



**BTK-rapport 2001:4**

# **Rörflen som Energi- och Fiberråvara En System- och Ekonomistudie**

*Rolf Olsson*

*Håkan Rosenqvist*

*Johan Vinterbäck*

*Jan Burvall*

*Michael Finell*

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Enheten för biomassateknologi och kemi  
Umeå

# INNEHÅLL

<b>FÖRORD</b> .....	<b>4</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>5</b>
<b>BAKGRUND</b> .....	<b>6</b>
<b>1 ODLINGSEKONOMI</b> .....	<b>7</b>
1.1 GRUNDFÖRUTSÄTTNINGAR.....	7
1.1.1 Standardkalkyl.....	7
1.2 INTÄKTER.....	9
1.2.1 Nettovärdet av ökad skörd.....	9
1.2.2 Variationer i skördenivå.....	9
1.2.3 Bättre sortmaterial.....	10
1.2.4 Priset på bränsle.....	10
1.2.5 Eget bränslebehov.....	11
1.3 KOSTNADER.....	12
1.3.1 Kostnadernas fördelning i rörflenodling.....	12
1.4 RÖRFLEN OCH/ELLER SPANNMÅL.....	13
1.4.1 Markval och jordartens betydelse.....	13
1.4.2 Var på gården skall rörflen odlas.....	13
1.4.3 Maskiner för spannmålsodling påverkar rörflen.....	13
1.4.4 Rörflen på uttagen areal.....	14
1.4.5 Olika alternativvärde på olika stor areal rörflen vid uttagen areal.....	15
1.5 LÖNSAMHETSBERÄKNINGAR FÖR SPANNMÅLS-, OLJEVÄXT-, RÖRFLEN- OCH SALIXODLING I ÖSTERGÖTLAND.....	16
1.5.1 Bakgrund.....	16
1.5.2 Metod.....	16
1.5.3 Resultat från lönsamhetsjämförelsen.....	16
1.6 SYSTEMETS OPTIMERING.....	19
1.6.1 Odlingens livslängd.....	19
1.6.2 Tidpunkt för avveckling av rörflenodling.....	19
1.6.3 Avveckling av salixodling pga. bättre sortmaterial.....	19
1.7 VÄXTNÄRING.....	20
1.7.1 Gödsling med avloppsslam.....	20
1.7.2 Gödsling med aska.....	21
1.7.3 Gödsling med en kombination av slam och aska.....	22
1.7.4 Gödsling med handelsgödsel.....	23
1.7.5 Krav på merskörd.....	23
1.7.6 Känslighetsanalys på kvävegödsling.....	23
1.7.7 Bränslepris.....	24
1.7.8 Kvävepris.....	24
1.7.9 Kvävepris och bränslepris.....	24
<b>2 FÖRÄDLING AV RÖRFLEN</b> .....	<b>25</b>
2.1 RÖRFLEN SOM ENERGIRÅVARA.....	25
2.1.1 Brikettering.....	26
2.1.2 Rörflen som råvara för brikettering.....	26
2.1.3 Beskrivning av processen.....	27
2.1.4 Briketteringstekniker.....	27
2.1.5 Energiförbrukning.....	28
2.1.6 Betalförmåga för rörflen.....	28
2.1.7 Mekaniska Kolvpressar.....	29
2.1.8 Pellettering.....	30
2.1.9 Rörflen som råvara vid pellettering.....	30
2.1.10 Beskrivning av processen.....	30
2.1.11 Pelletteringsteknik.....	31
2.1.12 Råvaruhantering.....	31
2.1.13 Sönderdelning av balar.....	31
2.1.14 Pellettering.....	31

