlegg er kostbare, og ligger fra ca. 20 mill. NOK og oppover, avhengig av størrelse. Mye av kostnadene ligger imidlertid i grunnlagsinvesteringene som er de samme for alle typer anlegg.

Totalinvesteringen i et Fluidized Bed anlegg er 10-30 % større enn investeringen i et anlegg med skrårist, avhengig av anleggskonsept. Et fluidized bed anlegg har da tilsvarende mye bedre miljømessige kvaliteter enn et anlegg med skrårist, og har samtidig en større brenselfleksibilitet

Anleggskostnaden per installert MW blir kraftig redusert fra anlegg på ca. 2 MW til et anlegg på ca. 4 MW. Kostnaden fortsetter å falle per installert MW opp til ca. 8 MW. Derfra ser kostnaden ut til å flate ut. For å oppnå god økonomi med så avanserte anlegg vil det følgelig være god lønnsomhet i at anlegget dekker et stort energibehov.

Kontinuerlig drift med høy last på anlegget mesteparten av året vil fordele anleggskostnaden på en stor produksjon. For anlegg primært bygget for varmeproduksjon i vinterhalvåret, kan driften økes ved foredling av grovfor og biobrensel, el. produksjon, produksjon av varme til andre helårsbrukere eller produksjon av prosessvarme til andre formål.

6. Litteratur

BORGNES, D., KROGSTAD, O. & I.O. NERGÅRD. 1991. Avvanning og forbrenning av slam. Kjelforeningen - Norsk Energi, Norske Skog A.S. - Follum Fabrikker. 123 s.

GÖTAVERKEN ENERGY. 1988. The Götaverken CFB Boiler. 16 s.

IVARSSON, E. & C. NILSSON. 1988. Smälttemperaturen hos halmaskor med respektive utan tillsatsmedel. Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Avdelningen för

jordbrukets byggnads- og klimatteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet. ISBN 91-576-3500-5. Specialmeddelande 153.

KARA, M. 1993. Boiler type comparison. Ahlström. Finland

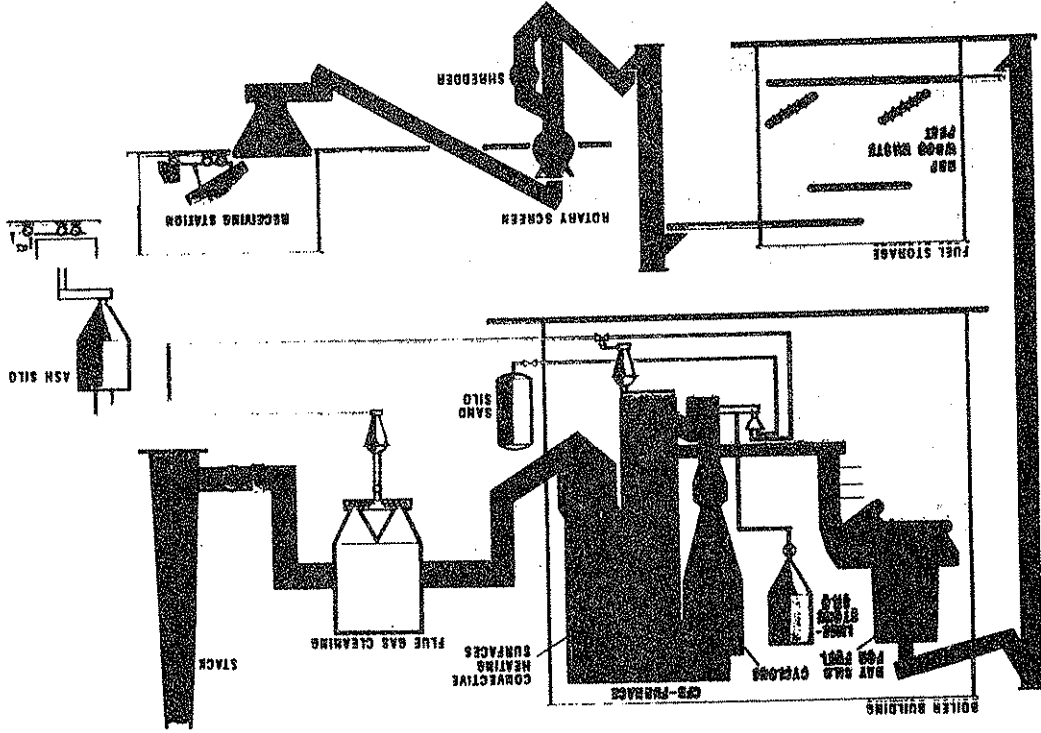
ROSVOLD, H. 1992. Bioenergi i Drammen. Potensialer, kostnadsrammer og miljø. ISBN 82-595-7225-7. 30 s.

SANDVIKNES, J. 1993. Pers. med.

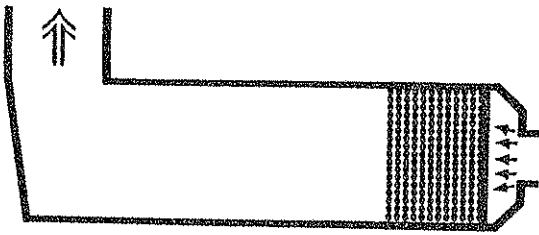
SAUE, R. 1993. Budsjettpriser. Oversendelse fra Moss Varmeteknikk. 3 s.

STATENS FORURENSNINGSTILSYN. 1991. Små-ovner og åpen brenning. Fakta nr. 2.

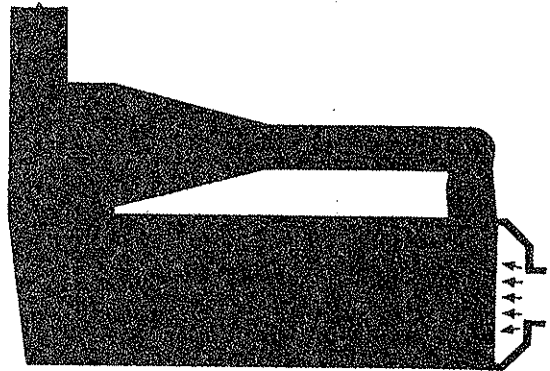
Vedlegg 2: Komplette anlegg av typen sirkulerende fluidized bed (Götaverket Energy).



Vedlegg 1: Illustrasjon over forskjellen på boblende fluidized bed og sirkulerende fluidized bed anlegg (Götaverket Energy).



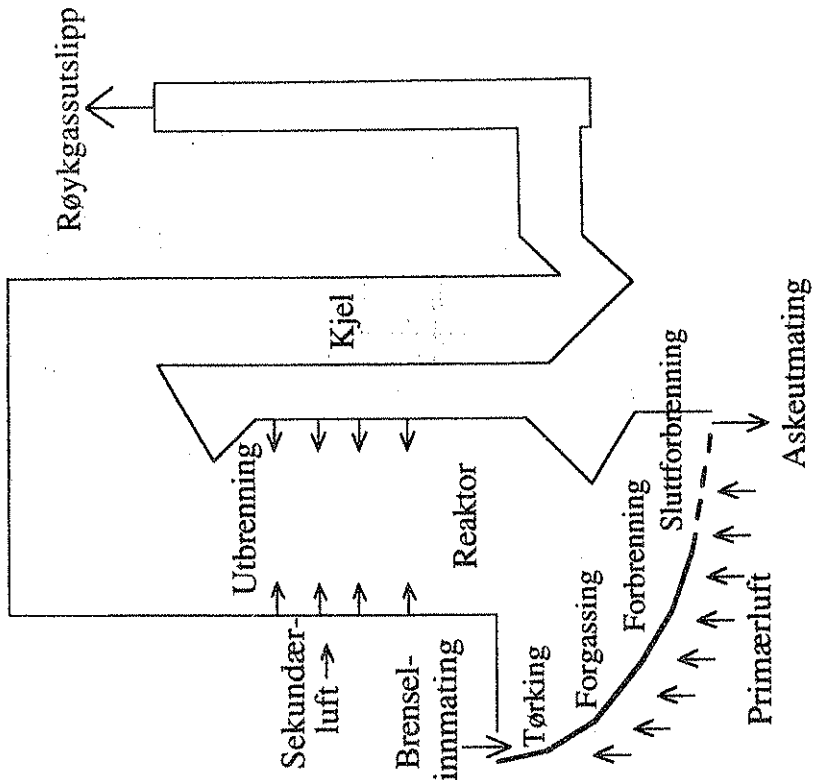
Early Bubbling Bed Design



Current Circulating Fluidized Bed Design

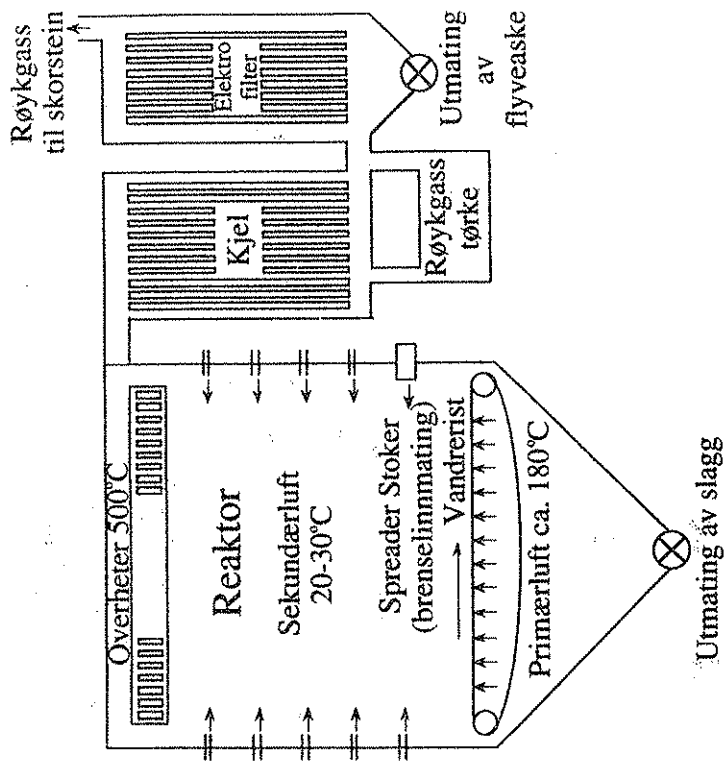
Vedlegg 3: Ovn med skrårist

Ovn med skrårist

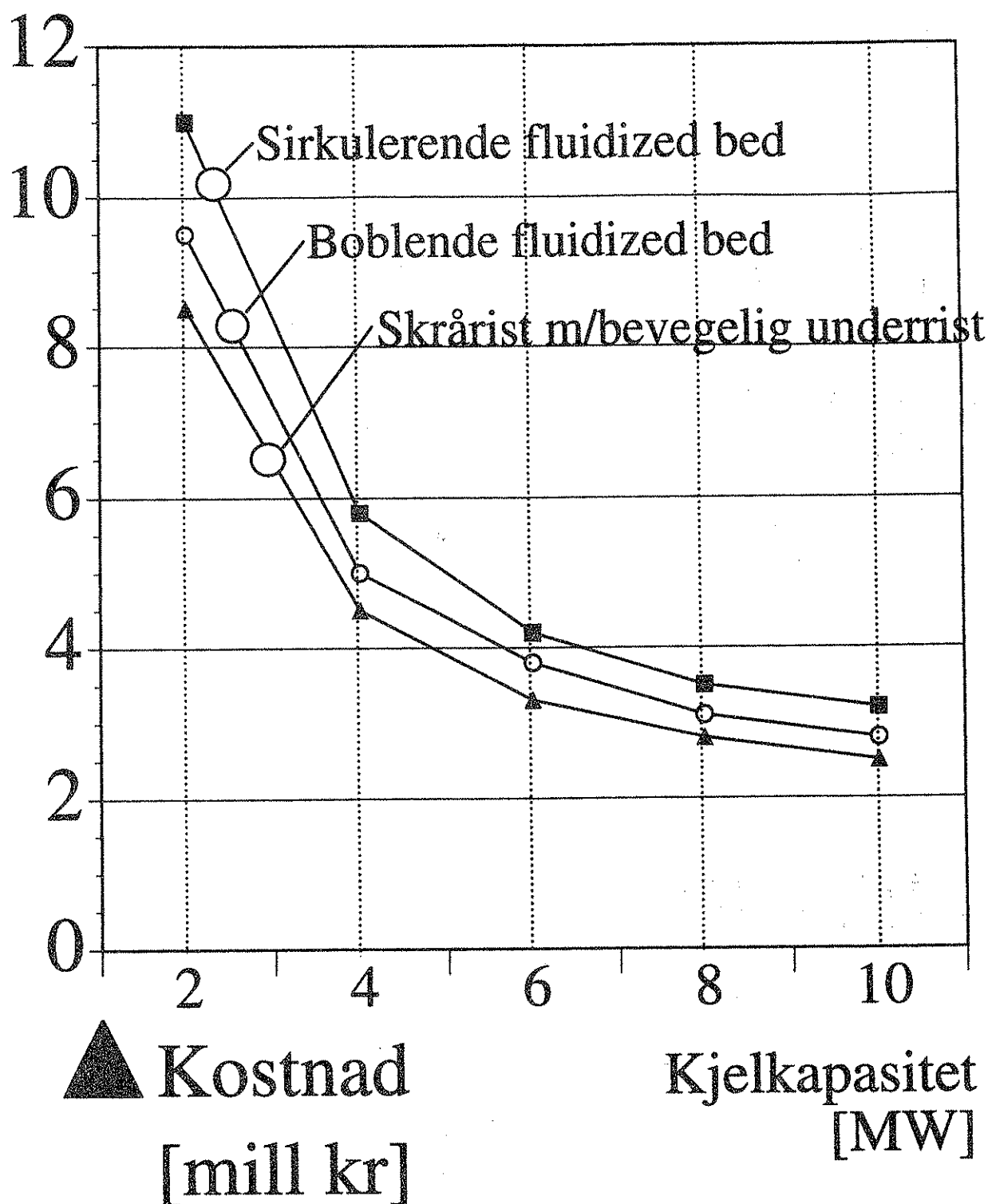


Vedlegg 4: Ovn med vandrerist

Ovn med vandrerist



Vedlegg 5: Anleggskostnad per installert MW for ulike biobrenselanlegg.



Anleggskostnad per MW for ulike biobrenselanlegg

Fortsettelse vedlegg 6.
Forts. neste side.