2.1.15	<i>Energiförbrukning</i> .....	31
2.1.16	<i>Betalförmåga för rörflen</i> .....	32
2.1.17	<i>Pulvrisering</i> .....	32
2.1.18	<i>Rörflen som pulverbränsle</i> .....	33
2.1.19	<i>Beskrivning av processen</i> .....	33
2.1.20	<i>Sönderdelning av balar</i> .....	33
2.1.21	<i>Kvarnar för finmalning</i> .....	33
2.1.22	<i>Pulverlagring</i> .....	33
2.1.23	<i>Energiförbrukning</i> .....	33
2.1.24	<i>Betalförmåga för rörflen</i> .....	34
2.2	EN TEKNISK BESKRIVNING OCH ANALYS AV BIORAFKONCEPTET .....	35
2.2.1	<i>Förbehandling</i> .....	35
2.2.2	<i>Skivkvarn</i> .....	35
2.2.3	<i>Separator</i> .....	35
<b>3</b>	<b>FÖRBRÄNNING</b> .....	<b>36</b>
3.1	POTENTIAL FÖR PANNOR I OLIKA EFFEKTKLASSER .....	36
3.1.1	<i>Villapannor 10–20 kW</i> .....	36
3.1.2	<i>Mindre pellets- och brikettanläggningar 50 kW–1 MW</i> .....	36
3.1.3	<i>Pulverpannor 1–100 MW</i> .....	36
3.1.4	<i>Fastbränslepannor 1–200 MW</i> .....	37
3.2	KARTLÄGGNING AV PANNPOTENTIAL I VÄSTERBOTTEN .....	38
3.2.1	<i>Inledning</i> .....	38
3.2.2	<i>Resultat</i> .....	39
3.3	KARTLÄGGNING AV PANNPOTENTIAL I MÄLARDALEN.....	39
3.3.1	<i>Inledning</i> .....	39
3.3.2	<i>Resultat</i> .....	40
3.3.3	<i>Sammanfattning – kartläggning Mälardalen</i> .....	44
3.3.4	<i>Oljepannor &lt; 500 kW</i> .....	44
3.3.5	<i>Oljepannor &gt; 500 kW</i> .....	44
3.3.6	<i>Elpannor &lt; 500 kW</i> .....	44
3.3.7	<i>Elpannor &gt; 500 kW</i> .....	44
<b>4</b>	<b>ANNAN INDUSTRIANVÄNDNING</b> .....	<b>45</b>
4.1	FIBERSKIVOR.....	45
4.1.1	<i>Rörflen som råvara för fiberskivor</i> .....	45
4.1.2	<i>Beskrivning av processen</i> .....	45
4.1.3	<i>Betalförmåga för rörflen</i> .....	47
4.2	KEMISK FIBERMASSA.....	48
4.2.1	<i>Rörflen som råvara för kemisk fibermassa</i> .....	48
4.2.2	<i>Förbehandling</i> .....	48
4.2.3	<i>Finpapper av rörflen</i> .....	49
4.2.4	<i>Beskrivning av processen</i> .....	49
4.2.5	<i>Ekonomiska förutsättningar</i> .....	52
4.2.6	<i>Sammanfattning</i> .....	52
<b>5</b>	<b>ENERGIBALANS VID ODLING OCH FÖRÄDLING AV RÖRFLÉN</b> .....	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ FORTSATTA INSATSER</b> .....	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSBEHOV</b> .....	<b>58</b>
	<b>REFERENSER</b> .....	<b>59</b>

## FÖRORD

Detta projekt har ingått i Stiftelsen Lantbruksforskningens ramprogram Stråbränslen med beteckningen System- och Ekonomianalys av hela integrerade kedjor från odling till slutanvändning av rörflen som energi- och fiberråvara (Dnr. SLF 38/96 Projekt nr. 9 672 003). Projektets slutrapportering har kraftigt försenats genom att det EU-projekt (AIR3-CT94-2465) som varit viktigt för att ta fram delunderlag också försenades genom de ambitionshöjningar som gjordes inom detta projekt. Med godkännande från kommissionen så ersattes de pilottester med rörflen som massaråvara som planerats med fullskaliga industriprov i samarbete med AssiDomän i deras anläggning i Karlsborg. Genom detta steg så har den ackumulerade kunskapen om rörflenens potential kraftigt utökats.

Förseningen innebär också att kapitlen 2, 3 och 5 har kunnat utökas med den snabba kunskapsutveckling som skett de senaste åren både genom SLU: s BTC-satsning men också med de satsningar som sker med likartade gräs (i huvudsak switchgrass) i USA och Canada.

Kapitel 1 om odlingsekonomi för rörflen som delvis speglar de EU-stöd och villkor som gällde i mitten av 1990 talet har delvis förlorat i aktualitet men är ändå i huvudsak allmängiltigt.

Som framgår av rapporten så har viktiga delunderlag tagits fram av Håkan Rosenquist, Johan Vinterbäck, Jan Burvall samt Michael Finell. Bland andra som lämnat viktiga delunderlag kan nämnas Dr. Staffan Landström, SLU samt direktör Herlof Dalen vid Daproma AB.

Som framgår av rapporten så finns många potentiella avsättningsområden för rörflen som är eller är nästan är kommersiellt mogna. Många av dessa har emellertid skaleffekter som gör introduktion svår. ”Det går inte att odla rörflen utan avsättning - Det går inte att investera i förädlingsanläggningar utan att det finns rörflen att köpa”, dvs. den klassiska situationen med hönan och ägget.

Den slutsats som kan dras av denna studie är att uppskalning av odling för industriell användning måste gå via energianvändning. Med den utveckling som skett under 2001 av pelletsutnyttjandet så ter sig detta idag realistiskt och kan dessutom stimuleras av samhällets behov av att få in avloppsslam i kretsloppet.

Röbäcksdalen, December 2001

Rolf Olsson

## SAMMANFATTNING

Projektet är en första ansats att i en sammansatt projektgrupp genomföra en system- och ekonomianalys av hela kedjor av rörflen till energi och fiberråvara. I analysen granskas lönsamheten i olika led från odling till slutanvändning och flaskhalsar i utvecklingen av gröda till kommersiell slutanvändning identifieras. I odlingsdelen görs jämförelser med Salix, medan olika slutanvändningsalternativ endast omfattar rörflen.

Projektet har kraftigt försenats då slutresultat från AIR3-CT94-2465 med provtillverkning av rörflensmassa i industriell skala bedömts vara angeläget att få med i rapporten. Detta har dock lett till att vissa delar av odlingsavsnittet i rapporten innehåller kalkyldata som inte är helt aktuella.

Rörflensproduktionen begränsas idag av avsättningsproblem som i sin tur baseras på att teknik för småskalig förädling saknas och att analyserade tekniker visar att relativt stor odling måste etableras innan någon förädlingslinje kan byggas. Odlingsarealernas uppskalning för att ekonomi skall erhållas är en viktig identifierad flaskhals. Följande indikativa arealsbehov föreligger (Tabell 1):

*Tabell 1. Arealbehov för olika avsättningar av rörflen*

<b>Förädlingslinje</b>	<b>Råvarubehov (ha/enhet)</b>
Briketter	800–1 000
Pellets /pulver	3 000
MDF-skivor	5 000–6 000
Kemisk massa /finpapper	40 000

Storskalig produktion av rörflen medger avsevärd rationalisering av produktionskedjan och nya mer högavkastande sorter är också under introduktion. Nya industrisorter är också i en marknadsintroduktionsfas. Den första sorten ”Bamse” har i jämförande försök i EU-projektet gett 20% högre skörd än fodersorten ”Palaton” som nu används.