Egenskap	Ovn med rist	Boblende fluidized bed (BFB)	Sirkulerende fluidized bed (CFB)
Brensel-fleksibilitet	Moderat. Anlegget må tilpasses det enkelte brensel.	God. Multibrensel-anlegg. Innmatningen tilpasses det enkelte brensel.	Svært god. Multibrensel-anlegg. Innmatningen tilpasses det enkelte brensel.
Fuktig brensel	Normalt.	God.	Svært god. Eneste mulighet for tilfredsstillende forbrenning av brensel med nevneverdig større vanninnhold enn 60%.
Forbehandling av brensel	Ikke så stort krav.	Relativt homogent i små biter. Må males opp p.g.a innmatningen.	Relativt homogent i små biter. Må males opp p.g.a innmatningen.

Vedlegg 6: Sammenligning av egenskaper og funksjon på ulike brenselanlegg.
Forts. neste side.

Egenskap	Ovn med rist	Boblende fluidized bed (BFB)	Sirkulerende fluidized bed (CFB)
Generelt	Lang tradisjon. Uprøvd teknologi til barkforbrenning.	Små utslipp. Teknologi som har gitt nye muligheter. Multibrensel-anlegg.	Små utslipp. Teknologi som har gitt nye muligheter. Multibrensel-anlegg.
Forbrenningsbetingelsene	Moderate muligheter til kontroll av betingelsene	God forbrenning. Avhengig av god turbulens etter sandsjiktet.	Svært god forbrenning. Lang oppholdstid under høy temp. og god turbulens i sandsjiktet
Forbrenningstemperaturen	Kan gå svært høyt i temperatur uten problemer. Vanskelig å kontrollere små svingninger i temp.	Må begrenses oppad til ca. 900°C for å unngå dannelse av glass. Svært jevn temp. med lite variasjon.	Må begrenses oppad til ca. 900°C for å unngå dannelse av glass. Svært jevn temp. med lite variasjon.

Fortsettelse vedlegg 6.

Egenskap	Ovn med rist	Boblende fluidized bed (BFB)	Sirkulerende fluidized bed (CFB)
Kontroll med utslipp	Mye kull og uforbrente forbindelser i flyveasken. Avhengig av forbrenningsbetingelsene og rensestyret.	God. Gode muligheter for tilsetning av stoffer. Vanskelig å få god nok kontroll over NO _x , SO ₂ og CO samtidig p.g.a. kort oppholdstid ved høy temperatur. Kan bedres ved å ha lang reaktor.	Svært god. Gode muligheter for tilsetning av stoffer og for kontroll med NO _x , SO ₂ og CO samtidig p.g.a. lang oppholdstid ved høy temperatur.
Behov for rensestyrt	Nødvendig med avansert rensestyrt. Avhengig av brenselet.	Mindre krav enn til skrårist men nødvendig med noe rensestyrt.	Mindre krav enn til BFB. Vanlig med enkelt rensestyrt.
Slitasje	Liten for fast rist. Stor for bevegelig rist	Liten.	Større enn BFB og fast rist. Omtrent som bevegelig rist
Driftskostnader	Mer støttebrensel. Mye slitasje på bevegelige deler, f.eks. bevegelig underrist. Store rensekostnader.	Moderate	Kalkstein og påfylling av sand. Marginale utslipp. Brensel-fleksibilitet gir mulighet for rimelig brensel
Investeringskostnader	Lave. Behov for ekstern behandling av utslipp.	Moderate. 10-15% høyere enn skrårist.	Noe større enn de to andre. 25-30 % høyere enn skrårist, 10-15 % høyere enn BFB



ENERGIGÅRDEN

- * Produksjon av biomasseenergi
- * Bruk av biobrensler til oppvarming og motordrift
- * Energiregnskap og ENØK i landbruket

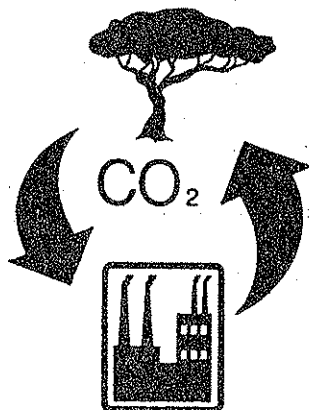
EIDSALM GÅRD
ERIK EID HOHLE
2760 Brandbu
Tlf 063-36060
Fax 063-36090

INFORMASJONSSKRIV

"ENERGIGÅRDEN" - ET DEMONSTRASJONSANLEGG FOR BIOENERGI
STØTTET AV OLJE- OG ENERGIDEPARTEMENTET.

BIOENERGI

Fornybar energi i balanse med naturen



- * Etanol- og rybsolje-drevne traktorer og biler
- * Biobrenseloppvarmete driftsbygninger og boliger
- * Energivekst-forsøk
- * Høsting og foredling av biobrensler
- * Salg og distribusjon av biobrensler
- * Energiregnskap og ENØK i landbruket

"ENERGIGÅRDEN" - BIOENERGI I PRAKSIS.

I Olje- og Energidepartementets budsjett for forskning og utvikling av nye, fornybare energikilder er det satt av midler til introduksjon og demonstrasjon av sol-, vind-, bølge- og bionergi.

Av disse midlene er bevilget det midler til et demonstrasjonsanlegg for bioenergi: "Energigården" Eidsalm gård ved Brandbu. Ansvarlig for driften er gårdbruker/forstkandidat Erik Eid Hohle.

"Energigården" skal informere om resultatene og erfaringene fra driften, i samarbeid med organisasjonen Norsk Bioenergiforum.

"Energigården" har etablert et prosjektråd bestående av personer fra forskningsmiljøer og statlige myndigheter som skal veilede prosjektet.

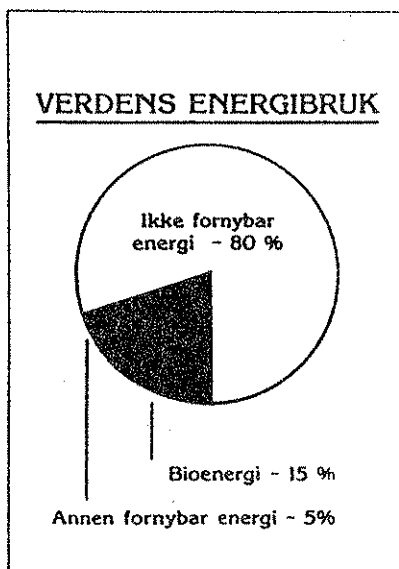
Det er også knyttet kontakter med firmaer i landbruks- og energibransjen med interesse for bioenergi.

Hensikten er å vise biologiske, tekniske og økonomiske sider ved produksjon, utnyttelse og salg av energi fra jord- og skogbruksnæringen. Anlegget er det første i Norge som viser bredden i utviklingen som har skjedd innen praktisk anvendelse av bioenergi med basis i et gårdsbruk.

Følgende delprosjekter inngår i "Energigården":

- Demonstrasjonsdyrking av energivekster (oljevekster, energigras, energiskog)
- Bruk av biomasse til energiformål fra tradisjonelt jord- og skogbruk; ved, flis, halm, etc.
- Traktorer og bil som kjøres med biologiske drivstoffer (etanol, rybsolje)
- Høsting, transport, tørking og lagring av biobrensel
- Foredling og varmeproduksjon for gårdens interne behov (biobrenselbasert varmeanlegg)
- Markedsføring, salg og distribusjon av biobrensel
- Kartlegging av direkte og indirekte energiforbruk og -produksjon i jord- og skogbruksdriften. Føring av energiregnskaper
- Informasjons-/utviklingsarbeid for bioenergi og ENØK i landbruket

ENERGIBRUK OG SAMFUNN.



80% av verdens energibruk er idag basert på bruk av ikke fornybare kilder, vesentlig i form av olje, kull og gass. Behovet for rene, fornybare energikilder er stort.

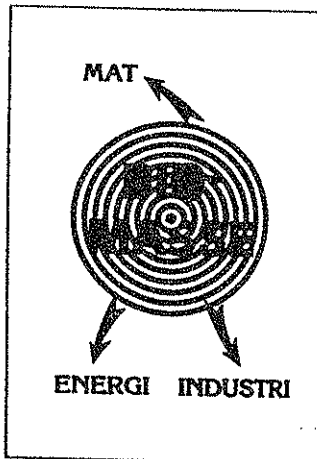
Bio-, vind-, sol og bølgeenergi er av de kildene de norske myndighetene nå søker å øke bruken av. Dette vil ha både økonomisk og økologisk positiv betydning for samfunnsutviklingen i årene som kommer.

Landbruksnæringen har muligheter til å yte sitt bidrag til redusert bruk av ikke-fornybare energi gjennom å utnytte noe av produktene til energi - bioenergi.

ENERGI OG LANDBRUK.

Også produksjon av matvarer, industriråstoffer, etc. fra jord- og skogbruk er energikrevende. En vesentlig del av energibehovet dekkes imidlertid av sollyset - som er en varig energikilde.

Viderforedlingen og distribusjonen av landbruksproduktene er blitt stadig mer oljeavhengig. Landbruket produserer f.eks. ikke lenger sitt eget drivstoff - som høy og havre til hesten. Slik produksjon beslagla tidligere betydelige jordbruksarealer, men gav likevel et samfunn i mer økologisk balanse enn dagens. Økt verdenshandel med matvarer har ført til vesentlig høyere oljeforbruk i transportleddet. Maten produseres stadig lenger fra forbrukeren - med økt luftforurensning som resultat.



Bioenergiproduksjonen kan skje parallelt med dagens matvare- og industriråstoffproduksjon; den behøver ikke konkurrere om arealer egnet til tradisjonelt landbruk.

I første rekke er det aktuelt å utnytte restprodukter eller overskudd av biomasse som skogsavfall, lauvvirke, halm og husdyrgjødsel. Biprodukter fra agro- og skogindustri har idag oftest liten alternativ verdi og bør også kunne utnyttes energimessig i større grad enn idag.

Energi som landbruksprodukt, som følgelig kan sees som et supplement til de tradisjonelle produktene, er i sterk utvikling både i Norden og EF - etter en "dvaletid" på 40-50 år.

Som eksempel kan nevnes Sverige hvor årlig ca. 65 TWh eller 15% av energibehovet nå dekkes av bioenergi. Denne energikilden dekker idag en like stor andel av Sveriges energibehov som kjernekraften og vannkraften. Målsettingen er å øke bioenergiproduksjonen med ytterligere 40 TWh de neste 10-15 årene.

NVE's rapport "Klimarelaterte problemstillinger og energisektoren" (E-2/1990) behandler de nye, fornybare energikildenes muligheter i Norge fram mot år 2000. Rapporten konkluderer med at bioenergiproduksjonen vil kunne øke fra idag 6 TWh til 23 TWh netto energi med den teknologi som forventes å eksistere rundt årtusenskiftet.

 Interesserte er velkomne til nærmere orienteringer og visninger av virksomheten ved "Energigården".

Erik Eid Hohle

Magnus Dalemo
 JTI
 Box 7033
 750 07 UPPSALA

Teknik och ekonomi för biogas ur energigrödor

Intresset och förutsättningarna för biogasproduktion från energigrödor har ökat de senaste åren. Därför genomfördes en undersökning vad det gäller tekniska och ekonomiska aspekter på biogasproduktion från jordbruksgrödor vid JTI (Dalemo m fl, 1993). Dessutom har de samhällsekonomiska aspekterna av en sådan biogasutvinning blivit utredd av institutionen för ekonomi vid SLU (Silvander, 1993). Resultaten av dessa redovisas nedan.

Råvarukostnad

Många ensilerade jordbruksgrödor är väl lämpade för biogasutvinning. I satsvisa rötningsförsök vid JTI har den maximala gasproduktionen bestämts för en stort antal växter. Största biogasutbytet har i dessa försök erhållits från fodersockerbeta med 880 m³ per ton organisk substans (VS). Höga gasutbyten på 600-800 m³ /ton organisk substans har också erhållits från gräs, fordermärgkål, jordärtskocka och lusern (Brolin m fl, 1988). För undersökningen valdes en blandvall av gräs och klöver.

Odling

I projektet valdes det ut fyra olika växtföljder med vall till biogas. Två i södra Sverige en fyraårig och en femårig växtföljd med en ett- respektive tvåårig vall (80% rödklöver första året) som biogasgröda. En femårig växtföljd i Mellansverige med en treårig vall (75% rödklöver/lusern) och en femårig växtföljd i norra Sverige med en korngröda och en treårig vall (40% rödklöver) som biogasgrödor. Nedan redovisas endast resultatet för det Mellansvenska alternativet.

Förutsättningarna är att biogasanläggningen uppförs i ett spannmålsdominerat område. Ungefär 10% av totala ytan runt biogasanläggningen är odlad med vall. Då erhålls en odlingskostnad på 30 öre/kg ts, med en markersättning på 800 kr/ha inkluderad.

Skörd, transport och ensilering

Skörden sker med hack och kan förväntas bli ca 30 ton/ha med 25% torrsubstans, därav försvinner ca 10% i förluster. Tre skördar tas per år under en sammanlagd skördeperiod på 15 dagar. Transport sker med traktor och vagn till biogasanläggningen. Inläggningen av ensilaget sker i stora plansilos med med lastmaskiner. Kostnaden för skörd, transport och inläggning blir då lägst för en anläggning på 1 MW (450 ha) och uppgår då till ca 27 öre/kg ts (bild 1). Kostnaden för plansilo inkluderas i biogasanläggningen som redovisas senare.

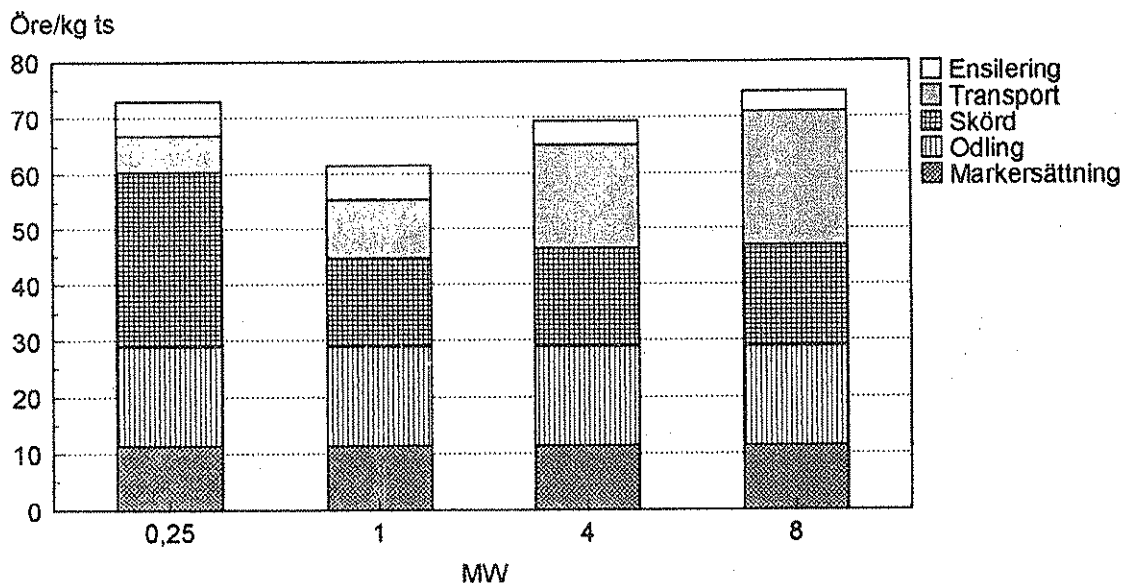


Bild 1. Produktionskostnaden för vallensilage vid skörd med hack vid 25 % i stor skala.