Bäst lönsamhet eller bäst betalformåga för rörflen ger storskalig produktion och kombinerad förädling till massa och energi ”multifunctional use” som dock kommer att kräva arealsunderlag på c:a 40 000 ha rörflen. Innan investeringar i koklinjer för rörflen görs vid befintliga massaindustrier så måste lantbruket skala upp rörflensodlingarna och visa att jordbruket kan och vill producera rörflen. En uppskalning av rörflensodlingen måste ske successivt och alternativa användningar av rörflen för att skapa avsättning under uppskalningsfasen måste då etableras. En framkomlig väg för att uppnå detta kan vara att t.ex. etablera förädlingsanläggningar för rörflen. Ett första steg kan vara etablering av brikettfabrik (arealsbehov 1000 ha) med avsättning till konverterade oljepannor i segmentet 100–1000 kW, dvs. ”Närvarmesegmentet”. Ett andra steg i detta då odling och marknad utvecklats är utbyggnad av pelletslinje (3 000 ha) som i ett tredje steg kan kompletteras med fraktioneringsanläggning som medger produktion av halvfabrikat till massa/papper och samtidigt energiproduktion. I detta fall så måste ett antal ”fabriker ” (10-15) samverka för att tillsammans producera och leverera råvara till massafabriken.

## BAKGRUND

En viktig förutsättning för att industrigrödor skall kunna utvecklas och bli ett lönsamt alternativ till konventionell livsmedelsproduktion är att fungerande kedjor från odling till slutanvändning utvecklas och att existerande flaskhalsar identifieras och att utvecklingsinsatser sätts in för att undanröja de hinder som finns

I Danmark liksom i Sverige har ett antal projekt haft syftet att om möjligt höja lantbrukarens/råvaru-producentens inkomster på gårdsnivå till nivåer som t.ex. per arealsenhet motsvarar livsmedelsgårdens inkomstnivå för förädling av grovfoder till mjölk. Inom EU:s jordbrukspolitik visas genom systemet med arealstöd en motsvarande vilja att bibehålla gårdens inkomstnivå och därigenom vidmakthålla förutsättningarna för en livskraftig landsbygd. En möjlig utvecklingsväg är att genom t.ex. fraktionering av grödan få ut två eller flera slutprodukter som sammantaget betalar fraktioneringskostnaden och samtidigt ger producenten en ökad intäkt. Exempel på projekt med denna grundidé är det danska Biorafprojektet [Gylling, M 1995] samt det rörfbensprojekt (AIR3-CT94-2465) som koordinerats av SLU med EU som delfinansiär [Olsson, R 1994]. I det senare fallet är slutprodukterna en kortfiberråvara med högre värde än för oförädlat bränsle samt en bränslepulverfraktion som kan produceras med en avsevärt lägre energiinsats än då hela råvaran utnyttjas för pulvertillverkning. Vid större odling av rörfben i mellansverige ger detta förutsättningar för lokal fraktionering och förbättrad ekonomi för transport av den ”koncentrerade” fiberråvaran till norrländska finpapperstillverkare och god lokal marknad för pulverfraktion i närområdet.

## 1 ODLINGSEKONOMI

### 1.1 Grundförutsättningar

I standardkalkylen i avsnitt 1.1.1 som ligger till grund för lönsamhetsstudien, tillämpas en real kalkylräntefot som uppgår till sex procent. En lägre kalkylränta ger ett högre resultat i kalkylen p g a att utbetalningarna kommer före inbetalningarna.

Odlingens livslängd antas till 10 år. Odlingens ekonomiska livslängd påverkas bl.a. av biologiska faktorer för rörfilen, tillgång till nytt mer högavkastande odlingsmaterial, jordbruks-, miljö- och energipolitik samt den relativa lönsamheten för rörfilnodling jämfört med andra markanvändningsalternativ.

Vårskördesystemet har i försök visat sig ge hög och uthållig avkastning under många år och de kalkyler som har upprättats är därför baserade på att rörfilsvallen ligger i 10 år vilket innebär att 9 skördeår ingår i produktionskalkylen. Den genomsnittliga skörden, efter lägre skörd under vallens utvecklingsår, har från fältförsöken under 1990 talet uppskattats till i genomsnitt 7,5 ton torrsubstans. De enskilt största kostnadsposterna är: gödsling, skörd, transporter och lagring. I kalkylerna har därför olika odlings-, skörde-, lagrings- och transportstrategier analyserats. Grundkalkylerna upprättades 1997. Varje odling omfattar med gynnsam arrondering 7 ha och med genomsnittligt transportavstånd till lager 3,6 km. Gräset slås av med en slåtterkross med 3,2 m arbetsbredd. I lagringsalternativet ingår lagerbyggnad för lagring av 1 100 ton dvs. produktionen från ca 125 ha rörfilen. Balarna fraktas från odlingsfältet med hjälp av ett enmanssystem bestående av en 12 m lång flakvagn som lastar 13,3 ton och en jordbrukstraktor med frontlastare som både lastar och transporterar balarna till lagret.