Rötrest

Rötresten värderas efter näringsinnehållet. Effekten utav näringen reduceras dock på grund av större läckage och fastläggning än handelsgödsel. Kvävet reduceras till 60%, fosfor till 85% och kalium till 80%.

Restprodukten separeras i en fast och en flytande fas. Den fasta fasen lagras i ensilagelagren medan man måste investera i behållare för den flytande fasen. Den fasta fasen har ett värde på 100-130 kr/ton och den flytande mellan 20 och 50 kr/ton beroende på hur mycket färskvatten som måste tillsättas i processen.

Odlingseffekter

Biogasanläggningen är tänkt att ligga i ett spannmålsdominerat område. Att då få in en vallgröda i växtföljden har i de flesta fall en positiv effekt på de efterföljande spannmålsgrödorna. De positiva effekterna vi får ökar skörden och minskar kostnaderna, i spannmålsodlingen. Denna intäkt tillgodoräknas i detta fall vallen i växtföljden och benäms odlingseffekt. De positiva effekterna vi tagit hänsyn till är ökad spannmålsskörd och minskade drivmedelskostnader vid jordbearbetning tack vare bättre markstruktur, ökad skörd i efterföljande gröda på grund av bra förfruktsvärde och ett något mindre bekämpningsbehov än i den traditionella växtföljden. Värderingarna grundar sig på en rapport av Johansson m fl (1993). Eftersom värdet ökar för varje år beräknas det efter halva biogasanläggningens beräknade livslängd på 20 år.

Med en vall i växtföljden ökar mullhalten i marken vilket bidrar till en bättre struktur och ett bättre växtnärings- och vattenutnyttjande som medför att spannmålsskördarna ökar. I kalkylen räknar vi med en skördeökning på 10 % efter 30 år, dvs. 0,33 % per år. Effekten blir 2 öre/g ts.

En bättre markstruktur ger också fördelar i form av minskat dragkraftsbehov och energiåtgång. Med en bättre växtföljd skulle man därför i dag kunna reducera dragkraftsbehovet och bränsleförbrukningen för jordbearbetningen i öppen växtodling med 15-20 % i jämförelse med för 45 år sedan vilket innebär en sänkt drivmedelsåtgång på 0,1 l/ha och år vilket får en effekt på endast 0,1 öre/kg ts.

En växtföljd med vall i har direkt positiva effekter på spannmålsgrödorna. De huvudsakliga orsakerna är ett högre kväveinnehåll i marken och ett minskat sjukdomstryck. Vall i förhållande till stråsäd som förfrukt till vete innebär därför en ökad avkastning. Fleråriga vallar ger även effekt ett år efter det att vallen brutits. Den totala effekten blir ca 5,5 öre/kg ts.

Bekämpningsmedelsmängden minskar mycket totalt, då vall inte har något behov av bekämpning. I spannmålsgrödorna kan man också ha en något högre bekämpningströskel för ogräs i biogasväxtföljden. Bidraget blir då ca 1 öre/kg ts.

Om värderingen av odlingseffekterna gjordes fullt ut skulle råvarukostnaden för anläggningen minska med totalt ca 8,5 öre/kg ts, eller 3 öre/kWh producerad biogas.

Resultat

Utav de fyra undersökta anläggningsstorlekarna erhålls den billigaste biogasen från en anläggning på 4 MW. Biogasen kan då produceras till en kostnad av 36 öre/kWh. Materialkostnaden uppgår till 25 öre/kWh och kostnaden för biogasanläggningen till 17 öre/kWh. Restprodukten från en sådan anläggning kan värderas till 3 öre/kWh och odlingseffekterna till 3 öre/kWh. Med arealbidrag till odlingen sjunker produktionskostnaden för gasen med 0,5 öre/kWh för varje hundralapp i bidrag per ha.

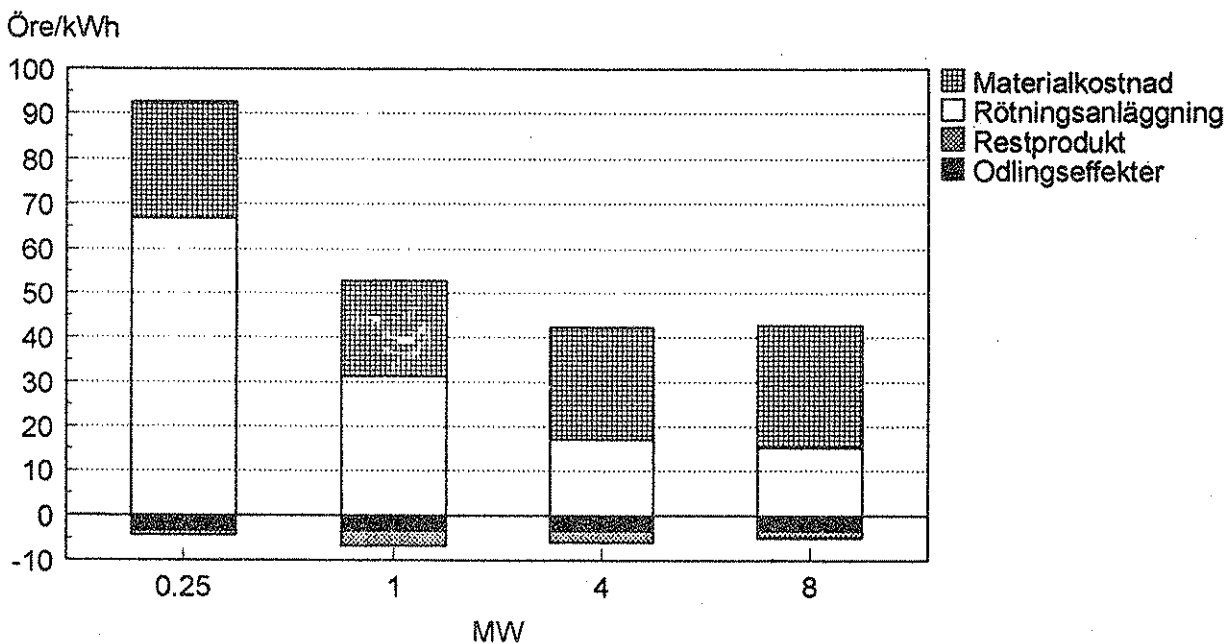


Bild 2. Produktionskostnad för obehandlad biogas vid en enstegs totalomblandad rötningsanläggning för vallgröda i Mellansverige.

Rötningstekniker

Flera olika processer har föreslagits för framställning av biogas ur energigrödor. Dessa systemen kan delas upp i satsvisa utrötningar där processen sker i ensilagebädden och kontinuerliga utrötningar där materialet transporteras och tillsätts i en reaktor kontinuerligt. De tre första processerna kan hänföras till satsvisa utrötningar och de två senare till den kontinuerliga typen.

Vid rötning av material med höga ammonium- och kaliumhalter finns i alla processtyperna risk för att de anaeroba mikroorganismerna inhiberas om alltför stor del av processvätskan recirkuleras. Antingen tillsätts färskvatten med resultatet av stora vätskemängder som skall lagras och spridas. Alternativet är att utnyttja en omvänd osmosanläggning som kan rena vätskan från salterna. Det medför en ökad investeringskostnad för anläggningen samtidigt som lagring och spridning av rötrest blir billigare.

Icke omblandad satsvis enstegsprocess

Denna typ av gasutvinning kan jämföras med den som sker vid många soptippar i dag. Växtematerialet läggs upp i en limpa och vatten cirkuleras genom bädden för att kunna hålla jämn temperatur, fuktighet och pH. Gasen erhålls ur gasbrunnar i limpan. Anläggningen får en relativt låg investeringskostnad då ensilagelager och rötchammare är kombinerad, men det krävs stort lagringsbehov då uppehållstiden uppskattas till två år. För att få en någorlunda jämn gasproduktion läggs flera limpor upp parallellt. Erfarenheter kan hämtas från deponigasutvinning. I Sala finns en anläggning som provar metoden för rötning av växtmaterial. Problem kan antas uppkomma vid start av rötningen då ingen inympning av bakterier sker och att hålla en jämn vattencirkulation i hela bädden.

Icke omblandad satsvis flerstegsprocess

Denna metod liknar den ovan beskrivna men man kopplar ihop cirkulationssystemet för flera enheter för att underlätta uppstart av processen. Vattnet från en nästan utrotad bädd kopplas till en bädd som är i uppstart. När rötningen kommit igång cirkuleras vattnet bara runt i bädden. Med det här förfarandet sker huvudsakligen hydrolys i den första bädden och metanbildning i den sista. Därigenom erhålls en snabbare nedbrytning ca 2-3 månader. Systemet har provats i USA för sopor med gott resultat. Det kan också i detta system vara problem att erhålla en jämn vattengenomströmning vid rötning av växtmaterial som har en annorlunda hydrologi.

Tvåfasprocess

Rötningen i denna process sker i två steg. Hydrolys i ensilagebädden och metanproduktion i ett separat filter. Vatten sprids över ensilaget i limpan, samlas upp och leds till metanfiltret. Uppehållstiden i filtret bör vara ca 2 dygn, medan utrötning av bädden totalt tar ca 2-4 månader. Systemet är relativt billigt. Metoden har bara provats i pilotskala på Logården utanför Skara. Problem uppkom med kanalbildning i bädden vilket innebar att endast ca 10% av växtematerialet blev påverkat.

Totalomblandad kontinuerlig enstegsprocess

Materialet späds till ca 8% ts och matas kontinuerligt in i en rektor med en propelleromrörare. Uppehållstiden är ca 15-20 dygn vid 37° C. Mycket vätska behövs för spädning, vilket till största delen kan göras genom att recirkulera vätska från avvattningen. Systemet medför en relativt stor investering i ensilagelager, röttkammare, och vätskelager. En röttkammare med en volym av 2 000 m³ producerar gas motsvarande en effekt på 1 MW. Tekniken är känd från slamrötning vid reningsverk och även rötning av gödsel, speciellt i Danmark. Vilken belastning, gasmängd och recirkulationsgrad man kan använda vid rötning av växtmaterial är dock inte helt undersökta.

Kontinuerlig flerstegsprocess

I detta system liksom vid tvåfasprocessen delas rötningen upp i två steg. I det inledande hydrolyssteg sker en urtvättning av organiska syror och hydrolys av komplexa organiska föreningar till korta vattenlösliga organiska syror. I det andra steget bryts syrorna ned till metan i ett filter. Genom att dela upp processen i två steg kan dessa optimeras var för sig. Anläggningen medför en stor investeringskostnad då den blir relativt komplicerad. Systemet provas i en anläggning för rötning av hushållssopor i Helsingör, men har inte fungerat tillfredsställande än så länge.

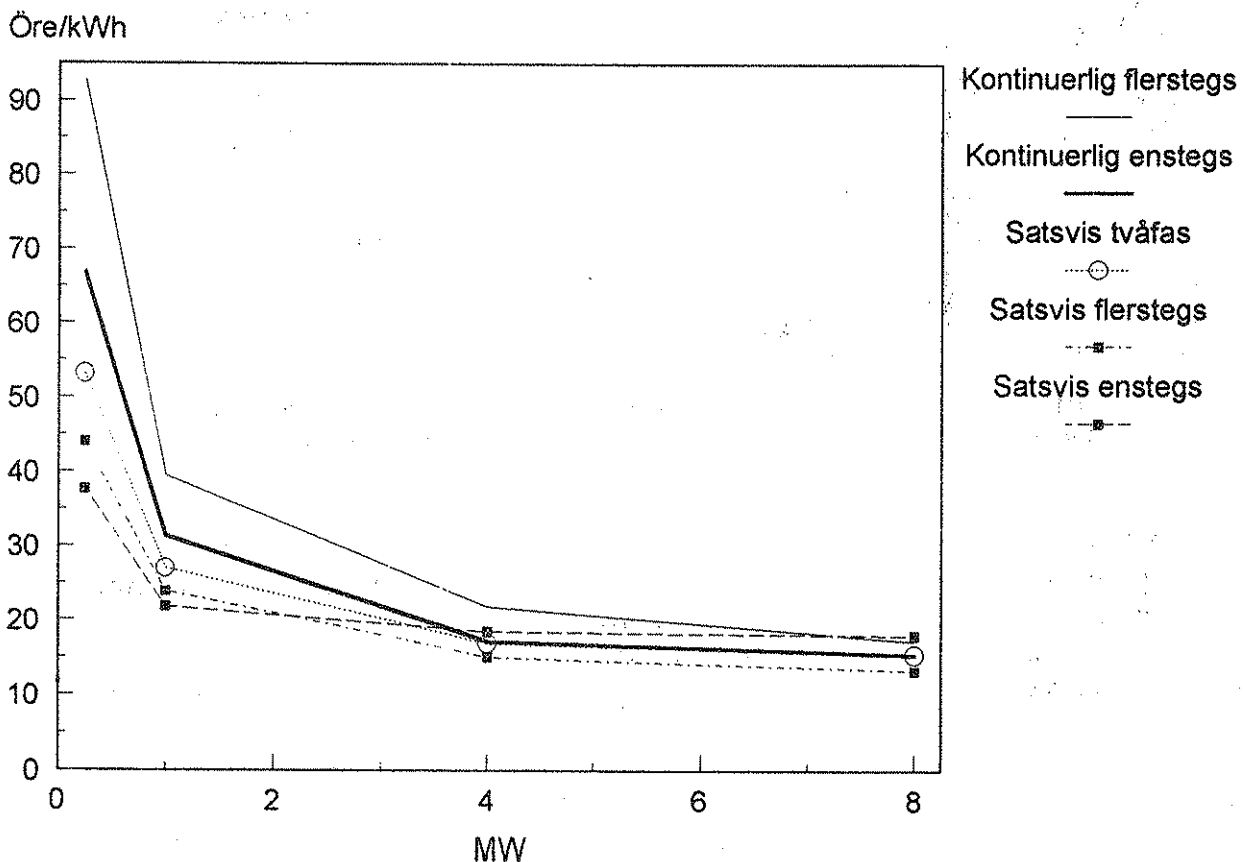


Bild 3. Biogasanläggningens kostnad per producerad kWh biogas för olika anläggningsstorlekar och olika rötningstekniker. Kapitalkostnad för ensilagelagret ingår men inga kostnader för materialet. Antagandet om en gasproduktion på 300 l CH₄/ton VS har gjorts för alla processer.

Samhällsekonomiska aspekter

Det är naturligtvis svårt att värdera de samhällsekonomiska effekterna i pengar. Vid ett försök att översätta faktorer som minskat kväveläckage, bevarat öppet landskap och minskade utsläpp av kväveoxid och koldioxid enligt nedan, gav biogasproduktionen från vall ett samhällsekonomiskt värde på 12-21 öre/kWh (Silvander, 1993). Effekter som inte är värderade är sysselsättningseffekter, beredskap vid krig och bevarande av biologiskt mångfald.

Värderingarna har gjorts utifrån skatter och miljöavgifter som på vissa ämnen och produkter och uppskattningar av skador som kan förväntas uppkomma från olika typer av utsläpp.

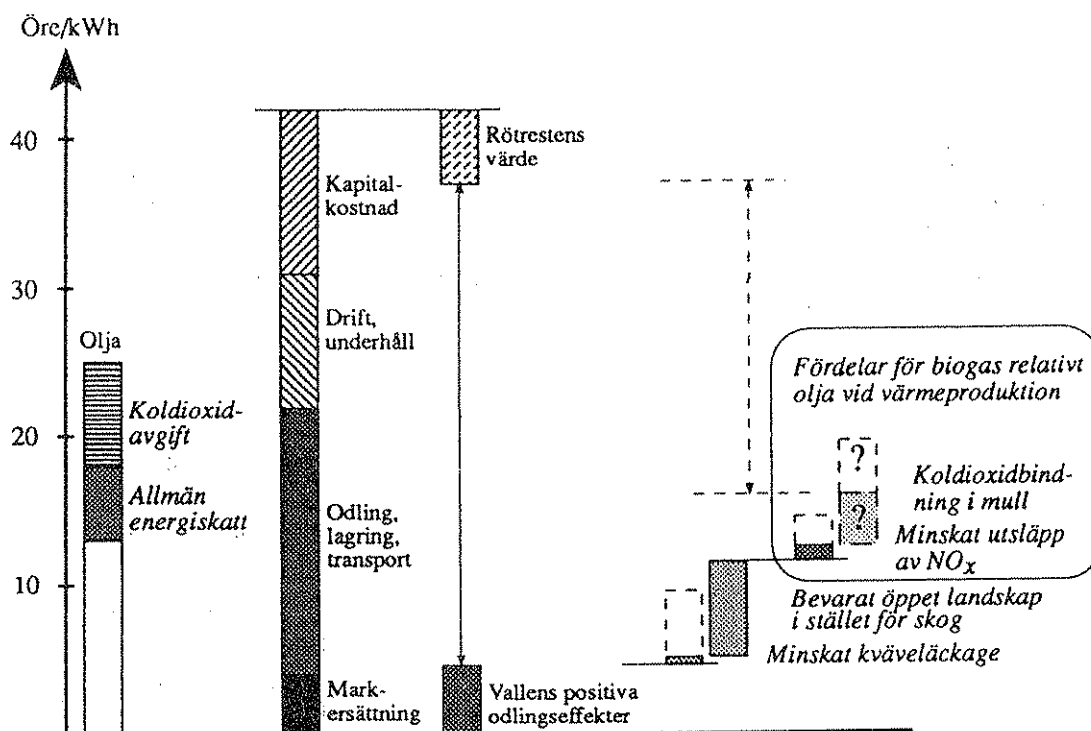


Bild 4. Effekterna för biogaskostnaderna av att värdera de externa effekterna av vallproduktion för en anläggning på 4 MW. Som jämförelse visas energikostnaden för olja (Magnusson, 1992).

Kväveläckaget från jordbruket innebär negativa effekter på fiske och grundvatten. En övergång till vallodling för biogas skulle kunna minska kväveläckaget. Utgående från bl a miljöavgifterna på handelsgödsel skulle effekterna kunna översättas till ca 0,6 öre/kWh biogas. Om man däremot ser till kostnaderna för rening av kväve i avloppsreningsverket är denna ca 50 kr/kg N vilket skulle innebära ca 5 öre/kWh för värdet av minskat kväveläckage.

En faktor som enligt studien kan förväntas ges stor betydelse är värdet av öppet landskap. Från en intervjuundersökning om betalningsviljan för ett öppet landskap om alternativet för marken var granplantering kom man fram till 1000-1600 kr/ha med de lägre värdena i söder och de högre värdena för norra Sverige. Detta värde innebär ca 7 öre/kWh för Mellansverige. Vid en jämförelse med normal jordbruksproduktion har dock vallodling för biogas inga särskilda fördelar i detta avseende.

Utifrån den avgift på 40 kr/kg NO_x som gäller för pannor över 50 GWh skulle energi ur biogas ge ett minskat utsläpp av kväveoxider i jämförelse med eldningsolja på ca 1 öre/kWh. Med de nuvarande reglerna sker en återbetalning till de pannor som släpper ut mindre än genomsnittet, vilket skulle innebära att biogaspannor skulle få ytterligare ca 2 öre/kWh för de låga NO_x utsläppen.

Med en återföring av rötresten och med vallodling i växtföljden uppnås en succesiv förbättring av markstrukturen med en ökad mullhalt. Om man räknar på skillnaden i förmåga att binda kol i mull mellan biogasproduktion och en normal kornproduktion kan man utifrån koldioxidavgiften på fossila bränslen erhålla ett värde på 1300 kr/ha. Vallodling innebär därför ett minskat koldioxidutsläpp på 3,5 öre/kWh

Forskningsprogram

Då den teoretiska potentialen för produktion av biogas från jordbruksgrödor odlade på omställningsareal och eventuell trädesareal är betydande och intresset för alternativa grödor är stort, har ett utvecklingsprogram kallat Biogas finansierats av LRF och NUTEK. Programmet är på 12 milj. kronor och sträcker sig över tre år med början 940101.

Utvecklingsprogrammet syftar till att i laboratorie- och pilotskala utveckla, testa och utvärdera processtekniker för framställning av biogas ur jordbruksgrödor. Programmet skall också komplettera tidigare systemstudier med ytterligare studier kring processekonomi och marknadsförutsättningar. De genomförda studierna skall ge underlag för ett eventuellt genomförande av fullskaleförsök i en senare etapp.

Referenser

Brolin B, Thyselius L, Johansson M. 1988. Biogas ur energigrödor. JTI-rapport nr 97. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Dalemo M, Edström M, Thyselius L, Brolin B. 1993. Biogas ur vallgrödor - Teknik och ekonomi vid storskalig biogasframställning. JTI-rapport nr 162. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Johansson W, Mattson L, Thyselius L och Wallgren B. 1993. Energigrödor för biogas - Effekter på odlingssystem. JTI-rapport nr 161. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala

Magnusson L. 1992. Biogas ur jordbruksgrödor - Förslag till utvecklingsprogram. Energia. Stockholm.

Silvander U. 1993. Externa effekter av vallproduktion för biogasframställning. Institutionen för ekonomi, SLU. Uppsala.

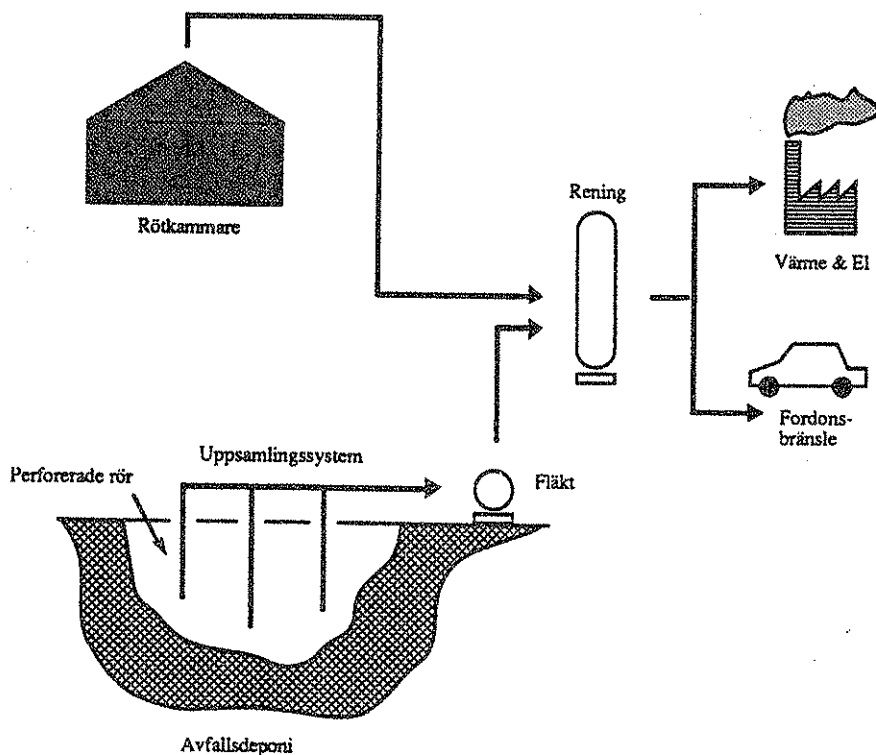
Anna Lindberg
 Jordbrukstekniska Institutet
 Box 7033
 750 07 Uppsala
 SWEDEN

Biogasanvändning

Vad är biogas?

Biogas produceras genom mikrobiologisk nedbrytning av organiskt material under syrefria (anaeroba) förhållanden. Det organiska materialet kan vara slam från avloppsreningsverk, hushållsavfallens kompostfraktion, gödsel, organiskt industriavfall eller jordbruksgrödor. Mikrobiologisk nedbrytning sker spontant t ex på deponier av organiskt avfall. För att där ta till vara den bildade biogasen, s k deponigas, grävs nätverk av perforerade rör ned. Med hjälp av dessa rör samlas gasen upp och sugas ut. För att istället erhålla en snabbare och mer kontrollerbar nedbrytning av organiskt material tillförs det en sluten tank, en s k röt-kammare eller biogasreaktor. Röt-kammare används för rötning av avloppsslam vid många kommunala reningsverk i Sverige. Materialets sammansättning får bestämma belastning, uppehållstid och temperatur för optimal nedbrytning i röt-kammaren.

Huvudbeståndsdelarna i biogas är metan och koldioxid. Dessutom är gasen mättad med vattenånga och innehåller mindre mängder svavelväte och ammoniak. Beroende på gasens ursprung kan den även innehålla varierande mängder av syrgas, kvävgas, klorerade kolväten, alkenar och aromatiska föreningar. De senast uppräknade komponenterna förekommer i deponigas.



Gassammansättningen varierar inom vida gränser beroende av råvara och rötningsteknik (se nedan). Den låga metanhalten motsvarar en mindre bra deponigas och den höga halten kan erhållas från en tvåstegsrötning med recirkulering av rejectvatten över ett metanfilter.

Komponent	Vol%
Metan (CH ₄)	45 - 80
Koldioxid (CO ₂)	20 - 55
Svavelväte (H ₂ S)	0,001 - 0,3 (10 - 3000 ppm)

I Sverige produceras idag biogas motsvarande drygt 1 TWh/år. Hälften av denna mängd produceras vid omkring 150 avloppsvattenreningsverk och resterande mängd fördelar sig mellan ett fyrtiotal deponigasanläggningar samt några industrier och jordbruk. Storleken på de flesta av biogasanläggningarna varierar mellan 0,5 och 5 MW. Energiinnehållet i biogasen tas till vara till ungefär 50%.

Biogaspotentialen från organiska avfall i Sverige är beräknad till 15,8 TWh/år (Hagelberg m fl, 1988). Som en jämförelse kan nämnas att energianvändningen i Sverige är 450 TWh/år (1990).

Biogas - energikälla eller restprodukt?

I många år har biogasen ansetts vara en besvärlig restprodukt från avfallsdeponier och rötning av slam vid avloppsvattenreningsverk. Biogasen facklades (och facklas fortfarande i många fall) av för att förhindra skador på personal och omgivning.

Som ett resultat av den snabbt ökande kostnaden för energi och önskemålet om förnybara energikällor, har intresset för biogas som energikälla ökat de senaste åren.

Biogas har inte som enda fördel att den är en förnybar energikälla. Genom nedbrytning av organiskt material i röt-kammare är det möjligt att ta hand om både industri- och hushållsavfall på ett tillfredsställande sätt och minska behovet av avfallsdeponier och deponering av förbränningsaskor. Med denna behandling av lättnedbrytbart organiskt avfall fås också en värdefull rötrest som kan användas som växtnäring- och jordförbättringsmedel.

Biogasanvändning

För att ta vara på energiinnehållet i biogasen kan den användas för

- Värmeproduktion
- Kraft eller kraftvärmeproduktion
- Fordonsbränsle

I avgaserna från biogasförbränning finns alltid, förutom vattenånga och koldioxid från metanförbränningen, biogasens ursprungliga innehåll av koldioxid samt inertgaser som tillförts med förbränningsluften eller med biogasen. I avgaserna finns också små mängder kväveoxider (NO_x) som bildas vid förbränningen. Innehållet av partiklar och oförbrända kolväten är mycket lågt jämfört med andra bränslen.

Värmeproduktion

Värmeproduktion är den vanligaste användningen av biogas.

Värmeproduktion med gas kan ske centralt i ett fjärrvärmeverk varvid värmen måste överföras till värmeförbrukarna via ett vattenburet nät. Alternativt kan gasen, via ett gasnät, transporteras till förbrukaren som lokalt producerar värme. Det senare innebär ett distributionssystem liknande det som idag tillämpas för stadsgas. Gas är en ypperlig energibärare som inte orsakar lika stora överföringsförluster som erhålls då värme från en central värmeproduktion distribueras via varmvattennät.

Kostnaden för anläggning av ett fjärrvärmenät är mycket högre än för ett gasnät (ca 10 ggr). För att transportera gasen i ledningar måste den torkas så att kondensation inte sker. Vattnet kan annars orsaka korrosion tillsammans med koldioxiden och svavelväte i biogasen.

Värmeproduktion lokalt hos förbrukaren kan ske i en industri- eller fastighetspanna knutet till ett internt vattenburet nät. Av miljöskäl kan, i fall med hög andel svavelväte, biogasen behöva renas från svavelväte då det vid förbränning bildas svaveldioxid.

Ekonomiskt intressant att producera värme är det om avsättning för värmen finns året om.