Standardkalkylen förutsätter att bränslet säljs till pelletstillverkning till ett pris av 120 kr per MWh. Bränslet antas ha en fukthalt på 15 procent och ha ett energiinnehåll på 4,8 MWh per tts. Odlingsarealen antages i standardfallet vara sju hektar per odling. Alla maskinkörslor antages i standardfallet vara inlejda. Maskinstationstaxan antas motsvara lantbrukarens kostnader för att hålla egna maskiner och förare.

Kostnaden för odlarens egna arbete är i standardfallet satt till 120 kronor per timme. I det enskilda fallet är kostnaden för det egna arbetet beroende av planeringssituationen inom företaget. Standardkalkylen grundas på 1997 års prisnivå, maskin- och odlingsteknik. Maskinkostnaderna är hämtade från skriften "Maskinkostnader 1997" [Länsstyrelsen Östergötland, 1997] som ges ut av Lantbruksenheten i Östergötland samt från beräkningar utförda av Gunnar Hadders, JTI [pers medd. Hadders, 1997]. Priser på insatser i växtodling samt kvantiteter kommer från skriften "Bidragskalkyler 1997" [Länsstyrelsen Östergötland, 1997] som också ges ut av Lantbruksenheten i Östergötland.

Förändrade grundförutsättningar påverkar sålunda i större eller mindre omfattning resultat och slutsatser.

#### 1.1.1 Standardkalkyl

Nedanstående standardkalkyl (Tabell 1.1) ligger till grund för lönsamhetsstudien i denna skrift.

Tabell 1.1 Standardkalkyl som ligger till grund för lönsamhetsberäkningarna i denna skrift.

	Enhet	Kvant.	a pris	Kr/ha	faktor	Kr/ha medel/10år
<b>Intäkter</b>						
Gräs i balar år 3...11	ton ts	7,5	576	4320	0,823	3553
Arealstöd år 1...10		0	2101	0	1,000	0
<b>Summa intäkter</b>						<b>3553</b>
<b>Kostnader 1</b>						
Utsäde år 1	kg	15	100	1500	0,128	192
Ogräsmedel MCPA750 år 1	liter	0	60	0	0,128	0
Gödsel N år 1	kg	40	7,83	313	0,128	40
Gödsel N år 2	kg	100	7,83	783	0,121	95
Gödsel N år 3...10	kg	50	7,83	392	0,751	294
Gödsel P år 1,2	kg	15	11,18	168	0,249	42
Gödsel P år 3...10	kg	5	11,18	56	0,751	42
Gödsel K år 1	kg	50	4,02	201	0,128	26
Gödsel K år 2	kg	80	4,02	322	0,121	39
Gödsel K år 3...10	kg	20	4,02	80	0,751	60
Huggning år 3...11	ggr	1	300	300	0,823	247
Pressning år 3...11	råton	8,8	111	979	0,823	805
Försäljning år 3...11	råton	8,8	10	88	0,823	73
Avveckling år 11	ggr	1	1000	1000	0,072	72
<b>Summa kostnader 1</b>						<b>2026</b>
<b>Resultatnivå 1</b>						
<b>Intäkter - Kostnader</b>						<b>1527</b>
<b>Kostnadsnivå 2</b>						
Tillsyn, adm. år 1...10	tim	1	120	120	1,000	120
Harvning år 1	ggr	2	110	220	0,128	28
Sådd år 1	ggr	1	210	210	0,128	27
Sprutning år 1	ggr	0	120	0	0,128	0
Vältning år 1	ggr	2	80	160	0,128	20
Tallriksskumplöjning år 11	ggr	2	255	510	0,072	37
Plöjning år 11	ggr	1	755	755	0,072	54
Handelsgöd.sprid. år 1...10	ggr	1	120	120	1,000	120
Hemtransport år 3...11	råton	8,8	34	300	0,823	247
Inlastning år 3...11	råton	8,8	12	106	0,823	87
Säsongsagr. år 3...11	råton	8,8	67	591	0,823	486
Utlastning år 3...11	råton	8,8	7	62	0,823	51
Transport 30 km år 3...11	råton	8,8	63	556	0,823	457
<b>Summa kostnader</b>						<b>3760</b>
<b>Resultatnivå 2</b>						
<b>Intäkter - kostnader</b>						<b>-206</b>
<b>Kostnadsnivå 3</b>						
Arrende, markhyra år 1,2,3...10		0	0	0	1,000	0
<b>Summa kostnader</b>						<b>3760</b>
<b>Resultatnivå 3</b>						
<b>Intäkter - kostnader</b>						<b>-206</b>
<b>Kostnadsnivå 4</b>						
Gemensamma företagsomkost. år 1,2,3...10		1	500	500	1,000	500
<b>Summa kostnader</b>						<b>4260</b>
<b>Resultatnivå 4</b>						
<b>Intäkter - kostnader</b>						<b>-706</b>