Tillgängliga brännare för andra gaser (stadsgas, naturgas, gasol) kan inte utan modifieringar användas för biogas. Modifiering av brännare konstruerade för andra bränningsgaser består i huvudsak av förändringar i brännarmunstyckets diameter och av brännarens arbetstryck.

Kraft eller kraftvärmeproduktion

En rad tekniker är möjliga för elproduktion med gasformiga bränslen bl a

- Förbränningsmotorer
- Ångturbiner
- Gasturbiner
- Bränsleceller

Med dessa tekniker produceras förutom el även värme. Vid ren kraftproduktion kylvärmen bort. Vid kraftvärmeproduktion utnyttjas den producerade värmen och på så sätt erhålls en högre totalverkningsgrad.

Om avsättning för värme saknas, vilket kan vara fallet i biogassammanhang, kan det bli nödvändigt att fackla en del av gasen.

Elproduktion med förbränningsmotorer är den teknik som idag används för biogas. Kraftvärme från biogas produceras på flera platser i landet, till övervägande del i s k

Totemaggregat. Ett Totemaggregat är en kraftvärmemodul som innehåller en gasmotor (ottomotor) kopplad till en generator med värmeutvinningsutrustning. Varje aggregat producerar ca 15 kW el och 39 kW värme. Driftstiden sägs vara 20 000 timmar. Vid ett fåtal avloppsvattenreningsverk i Sverige, t ex i Linköping, Uppsala och Stockholm, finns större gasmotorer för biogas installerade.

Biogas som skall förbrännas i någon sorts motor bör renas från stoft och i vissa fall från korrosiva komponenter samt torkas.

Ottomotor

Ottomotorns arbetsprincip är att bränsle och luft sugas in i cylindern varefter den komprimeras och antänds med hjälp av en elektrisk gnista från tändstiftet.

För elproduktion används endast ottomotorer upp till en storlek motsvarande 2 MW_e, de större är ofta modifierade dieselmotorer som försetts med tändstift.

Elverkningsgraden för en ottomotor är 30 - 35 %.

För biogasdrift behöver man korrosionsbeständigt material i motorn, bl a behöver tändstiftet vara av platina.

Dieselmotor

I dieselmotorn sugas endast luft in i cylindern. Luften komprimeras och bränsle sprutas därefter in via en insprutningsventil. Självantändning sker pga det värme som bildats under kompressionen. För att kunna tända ett bränsle med enbart kompressionsvärmets krävs ett betydligt högre kompressionsförhållande än i ottomotorn.

När biogas används som bränsle i dieselmotorer måste bränslesystemet modifieras. Metan har svårt att självantända i dieselmotorer trots det höga kompressionsförhållandet. Någon form av tändhjälp krävs. Antingen kan diesel användas som tändbränsle dvs en blandning av biogas och luft sugas in i cylindern och komprimeras varefter en liten mängd diesel (5 - 8 %) sprutas in och antänder blandningen. Gasen tillförs då enligt ottoprincipen och diesel (tändbränsle) tillförs som i en dieselmotor.

Dieselmotorer för gasdrift kan istället försees med tändstift för att tända gasluftblandningen.

Elverkningsgraden för dieselmotorer är 40 - 45 %.

Fordonsbränsle

Biogas kan användas som fordonsbränsle på samma sätt som naturgas. Förutsättningen är att biogasen uppgraderas till naturgaskvalitet dvs ca 95% metan.

De flesta motorer som idag används i personbilar, bussar och lastbilar är ottomotorer och dieselmotorer. Dieselmotorer används i huvudsak för drift av bussar och lastbilar i Sverige. Motorerna är som regel utvecklade för bensin- eller dieseldrift. Några moderna fordon eller motorer som ursprungligen konstruerats för naturgas- eller biogasdrift existerar inte idag.

Man utgår istället från bensin- eller dieselmotorer.

I världen finns idag ca 800 000 naturgasdrivna fordon, varav ca 400 bussar, och 1 550 tankningsstationer. I Sverige finns ett 20-tal naturgasbussar i Göteborg, några i Malmö samt fem biogasdrivna bussar i Linköping. En testbil för naturgas/biogasdrift har framtagits av Volvo för emissionstester.

Personbilarna dominerar i antal när det gäller naturgasdrift. De flesta konverteringar till naturgasdrift är utförda så att möjligheten till bensin- eller dieseldrift kvarstår. Det innebär bl a att kompressionsförhållandet har bibehållits trots att metan har ett betydligt högre oktantal (130) än bensin.

Körtekniskt framförs fordonet utan att det märks någon egentlig skillnad.

Tankning kan ske på nästan samma sätt som om man tankar bensin eller diesel. Förutom snabbtankning från högtryckslager kan man också tänka sig långsamtankning med bilen i direkt anslutning till kompressorn. Förvaringen av gas i tryckkärl i gasform gör att:

- Gasbehållarna utgör en såpass stor volym att för personbilar har det hittills inneburit en begränsning i bagageutrymmet.
- Aktionsradien minskar till följd av att lagringen av trycksatt gas tar större plats jämfört med bränslen som bensin och diesel.

För användning av biogas som fordonsbränsle krävs att koldioxiden avskiljs till största delen. Koldioxidavskiljningen ger ett ökat värmevärde, reducerar erforderligt kompressionsarbete samt ger en minskad lagringsvolym.

Vattnet i biogasen måste också avlägsnas så att kondensation inte uppträder någonstans i systemet. Vätskeformigt vatten ger tillsammans med koldioxid och svavelväte ett lågt pH och verkar korrosivt. För att under vintern undvika kondensation vid de tryck som råder i gaslager och gastankar (200 - 300 bar) bör dagpunkten sänkas till - 40°C.

Vad gäller svavelväteinnehållet skiljer man på torr gas och våt gas; torr gas kan då innehålla i princip vilka svavelvätehalter som helst medan det måste sättas gränsvärden för den 'våta' gasen. Försök pågår i Kanada för att fastställa gränsvärden. För att minimera risken för korrosion i tryckkärl, kompressorer och motorer rekommenderas för tillfället en maximal svavelvätehalt på 10 ppm.

Biogasbehandling

Behandling av biogas innefattar rening från icke önskvärda komponenter, torkning och samt komprimering.

Torkning

Biogasen är mättad med vattenångor när den lämnar rötchammaren. För att undvika att vatten kondenserar i gasledningar och vid användning måste gasen torkas. Vilken metod som är lämplig avgörs främst av vilken torrhet som önskas.

Kondensation av vatten i systemet undviks genom att gasens daggpunkt sänks så att den aldrig överstiger den lägsta temperatur som råder i systemet.

Kondensavtappning

Kondensation tillåts i systemet varvid daggpunkten sänks till omgivningstemperaturen. Ledningar och övriga lågpunkter i systemet utrustas med kärl där kondensatet samlas upp och tappas av periodiskt. Kondensavtappning måste alltid finnas i rörledningssystem för biogas.

Kylning

Ett kylmedium används för att värmeväxla biogasen med. Kylmediet produceras liksom i ett kylskåp. På detta sätt kan daggpunkter på ned till 5°C.

Kompression och kylning

Kylning av gasen kan föregås av kompression. En komprimerad gas innehåller en mindre mängd vatten vid mättnad.

Absorption på silicagel

Vattnet i biogasen kan absorberas på ett högabsorberande material liksom silicagel. Torkningen sker genom att gasen förs in i botten på ett absorptionstorn fyllt av silicagel och den torra gasen lämnar tornet i toppen. Genom denna enhetsoperation kan daggpunkter på ned till -60°C erhållas.

Svavelväteavskiljning

Biogas för värme- och kraftvärmeproduktion kräver endast en måttlig avskiljning av svavelväte till skillnad från drivmedelanvändning. Marknadspriset för värme och el ger mycket litet utrymme för ytterligare kostnader för rening av gasen utöver produktionskostnaden.

Vid värmeproduktion avskiljs eventuellt svavelväte av miljöskäl dvs om gränsvärdena för svaveldioxidemissioner från förbränning överskrids.

Om en selektiv avskiljning till en inte alltför låg nivå är att föredra kan någon av följande tekniker vara intressant:

- Simultan fällning med järnklorid
- Myrsmalmsfilter
- Absorption på järnoxidpellets
- NaOH-absorption

Dessa relativt enkla metoder för svavelväteavskiljning betingar en kostnad på mellan 1 och 5 öre per kWh.

För drivmedelanvändning krävs rening av svavelväte ned till 10 ppm. Detta krävs andra metoder till än de ovan beskrivna. Någon av följande kan vara lämplig:

- Pressure Swing Adsorption (PSA)
- Membranseparation
- Tryckvattenabsorption
- Alkanolamintvätt (MEA)

Koldioxidavskiljning

Koldioxid avskiljs för användning av biogas för fordonsdrift men kan också avskiljas för att t ex höja effekten på en värmepanna.

För en effektiv avskiljning av koldioxid är någon av nedanstående metoder aktuella.

Pressure Swing Adsorption (PSA)

Rening av biogas kan ske med s k kolmolekylsiktar. Molekylsiktar separerar molekyler utifrån fysikaliska krafter och molekylstorleken som bestämmer genomträngningsförmågan. Det är det senare fenomenet som skiljer molekylsiktarna från andra adsorbenter samt har gett dem sitt namn. System för rening av biogas med kolmolekylsiktar finns komersiellt tillgängliga och brukar kallas PSA-anläggningar. PSA står för Pressure Swing Adsorption vilket vill säga att gasen trycksätts innan reningssteget och koldioxid, svavelväte och andra föroreningar adsorberas under tryck. När bädden av kolmolekylsiktar är mättad, dvs inte längre kan adsorbera, sänks trycket till atmosfärstryck och till sist ett sluttryck på 50 - 100 mbar och föroreningarna desorberar.

Membranseparation

Med polymera membran kan gaser separeras med avseende på skillnader i genomträngningsförmåga genom membranet. Den drivande kraften för transport genom membranet är skillnaden i partialtryck på membranets båda sidor. Med anledning av de olika molekylernas skilda lösligheter och diffusionshastigheter kommer en uppdelning av gasens komponenter att ske.

Vatten, koldioxid och svavelväte är alla mer permeabla än metan varför dessa tre komponenter kan skiljas från biogasen med hjälp av denna metod. För att erhålla en bra separation måste biogasen komprimeras till 20 - 30 bar.

Svavelväte kan på detta sätt renas ned till nivåer på några få ppm och koldioxid till 4 - 5 %. Eventuellt måste svavelvätet avskiljas innan kompressorsteget om kompressorn inte är utförd i korrosionsbeständigt material.

Tryckvattenabsorption

Metan har mycket lägre löslighet i vatten än svavelväte och koldioxid. Med dessa skillnader i löslighet blir vattenskrubbing ett sätt att rena biogas från de mer lösliga komponenterna svavelväte och koldioxid.

Tryckvattenabsorption utförs i absorptionstorn fyllda med en packning som sörjer för god kontakt mellan gas och vätska. Vätskan tillförs i toppen och får möta en ström med gas som tillförs i botten på kolonnen. Renad gas tas ut i toppen och det vatten som erhålls från botten på kolonnen regenereras för att återigen användas för absorption.

Vid atmosfärstryck behövs enorma mängder vatten för att lösa ut biogasens svavelväte- och koldioxidinnehåll. Denna volym reduceras kraftigt om gasen trycksätts. Tryckvattenabsorption innebär ofta att gasen komprimeras till 10 - 20 bar. Regenerering sker genom avdrivning med luft eller endast genom tryckreduktion.

Med denna metod är det möjligt att rena gasen ned till samma svavelväte- och koldioxidnivåer som med membrantekniken.

Alkanolamintvätt (MEA)

En vattenlösning av en alkanolamin, monoetanolamin (MEA), kan användas för att kemiskt absorbera koldioxid och svavelväte.

Reningen sker enligt samma princip som tryckvattenabsorption. Med ett kemiskt reagens i vattnet behövs inte lika högt tryck för avskiljning av samma mängd koldioxid och svavelväte.

Nackdelen med att använda MEA är att den är korrosiv och hälsovådlig. Vid regenereringen kan värme behöva tillföras.

Dessa metoder för avskiljning av både svavelväte och koldioxid innebär en uppgradering av biogasen till drivmedelkvalitet. Kostnaden för denna uppgradering, inklusive kompression till erforderligt tryck, ligger runt 15 öre per kWh.

Referenser

Ekelund, Egnell & Gabrielsson, 1989, Naturgas som kolvmotorbränsle, STU-information nr 751.

Hagelberg, Mathisen & Thyselius, 1988, Biogaspotential från organiska avfall i Sverige, JTI-rapport 90, Jordbrukstekniska Institutet.

Lindberg, 1992, Svavel- och koldioxidrening av biogas, Vattenfall Utveckling AB.

Nordiska Gasbussprojektets slutseminarium och referensgruppsmöte, 10 mars 1993, Stockholm.

Ström & Ekeborg, 1991, Biogas för värme-, el- och drivmedelsproduktion, Vattenfall Energisystem FUD-rapport.

Erkki Franssila
Kouvola Siilo Oy
Mikonkatu 8 A
00100 Helsinki

RAPSMETYLESTER (RME) SOM DIESELBRÄNSLE

Politiska målsättningar att reducera och begränsa överproduktionen av livsmedel har också i Finland orsakat ett ökat behov av att omdisponera odlingsbar jord för non food-produktion. Ett alternativ som undersökts, och kanske ligger närmast realisering, är odling av rybs för dieselbränsletillverkning.

Egenskaper

Enligt ett flertal undersökningar och test gjorda i många länder, också i Finland under de två senaste åren, är det känt att egenskaperna hos transesterifierad rapsolja (RME) är mycket lika de hos konventionellt dieselbränsle. Användning av RME i standard dieselmotorer orsakar inga oöverstigliga problem.

RME har otvivelaktigt en positiv effekt på omgivningen emedan den ersätter fossilt bränsle. Avgasemissionerna är lägre än för normal diesel, speciellt beträffande svavel, PAH-föreningar, kolmonoxid och partiklar. Totala CO₂-inverkan är positiv, d.v.s. att den ger inbesparing på 2.5 kg CO₂/kg bränsle. Trots detta kommer betydelsen av biobränslet för totala av växthusgasbalansen att bli relativt liten, beroende på att de tillgängliga volymerna skall vara små. Den agroekologiska effekten av att använda RME kan dock ha en avgörande betydelse. En odling av den totala åkrerarealen skulle bidra att hålla landsbygden levande.

Värdering av nationalekonomiska effekter avgörande

Trots att fröpriset skulle sättas på världsmarknadsprisnivå, krävs för RME-produktionen subvention som är ca två gånger priset på obeskattat dieselbränsle. Huvudproblematiken i den politiska beslutfattningsprocessen kommer därför att gälla hur man skall väga fördelarna av RME mot den nödvändiga subventionen och hur man nationalekonomiskt skall värdera den i pengar ovärderliga betydelsen av den hela produktionskedjan.

Tvåprissystem i fröodlingen

Det enda hindret för RME produktionen verkar således vara dess priskonkurrenskraft. För tillfället har man i många länder, med överproduktion av livsmedel, varit tvungna att ta en del av åkerarealen ur produktion. I Finland är andelen obebrukat åker numera 15 % och kommer troligen att öka i framtiden. Jordbrukarna får ingen inkomst av denna åkerareal; tvärtom en väl-skött träda orsakar kostnader. Därför är det vettigt att odla dessa åkrar såvida de rörliga kostnaderna och arbetskostnaderna täcks.

I Finland planerar regeringen utgående från dessa fakta att inom några månader besluta om produktion av biobränslen. Det skulle gälla antingen biodiesel eller bioetanol eller båda. Det är också mycket möjligt, att beslutet är negativt för båda.

Odlingen av non food-grödorna skulle tillåtas på trädesområden till ett lägre pris. De befintliga oljepresserierna köper fröet enligt kontrakt och pressar det tillsammans med normalprisfrö. När måste vara möjligt att odla på samma gård både lågprisfrö och normalprisfrö, har man planerat att använda ett särskilt inköpssystem, i vilken inköpspriset varierar gårdvis och är "blandning" av normalpris och lågpris beräknat i förhållande av motsvarande kontraktsarealerna på gården.

Användning endast i stadstrafik

Produktionen av RME har planerats bli centrerad till en enda esterifieringsanläggning, som endast måste investeras. Kapaciteten i de befintliga presserierna räcker till en två-trefaldig ökning av nuvarande rybsskörden, emedan motsvarande kapacitet skall samtidigt bli befriad från pressning av soja.

RME-bränslet skulle främst användas av bussar i innerstadstrafik. Den största nyttjan av bränslets miljövänlighet skulle fås, om det då användes som sådant, oblandat med dieseloljan. I stället för användning av biodiesel som bränslet i traktorer på gårdar ser jag inte en mycket ljus framtid i Finland.

Sven Bernesson
Inst. f. lantbruksteknik
Sveriges lantbruksuniversitet
Box 7033
750 07 Uppsala

SMÅSKALIG KRAFTVÄRME MED STIRLINGMOTOR MED GENGAS ELLER TRÄPULVER SOM BRÄNSLE

INLEDNING

Den här uppsatsen bygger i huvudsak på litteraturstudier och intervjuer av vissa personer. Materialet i sin helhet presenteras i Bernesson (1993).

Leveranssäkerheten av el till landsbygden är inte alltid tillfredsställande. Gårdar med djur måste idag därför ofta komplettera sin maskinuppsättning med ett reservverk för att vattenförsörjning, ventilation, utfodring, mjölkning m.m. ska fungera.

Ett alternativ till reservverk är att utifrån gårdens resurser producera elektricitet i liten men kommersiell skala, i första hand för att minimera inköpt el, samtidigt som spillvärmener utnyttjas för husuppvärmning ("kraftvärme i mikroskala"). De extremt låga elpriserna under 80-talet har dock gjort denna teknik ekonomiskt ointressant. Väntad ökning av elpriserna, 10 % per år under de närmaste åren, kommer att kraftigt förbättra de ekonomiska förutsättningarna för kombinerad kraft- och värmeproduktion på gårdsnivå.

Uppvärmningsbehovet för mangårdsbyggnader varierar starkt beroende på skick, geografisk belägenhet m.m. Generellt är det dock betydligt högre än för moderna villor, ca 40 000 kWh/år (motsvarande 5-6 m³ olja) torde vara en vanlig siffra. Det dimensionerande effektbehovet för en sådan bostad är ca 15 kW.

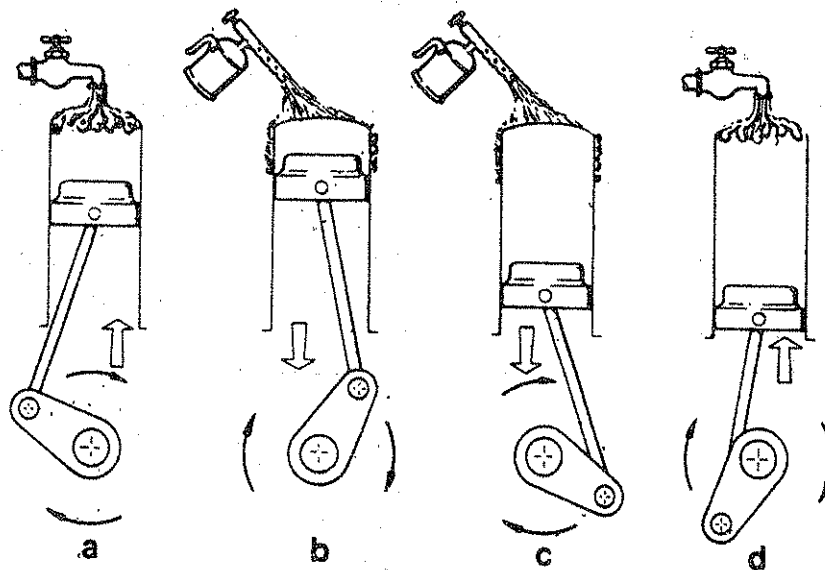
Behovet av hushållsel brukar anses ligga runt 5000 kWh/år. Elförbrukningen kan variera kraftigt med tiden. På en bråkdel av en sekund kan elbehovet öka med några kW, t.ex. när man sätter på en spisplatta. Det är knappast möjligt att styra en generators elproduktion så snabbt. Därför måste man antingen kunna exportera eller importera el till/från det allmänna elnätet i takt med behovet, eller också ha tillgång till en elektrisk ackumulator, t.ex. blybatterier med likriktare och växelriktare.

Stirlingmotorn är ett exempel på en motor med kontinuerlig förbränning av bränslet i en separat yttre brännkammare. Fördelar med stirlingmotorn är tyst, vibrationsfri gång samt låga avgasemissioner. Den viktigaste nackdelen är att effektuttaget inte kan regleras snabbt. Den kan därför inte konkurrera med otomotorer och dieselmotorer i fordon medan den passar utmärkt till stationära tillämpningar t.ex. vid produktion av el.

Stirlingmotorer kan inte utan svårigheter köpas på marknaden. I Sverige har stirlingmotorer sedan länge utvecklats vid United Stirling (numera ingående i Kockums). En tidigare modell V-160 tillverkades i ett antal exemplar och drevs med gas. Man har även experimenterat med träflis och träpulver som bränsle. Gengas från träflis bör vara ett bra bränsle.

STIRLINGMOTORN

Stirlingmotorn kan liknas vid en fyrtakts kolvmotor där arbetsmediet inte byts ut. Arbetsmediet ömsom värms och ömsom kyls, vilket åstadkommer arbetet, se fig. 1-2. Dessutom komprimeras arbetsmediet ömsom och expanderar ömsom. Arbetsmediet förflyttas mellan det varma och det kalla rummet med hjälp av deplacerkolven. På vägen mellan dessa rum passerar arbetsmediet regeneratoren, (se fig. 2) en värmeväxlare där värme tas upp respektive avges till arbetsmediet beroende av dess strömningsriktning. Verkningsgraden förbättras på så sätt. Bränslet förbränns i en yttre brännkammare och inte som hos förbränningsmotorer i cylindrarna. I Bernesson (1993) beskrivs stirlingmotorns funktion utförligt.

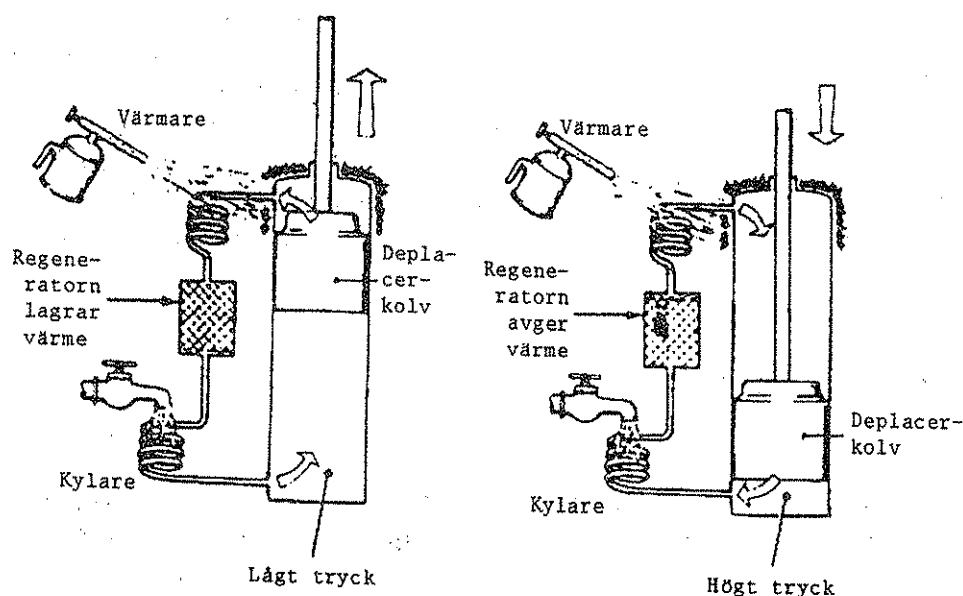


Figur 1. Arbetstakterna i en förenklad stirlingmotor.

Förbindelsekanalen mellan cylinderns delar består av tre olika komponenter. Den översta delen (närmast deplacerkolvens översida) består av en värmeväxlare (värmaren) där förbränningsgaser från en kontinuerlig brännare avger sin värme till arbetsmediet.

Den nedersta delen (närmast deplacerkolvens undersida) består även den av en värmeväxlare. Arbetsmediet kyls där via en kylvattenkrets av omgivande luft, se fig. 2.

När deplacerkolven förs nedåt pressas arbetsmediet från cylinderns nedre del (kompressionsutrymmet) genom kylaren och värmaren till den övre volymen (expansionsutrymmet). När deplacerkolven rör sig i motsatt riktning strömmar arbetsmediet tillbaka till kompressionsutrymmet. Denna gastransport skulle innebära att den värme som arbetsmediet absorberar i värmaren på väg tillbaka till kompressionsutrymmet går förlorad i kylaren. För att förhindra detta placeras en s.k. regenerator mellan värmaren och kylaren, se fig. 2.



Figur 2. Stirlingmotorns arbetsprincip. Värmare, kylare, regenerator och deplacerkolv.

I stirlingmotorer är vätgas den mest ideala gasen som arbetsmedium följt av helium. Dessa gaser följer den allmänna gaslagen bra samt har låg viskositet, vilket i en stirlingmotor medför låga friktionsförluster. Verkningsgrad och effekttäthet blir därmed höga och motorn kan göras relativt liten. Enkla motorer med luft vid lågt tryck som arbetsmedium har låg verkningsgrad. Avancerade stirlingmotorer, med vätgas som arbetsmedium, kan nå nästan samma verkningsgrader som dieselmotorerna.

Stirlingmotorer kan eldas direkt med flytande eller gasformiga bränslen. Indirekt förbränning av biomassa där värmen tillförs stirlingmotorn via värmeväxlare kan även ske. Förgasning av biomassa och direktförbränning av okyld gas samt direktförbränning av biomassa i en modifierad brännkammare för fasta bränslen (billigast, men här återstår mycket utvecklingsarbete) är också möjligt.

Exempel finns på stirlingmotorer som drivits med gengas från trä eller halm. I figur 4 visas direktförbränning av gasen i stirlingmotorns brännare eller förbränning av gengasen i en separat brännare. Direktledning har skett av stirlingmotorer med pulvriserade biobränslen eller med träflis. Vid direktledning av biobränslen i stirlingmotorer har problem förekommit med att aska och andra förbränningsprodukter satt igen stirlingmotorns värmare. Tekniken med en värmeväxlare där en vätska förångas i den värmeupptagande delen och kondenserar i den värmeavgivande delen kan eventuellt vara en lösning för att få större värmeväxlaryta och därmed bättre chanser att lyckas då stirlingmotorer skall direktledas med biobränslen, se fig. 5. Cyklonbrännare har använts för att underlätta frångiljandet av askpartiklar m.m. från förbränningsgaserna.

Emissionerna av kolväten och kolmonoxid är mycket låga för stirlingmotorer, beroende bl.a. på den kontinuerliga förbränningen. Kväveoxidemissionerna är låga, men kan bli höga, dock ej lika höga som hos dieselmotorer, om goda prestanda och därmed hög förbränningstemperatur eftersträvas. Högre temperatur ger mer kväveoxider. Kväveoxidemissionerna kan sänkas genom avgasrecirkulering. Stirlingmotorer är även väl lämpade för katalysatorrening. Stirlingmotorer har betydligt lägre buller- och vibrationsnivåer än konventionella motorer.

FRAMSTÄLLNING AV GENGAS

Förgasare med med/nedströmsförgasning har visat sig vara mest lämpliga för gengasframställning till förbränningsmotorer (Bernesson, 1993), se fig. 3. Dessa ger en gengas med låg tjärhalt. Tjära i gasen är ofördelaktigt vid drift av förbränningsmotorer. Mindre med/nedströmsförgasare är relativt billiga och enkla att tillverka. De har en verkningsgrad på ca 70-75 %.

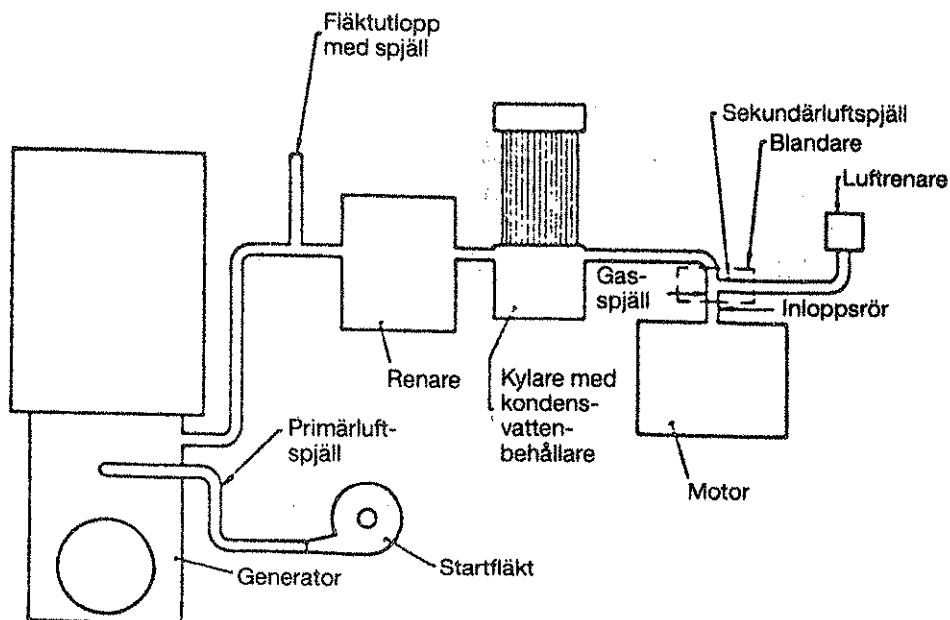
Trä, träkol och liknande biomassor fungerar bra i de flesta gengasaggregat. Halm är både svårt att hantera (kräver dyrbarare utrustning) och ger problem med asksintring och stråkbildning. Specialförgasare kan byggas för förgasning av halm.