## 1.2 Intäkter

### 1.2.1 Nettovärdet av ökad skörd

En större rörflekskörd innebär högre intäkter men också ökade kostnader. Förutom en större kvävegiva ökar bortförseln av fosfor och kalium. Även kostnader för pressning, hemtransport, lastning, lagring, vägtransport och förmedling ökar. Priset på ett tts rörflebränsle antas vara 576 kronor per tts fritt användare, vilket motsvarar 120 kronor per MWh. Om hänsyn tas till alla merkostnader som en högre skörd innebär, blir mervärdet av ett tts 94 kronor per tts diskonterat till första året i omdrevet.

*Tabell 1.2 Marginalkalkyl för ett tts i ökad produktion. Nuvärde första året i omdrevet, av kostnadsökning i kronor per tts vid marginella ändringar av skörden.*

<b>Kostnader</b>	<b>Kr/tts</b>
<i>Kostnad för bortförda växtnäringsämnen</i>	
Kväve	43
Fosfor	7
Kalium	8
<i>Övriga direkta kostnader</i>	
Pressning	107
Hemtransport	33
Inlastning	12
Säsongslagring	65
Utlastning	7
Förmedling	10
Transport till användare	61
Summa kostnadsökning	353
Intäktsökning (nuvärde)	474
Nettonuvärde	94

### 1.2.2 Variationer i skördenivå

Olika odlingsförutsättningar och skicklighet hos odlarna ger variationer i skördenivån på rörfleodlingarna. Traditionella jordbruksgrödor har stor spridning i skördenivå, vilket gör det naturligt att anta att detta även gäller för rörfle. Det skördeområde i Östergötland som har den högsta normskörden 1996 för korn är SKO 514 med 5 349 kg och lägst nivå i Östergötland har SKO 511 med 3 447 kg, vilket är 36 procent lägre [Länsstyrelsen Östergötland, 1997]. Dessutom finns det variationer inom de enskilda skördeområdena och mellan olika år. Variationen inom ett landskap är dessutom mindre än variationen i hela landet.