Gengas innehåller giftig kolmonoxid och bör hanteras därefter. Vedgas har ett effektivt värmevärde på ca 5 MJ/Nm³ (ca 13 % av naturgasens effektiva värmevärde per Nm³). I tabell 1 nedan redovisas gengasens beståndsdelar.

För framställning av gengas behövs ett gengasverk, vars huvuddelar är gasgenerator, renare, kylare och blandare, se fig. 3.

I generatoren bildas gengasen. Den leds först till renaren där sot och stoft skiljs ifrån, därefter till kylaren där temperaturen sänks så att vattenånga och tjära kondenserar. Sist kommer gasen till luftblandaren där den blandas med en lämplig mängd luft innan den förbränns i motorn. Gasspjället reglerar mängden

gas som sugts in i motorn. Startfläkten används endast vid uppstartningen och uppfläktningen av gasgeneratoren.



Figur 3. Principbild av gengasverk av medströmstyp.

Gengas (förkortning av generatorgas) bildas genom ofullständig förbränning av fasta bränslen i en gasgenerator. Man talar ofta om vedgas eller kolgas beroende på om man använder ved eller träkol som bränsle.

Gasen alstras vid luftunderskott till skillnad mot förbränning i allmänhet som äger rum vid luftöverskott. Vid processen sker en förgasning av bränslet utan åtföljande förbränning av den bildade gasen.

Vad gäller produktion av gengas finns ett stort antal reaktorer. I motsats till antalet olika reaktorer är basprocesserna mycket få:

- Motströmsförgasning (uppströmsförgasning)
- Medströmsförgasning (nedströmsförgasning)
- Isoterm förgasning

För att få en i möjligaste mån tjärfri gas används vanligen generatorer med medströmsförgasning, se fig. 3. I dessa passerar gaserna från torkningen via avgasningen och förbränningszonen till reduktionszonen. Huvuddelen av de bildade avgasningsprodukterna går in i förbränningszonen där de antingen förbränns eller krackas till mer lättflyktiga beståndsdelar.

Tabell 1. Gengasens värmevärde samt beståndsdelar vid medströms förgasning

Bränsle		Ved	Trä	Träkol
Värmevärde (MJ/Nm ³) effektivt (torr gas)		5,0-5,8	5,0-5,4	4,2
Brännbara beståndsdelar (volym %):				
Kolmonoxid	CO	17-22	20,5-22,2	28,7
Vätgas	H ₂	16-20	12,3-15,0	3,8
Metan	CH ₄	2- 3	2,4-3,4	0,2
Tunga kolväten	C _n H _m	0,2-0,4	0 -0,3	0,1

Icke brännbara beståndsdelar:

Koldioxid	CO ₂	10-15	9,5-9,7	3,0
Kväve	N ₂	45-50	50,0-53,8	62,9
Syrgas	O ₂	-	0,6-1,4	1,3

STIRLINGMOTORER FÖR PRODUKTION AV KRAFTVÄRME

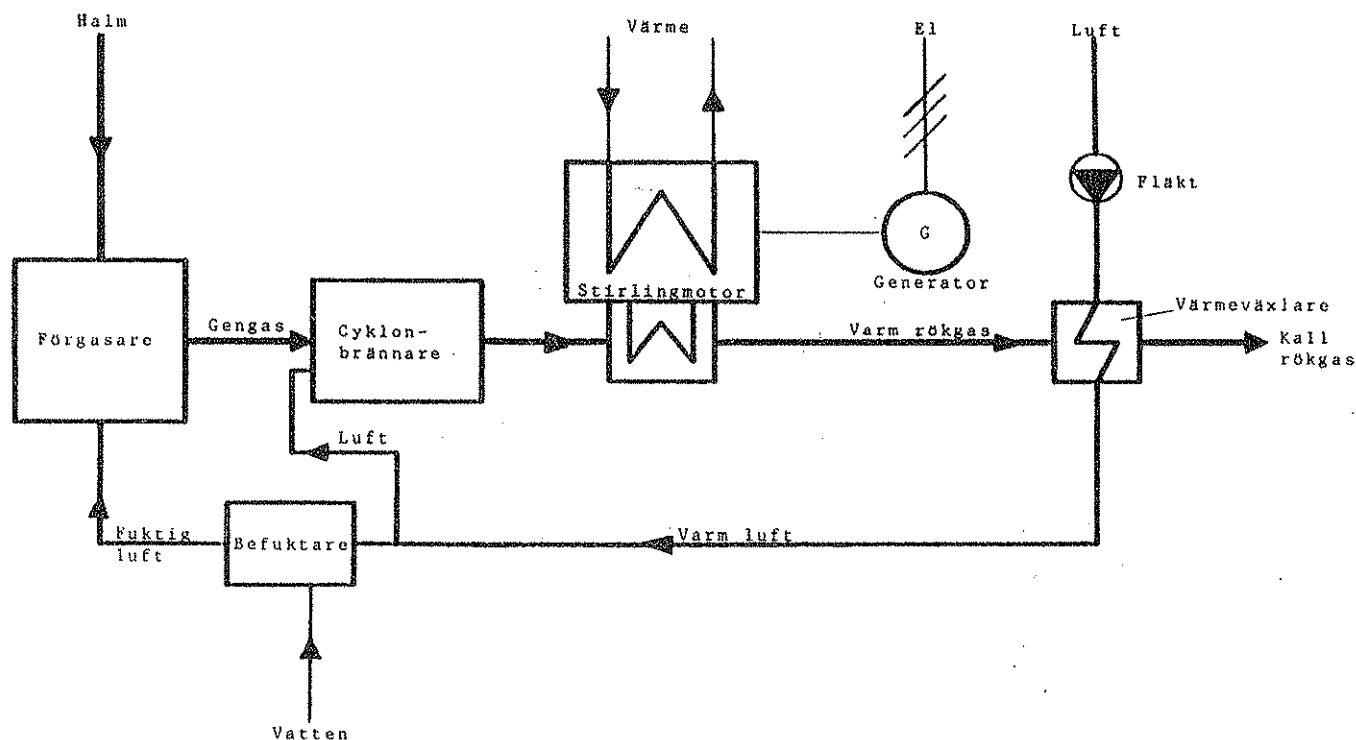
Hos gengasdrivna stirlingmotorer leds gengasen efter förgasningen direkt utan kylning till stirlingmotorns brännkammare. Osäkerheten ligger här främst i om det är möjligt att erhålla en så bra förbränning att sot och tjära inte avsätts på värmaren i sådan omfattning att värmeöverföringen och därmed effektöverföringen till stirlingmotorn hindras i väsentlig grad. Tjäran behöver inte kondenseras före förbränningen, utan kan brännas tillsammans med gasen i brännaren. Gengasanläggningen kan därmed göras enklare än till t.ex. dieselmotorer.

Gengas från halm innehåller partiklar med låg smältpunkt, vilka kan ge avsättningar även i stirlingmotorer. Vid användning av stirlingmotorer är det inte lämpligt att filtrera bort partiklarna på vanligt sätt, då filtreringen medför en avkylning av gasen. En lösning kan då vara att använda högtemperaturfilter (keramiska filter med ca 1000°C arbetstemp.) där partiklarna smälter och rinner bort från filtret som slagg. Halmslagg smälter vid ca 900-1000°C.

Förgasning med förbränning av gasen i separat brännare

I detta fall leds gasen till en brännkammare som kan vara en cyklonbrännare. En brännkammare placeras mellan förgasaren och stirlingmotorn, se fig. 4. Med detta koncept förväntar man sig inga större problem med att hålla värmaren ren från avlagringar av sot och tjära. Förbränningen i cyklonbrännaren är så effektiv och sker vid så hög temperatur att mängden restprodukter blir mycket liten. Med

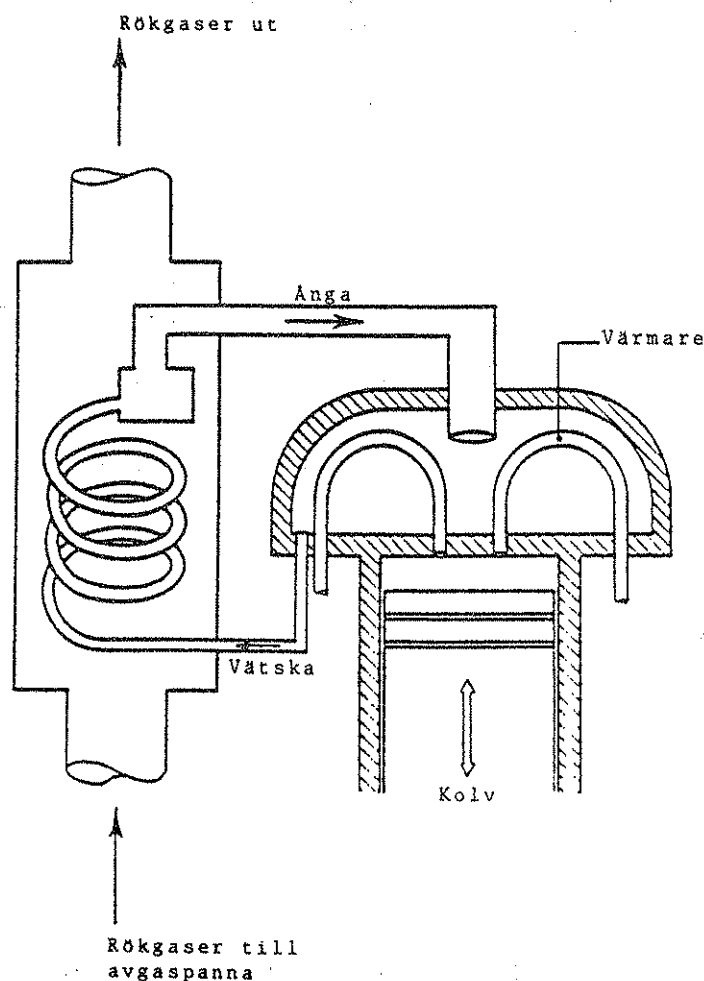
detta koncept kan värmaren utföras som en konventionell värmeväxlare, som är optimerad vad gäller värmeöverföring och tryckförluster.



Figur 4. Översiktsschema över en halmgasdriven stirlingmotor med separat brännare.

Stirlingmotorer drivna av rökgaser från förbränningsmotorer

För att erhålla en större värmeväxlaryta och därmed göra värmeväxlaren mer okänslig för igensättning kan en möjlig lösning vara att rökgaserna leds genom en rökgaspanna (värmeväxlare). I denna kan en vätska förångas då den tar upp värme från rökgaserna, se fig. 5. Ångan leds sedan till stirlingmotorns värmare där den kondenserar och avger sin värme till stirlingmotorn.



Figur 5. Skiss av en stirlingmotors topp där värmen från rökgaserna från en dieselmotor leds till en stirlingmotors värmare med en värmeväxlare, där en vätska förångas vid värmeupptagning och kondenserar vid värmeavgivning.

Detta system har fördelar såsom:

- * Man undviker rökgaser i direktkontakt med stirlingmotorns värmare och därmed sotavlagringar på denna.
- * Man får möjlighet att utöka den värmväxlande ytan i rökgasvärmväxlaren, som har ett lågt värmeövergångstal på rökgassidan (har ett stort temperaturfall mellan rökgasen och värmväxlarens vägg), och kan därmed förbättra verkningsgraden.

Denna teknik kan eventuellt vara en lösning för att få större värmväxlaryta då stirlingmotorer skall direkteldas med bibränslen eller eldas med gengas som ger avsättningar på stirlingmotorns värmare.

EKONOMI

Enligt ekonomiska kalkyler (Bernesson, 1993) är stirlingmotorer, som drivs med okyld eller kyld gengas från träflis, de mest intressanta alternativen vid produktion av enbart el (värmens tas ej tillvara). Även gengas från träflis till dieselmotorer är intressant. Motorer som drivs med gengas från halm samt ångdrivna motorer ger mycket dyr el och har dessutom höga investeringskostnader.

Om även värmens tas tillvara är stirling- och dieselmotorer som drivs med gengas från träflis intressanta. Träpulver intar en mellanställning, både till dieselmotorer och till stirlingmotorer, detsamma gäller halmeldade ångmotorer. Fortfarande blir energin dyrast vid gengasframställning från halm, både till dieselmotorer och stirlingmotorer.

För mycket små motorer, ca 3 kW el, är det bättre att jämföra elproduktionskostnaden med det pris den lokale eldistributören säljer el till hushållen, eftersom det mesta av den el som ett så här litet kraftvärmeverk producerar kan konsumeras i det egna hushållet. Då man räknar på detta sätt blir småskalig kraftvärme mer lönsam än vad den tycks vara från början. Vanligen jämförs elproduktionskostnaden med det pris som hushållen kan få betalt för den el de säljer till den lokale eldistributören.

Slutsatser från de ekonomiska kalkylerna är att stirlingmotorer som drivs med gengas från träflis bör studeras vidare, likaså dieselmotorer. Små träpulverdrivna stirlingmotorer, ca 3 kW el, som utan risk kan placeras i bostadshus bör även studeras vidare. Där gengas ej kan användas på grund av utrymmesskäl eller förgiftningsrisker från kolmonoxid är träpulverdrivna motorer intressanta.

Rekommendationerna blir följande:

- * Satsa på gengas från träflis till stirlingmotorer, även i mikroskala. Satsa också på gengas till dieselmotorer.
- * Försök utveckla en brännare till stirlingmotorer som kan eldas direkt med träflis.
- * Satsa på träpulver, både till stirlingmotorer och dieselmotorer parallellt.
- * Utveckla små träpulvereldade stirlingmotorer för kraftvärme i bostadshus.