*Tabell 1.3 Resultatnivå före markersättning i kronor per hektar vid olika hektarskörd samt det bränslepris som krävs för att få nollresultat exkl. markersättning.*

<b>Tts i årlig skördenivå</b>	<b>Resultat kr/ha</b>	<b>Pris i kr/MWh för att erhålla nollresultat</b>	<b>Pris i kr/tts för att erhålla nollresultat</b>
2	- 727	212	1022
4	- 538	154	744
6	- 348	135	648
7,5	- 206	127	610
8	- 159	125	600
9,7	0	120	576
10	+ 30	119	572
12	+ 220	115	554

Som synes är skördenivån viktig för lönsamheten. Vid en låg skördenivå är det inte ekonomiskt intressant att odla rörflen. Med de förutsättningar som anges i standardkalkylen är det inte lönsamt att odla rörflen om skördenivån understiger ca 10 tts. Vid andra förutsättningar än de som gäller för standardkalkylen, kan andra lägsta skördenivåer gälla. Priset på bränsle är den förutsättning som har störst betydelse.

### 1.2.3 Bättre sortmaterial

I beräkningarna med standardkalkylen som underlag framkommer att för varje procent som avkastningen stiger, ökar årsresultatet med 7 kronor per hektar. Detta motsvarar 55 kronor per hektar i ökat investeringsutrymme under anläggningsåret. Inom EU projektet (AIR3-CT94-2465) framkom att de bästa tidiga förädlingslinjerna gav ca 20 % högre skörd än sorten Palaton som hittills dominerat kommersiell odling. En första energi/ industrisort har registrerats av Svalöf-Weibull under namnet Bamse och har i försök gett 20 % högre skörd. För senare framkomna växtförädlingslinjer indikerar pågående försök potentialen till ännu högre avkastning.

### 1.2.4 Priset på bränsle

Under senare år har priset på trädbränsleflis legat på en nominellt stabil nivå på ca 100 till 120 kronor per MWh, vilket innebär reellt sjunkande priser [Hillring, B. 1997]. Det kan dock vara svårt att förutsäga bränslepriset under en längre planeringsperiod. Bränslepriset påverkas framförallt av utbud, efterfrågan och politiska beslut. Ökad import samt teknik- och organisationsutveckling inom biobränsleområdet kan leda till lägre bränslepriser. På lång sikt kan ökad internationell användning av trädbränslen leda till högre priser.

Priset varierar mellan olika bränslekunder, vilket skapar lönsamhetsskillnader mellan olika odlingar. Företag som både odlar rörflen och använder bränslet för eget bruk kan i vissa fall ha högre betalningsförmåga än externa kunder [Rosenqvist, H. & Uhlin, H-E. 1992]. Om rörflen däremot ej används till pelletstillverkning, utan istället eldas oförädlad sjunker betalningsförmågan avsevärt för rörflenbränslet.

*Tabell 1.4 Resultat i kronor per hektar i standardkalkylen före markkostnad vid olika bränslepris.*

<b>Bränslepris Kr/MWh</b>	<b>Bränslepris Kr/tts</b>	<b>Resultat Kr/ha</b>
70	336	-1687
80	384	-1391
90	432	-1095
100	480	- 799
110	528	- 502
120	576	- 206
127	610	0
130	624	90
140	672	386
150	720	682

### 1.2.5 Eget bränslebehov

Rörflenodlare som har eget behov av stråbränsle kan sätta ett annat värde på rörflenbränslet och får därmed en annan lönsamhet på odlingen. En viktig fråga vid eldning med rörflenbränsle i egen panna är kostnaderna för alternativt värmegenerering och kostnader för eldningsutrustning. Alternativvärdet för bränsle till den egna pannan är troligen inte det samma som bränslepriset till pelletsfabrik.

En positiv aspekt är att alla slag av bränslen från fastigheten som används för uppvärmning av den skattskyldiges privatbostad på fastigheten är undantagna från inkomstbeskattning [Kindlund P. och Svensby B. 1998].