LITTERATUR

Bernesson, S. 1993. Möjligheter för kombinerad el- och värmeproduktion på gårdsnivå från fasta bränslen med hjälp av förbränningsmotor, stirlingmotor eller ångmotor. En förstudie. Inst. f. lantbruksteknik, SLU. Inst. medd. 92:12. ISSN 1101-0843. 271 s.

Kai-J Storeheier
Jahn Olav Holmerud
Institutt for tekniske fag
Norges landbrukshøgskole

ENØK- råd for landbruket

Innledning

ENØK (energiøkonomisering) har i Norge blitt et velkjent begrep for både industri og privatpersoner. Det har blitt brukt store midler for å implementere ENØK tiltak og gjøre ENØK tankegangen kjent. Men landbruket har ikke kommet innunder industribegrepet og ei heller husholdningsbegrepet og det har medført at informasjon og generell satsning har vært beskjeden innen denne sektoren.

Det ble derfor bevilget midler fra Norges Landbruksvitenskapelige forskningsråd via Energiforskningen til et informasjonsprosjekt rettet direkte til landbruket. Informasjonsprosjektet var en til nå avslutning og oppsummering av en rekke ENØK prosjekter som Institutt for tekniske fag har utført. Dette arbeidet resulterte bl.a. i en rapport som vil bli omtalt her. Noe senere ble det stilt midler til disposisjon for å tilpasse programvare for ENØK beregninger til bruk i landbruket.

En definisjon av ENØK fra Olje og Energidepartementets opplysningshefter:
"Energiøkonomisering er et begrep som i videste forstand betyr at energien skal brukes i den form, i den mengde og til den tid som totalt sett er mest lønnsom når alle fordeler og ulemper er veiet mot hverandre. Ordet energiøkonomisering kan derfor ikke erstattes av det enklere ordet energisparing. Det er ikke ønskelig å spare energi uten å ta hensyn til konsekvensene, f.eks. for arbeidsmiljø og kostnader."

ENØK-rapport

Det ble på et tidlig tidspunkt i prosessen klart at kompetanseoverføring til rådgivere og konsulenter om landbrukets særegehenter var viktig. Men noe som var enda mer presserende var informasjon mot den enkelte bonde. Det har vært utarbeidet svært lite informasjon som bøndene direkte kunne gjøre seg nytte av.

Ofta vil det være slik at den beste ENØK kommer ut av en bevisstgjøringsprosess. Dersom energiøkonomiseringstanken er med når det daglig stellet utføres er det mer effektivt enn store investeringer. Men for å få dette til er det nødvendig med god informasjon som når fram. Vi besluttet derfor å utarbeide en enkel og lettlest rapport med en profesjonell layout.

Rapporten fikk utseende som vist i fig. 1. Den ble inndelt i to spalter. Den ene besto av figurer med undertekster og den andre spalten av tekst. Intensjonen var at budskapet skulle komme fram selv om det bare ble bladd i rapporten og lest figurtekster nærmest som en tegneserie. Det ble leid inn en profesjonell illustratør

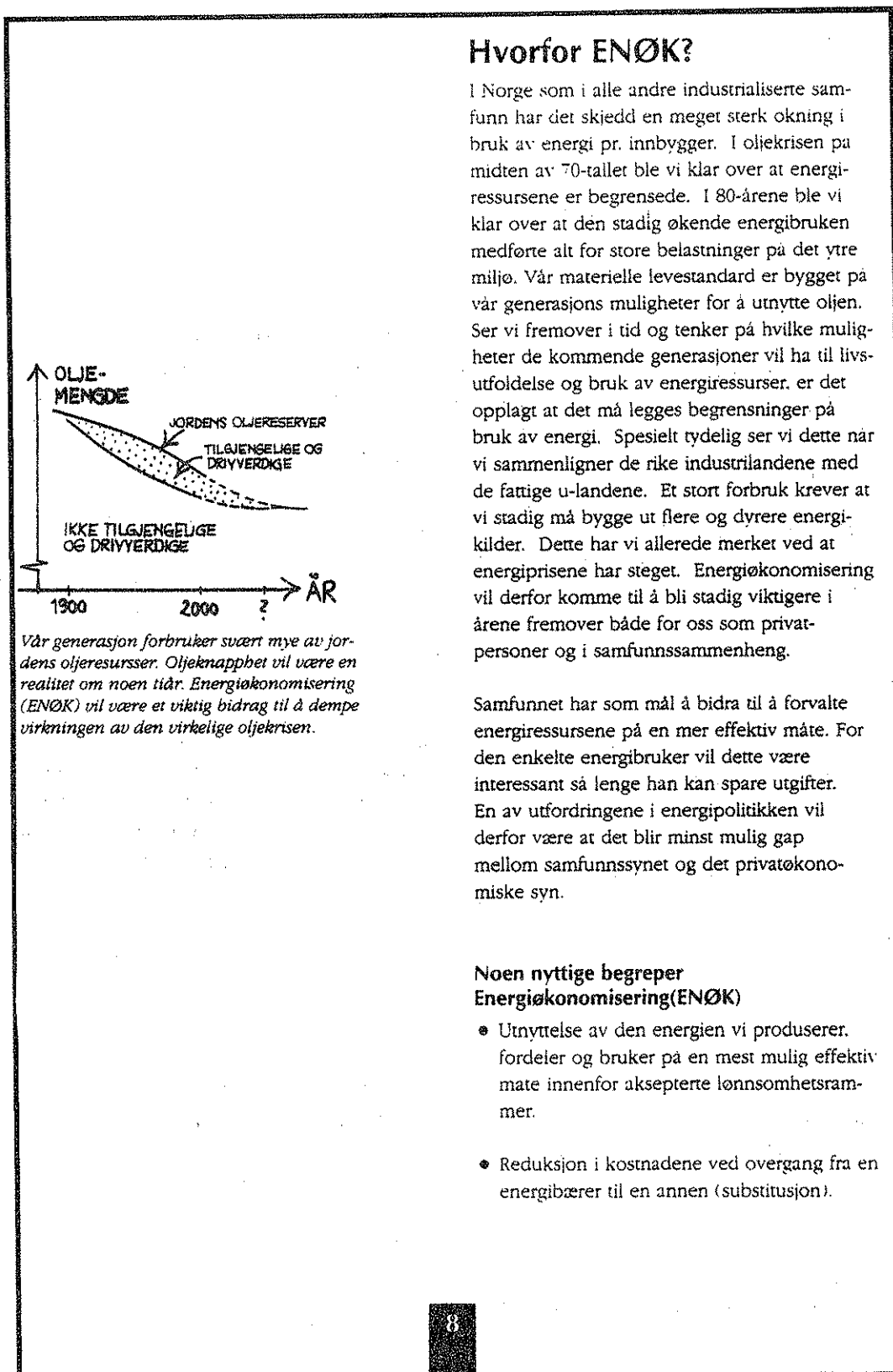


Fig. 1. Den populærvitenskapelige rapporten ble laget med to spalter. En spalte med figurer og tekster og en annen spalte med kun tekst. For å få en oversikt over stoffet kan rapporten leses som en tegneserie ved å se på figurene og figurtekstene.

for å utføre tegnearbeidet.

Teksten ble skrevet på en så enkel måte som mulig, men dette skulle ikke gå utover innholdet. Viktige poenger ble eksemplifisert og gjentatt i figurspalten.

Rapporten er delt inn i fire hovedkapitler, en generell del, en husdyrromdel, en boligdel og en planteproduksjonsdel.

Som en oppsummering ble det lagt inn tabeller hvor den enkelte brukeren kan sette inn sine egne tall i lønnsomhetsanalyser, vedlegg 1. Nødvendige tabeller er vedlagt for å kunne utføre kalkulasjonene. Det er også vist eksempler på hvordan utfyllingen og kalkulasjonene skal gjøres.

Hovedbudskapet i rapporten kan sammenfattes i følgende på punkter:

- Tenk ENØK i hverdagen
- Sjekk dine arbeidsvaner
- Sjekk nåtilstanden før tiltak
- Implementer de enkle tiltakene først
- Store investeringer må planlegges nøye (lønnsomhetsberegnes)

Veiledningsprogram

Dersom en gårdbruker ønsker råd, kan han gå til en privat eller offentlig ENØK rådgiver. Problemet har vært at rådgiverne dels ikke har vært spesialister på landbruk dels at det ikke har vært tilgjengelig god programvare for enklere å kunne beregne energiforbruk og tiltak.

Institutt for tekniske fag, Norges landbrukshøgskole har fått et delprosjekt på utvikling av programvare spesielt tilpasset landbruket. Programmet er opprinnelig beregnet på yrkesbygg og boliger. Det som nå foregår er å utvidet dette programmet med ytterligere en modul som skal benyttes til landbruksbygg. Programmet eies forøvrig av firmaet Energidata A/S i Trondheim.

Programmet analyserer i første rekke energiforbruket i landbrukets bygninger. Senere kan det beregnede energiforbruket benyttes i økonomiske analyser som igjen nyttes til å gi råd om sparing. Programmet skal kunne benyttes til alle oppvarmede rom, høy og korn tørker samt kjølerom.

Programmet fungerer på følgende måte. Først blir data for bygningen og funksjonene i bygningen lagt inn. Disse dataene danner grunnlaget for en estimering av energiforbruket i bygningen. Det beregnede energiforbruket sammenholdes så med det målte. Dersom det er en differanse mellom det beregnede og det målte regner programmet flere ganger og fordeler feilen på de forbrukerne som har størst sansynlighet for at det beregnede var feil.

Instituttets arbeid går hovedsaklig på vurdering av inndata. Usikkerheten i beregningene ser ut til å være relativt høy. Det er stor variasjon fra bygning til bygning av hvilke installasjoner som er benyttet og ikke minst på hvilken måte de ble brukt på. I tillegg er vanskelig å si hva som er normalt forbruk og hva som ikke

er det.

Det er viktig at også landbruket får delta i ENØK arbeidet på en god måte. Det krever et veiledningsapparat som kan sine saker og som har tilgang til gode dataverktøy. Men det viktigste er at informasjon når ut til den enkelte bonde slik at han blir klar over de økonomiske fordelene ENØK tankegangen har.

Vedlegg 1

1-18:5(6)

Økonomisk kalkyle før skatt for varmeanlegg

Side 1 av 2

Prosjekt: *Eksempel I Varmeanlegg*

Dato: 12.10.92

Alternativ: *Vedfyrte sentralvarmeanlegg*

Saksbeh.: JOH

Beskrivelse:

Varmebehov: 34 600 kWh pr. år. Effektbehov: ≈ 20 kW

FASTE ÅRSKOSTNADER:

Gr.	Spesifikasjon av innstallasjonsgruppe	Anleggskostnader (kr. inkl.mva.)	Annuitet (7% renter)	Vedlikehold (%)	Årskostnader (kr)
1.	Bygningstekniske anlegg: (30 år)				
				
	<i>Fyrrom m/pipe</i>	: 25 576.-			
				
				
	sum:	25 576.-	• 0.081	• 1.005 (2.5%)	= 2082.-
2.	Varmeproduserende anlegg: (15 år)				
				
	<i>Fyrkjel (maks. 20 kW)</i>	: 24 000.-			
				
				
	sum:	24 000.-	• 0.110	• 1.02 (2%)	= 2693.-
3.	Transport og avgivelse av varme: (20 år)				
				
	<i>20 stk. radiatorer (inkl. sirk. pumpe)</i>	: 64 500.-			
				
				
	sum:	64 500.-	• 0.094	• 1.005 (0.5%)	= 6093.-
4.	Diverse: 30 år				
	<i>Akkumulator-tank i fyrrom (2500 l)</i>	: 13 000.-			
				
				
	sum:	13 000.-	• 0.081	• 1.005 (0.5%)	= 1058.-

SUM FASTE KOSTNADER (kapital + vedlikehold):

11 926.-

FAST VARMEPRIS: $\frac{\text{faste kostnader}}{\text{varmebehov}} = \frac{11\,926.-}{34\,600.-} = \text{kr. } 0.34 \text{ pr. kWh}$

Økonomisk kalkyle før skatt for varmeanlegg

Prosjekt: <i>Eksempel I Varmeanlegg</i>	Dato: <i>12.10.92</i>		
Alternativ: <i>Vedfyrte sentralvarmeanlegg</i>	Saksbeh.: <i>JOH</i>		
Beskrivelse:			
Varmebehov: <i>34 600</i> kWh pr. år.	Effektbehov: <i>≈ 20</i> kW		
VARIABLE ÅRSKOSTNADER:			
1. BRENSELKOSTNADER:			
<i>Brensel</i>	<i>Brennverdi (kWh pr. enhet)</i>	<i>Virkn.grad (%)</i>	<i>Nyttbar varme (kWh pr. enhet)</i>
<i>Ved</i>	<i>3555 pr. favn</i>	<i>65%</i>	<i>2180 kWh pr. favn</i>
.....
.....
<i>Pris (kr. pr. enhet)</i>	<i>Varmepris (kr. pr. kWh)</i>	<i>Årlig varmebehov (kWh)</i>	<i>Årskostnad (kr)</i>
<i>500.- pr. favn</i>	$\frac{500}{2180} = 0,23$	<i>34 600 =</i>	<i>7958,-</i>
.....
.....
2. KOSTNADER TIL ELEKTRISK STRØM:			
<i>Spesifikasjon av el. forbrukende anlegg:</i>	<i>Behov (kWh pr. år)</i>	<i>El.pris (kWh pr. enhet)</i>	<i>Årskostnad (kr)</i>
<i>Drift av sirkulasjonspumpe til radiatoranlegget:</i>	.....	.....	.....
<i>0,1 kW i 8 mnd. = 0,1 • 5800 timer</i>	<i>580</i>	<i>0,42-</i>	
<i>Sum strømforbruk tilknyttet oppvarming:</i>	<i>580-</i>	<i>• 0,42</i>	<i>= 243,60</i>
3. FYRINGSARBEID ETC. TILKNYTTET ANLEGGET:			
<i>Varmebehov: 34 600 (kWh) / 2180 (kWh/favn) ≈</i>	<i>16 favner</i>	<i>= kr.</i>	
.....	.....	<i>= kr.</i>	
<i>Fyringsarbeid ≈ 150 • 16-</i>	.....	<i>= kr. 2400,-</i>	
SUM VARIABLE KOSTNADER: .....	.....	.....	<i>= kr. 10 601,60</i>
VARIABLE VARMEPRIS: $\frac{\text{variable kostnader}}{\text{varmebehov}} =$	$\frac{10.601,60}{34 600}$	<i>= kr. 0,30-</i>	<i>pr. kWh</i>
+ Fast varmepris (fra side 1):		<i>= kr. 0,34</i>	<i>pr. kWh</i>
TOTAL VARMEPRIS :		<i>= kr. 0,64</i>	<i>pr. kWh</i>