*Tabell 1.5 Tänkbar lönsamhetspåverkan när odlaren använder bränslet för eget bruk (+ anger att lönsamheten påverkas positivt).*

<b>Lönsamhetspåverkan</b>	
Förmedlingsavgift	+
Vägtransport	+
Alternativt bränslepris	±
Skatter	+
Lagring	-
Arbetsbehov	-
Eldningsutrustning	-

## 1.3 Kostnader

### 1.3.1 Kostnadernas fördelning i rörflenodling

Kostnaderna i samband med skörd och efter skörd (huggning, pressning, hemtransport, in- och utlastning, lagring, transport till pelletsfabrik och förmedling) svarar för 66 procent av kostnaderna. Etablering, gödsling, tillsyn, administration och avveckling svarar endast för 34 procent av kostnaderna. Detta visar betydelsen av en kostnadseffektiv hantering av rörflen efter skörd.

*Tabell 1.6 Kostnadernas fördelning i rörflenodling exkl. markersättning och gemensamma företagsomkostnader i kronor per år samt i procent av kostnaderna.*

	<b>Kr/år</b>	<b>% av kostnader</b>
Etablering	267	7
Gödsling	758	20
Huggning, pressning	1052	28
Hemtransport	247	7
Inlastning	87	2
Säsongslagring	486	13
Utlastning	51	1
Förmedling	73	2
Transport till användare	457	12
Tillsyn,administration	120	3
Avveckling	163	4
<b>Summa</b>	<b>3760</b>	<b>100</b>

## 1.4 Rörflen och/eller spannmål

### 1.4.1 Markval och jordartens betydelse

De omfattande stöd som inom EU ges till odlingen av prisreglerade grödor som t.ex. spannmål har lett till kraftigt ökade markarrenden för goda spannmålsjordar. Goda odlingsjordar för spannmål är lerjordar, men de bra spannmålsjordarna är inte lämpade för rörflensodling. På styva mullfattiga lerjordar så ger rörflen dels låga skördar men också låg energitäthet genom höga askhalter (höga kiselhalter) som också ger problem vid massatillverkning. Odlingen på en mo-mjälajord kan dels ge hög skörd (7,5 ton ts/ ha, år) och låg askhalt (5 %) medan lerjorden ger låg skörd (6 ton ts/ ha, år) och hög askhalt (10 %). Lerjorden ger därigenom en intäkt som är 1 150 kr lägre än mo-mjälajorden. Lerjorden har dessutom belastningen av högt markarrende som sänker lönsamheten vid rörflensodling. Mulljorden kan ge ytterligare förbättringar genom hög skörd (7,5 ton ts / ha, år) och ännu lägre askhalt (2 %). Rörflen har alltså generellt sett de bästa förutsättningarna på de sämre spannmålsjordarna och detta indikerar goda förutsättningar i norra Sverige och även ökat intresse för odling på nedlagda myrodlingar.

*Tabell 1.7 Pris per MWh inkl. markkostnad som ger ett nollresultat vid olika alternativvärde på marken, samt antal tts som går åt för att betala markkostnaden.*

Markkostnad Kr/ha	Kr/MWh	tts per år till markkostnad
0	127	0
400	140	4,2
800	154	8,5
1200	168	12,7
1600	181	
2000	195	
2400	208	

För att kompensera en högre markkostnad på 100 kr behövs ca ett tts i högre skörd.

Vid alternativvärdesberäkning för åkermarken kan den grupperas på olika sätt. En indelning kan vara mark som ”får” respektive ”inte får” (uttagen areal) användas till livsmedelsproduktion. Mark som inte får användas till livsmedelsproduktion har i många fall ett lågt alternativvärde. I vissa fall kan alternativvärdet på marken vara negativt, t ex om lantbrukaren ålagts krav på bevuxen mark.

### 1.4.2 Var på gården skall rörflen odlas

Marginalskördevärdet av spannmål är bl.a. beroende av planeringssituationen inom det enskilda företaget. Denna påverkas bl.a. av spannmålspris, torkningsmöjligheter och transportkostnader för spannmål. Hänsyn skall också tas till gårdens jordtyper där lerjordar bör undvikas.

### 1.4.3 Maskiner för spannmålsodling påverkar rörflen

Då en del av lantbruksföretags areal sås med rörflen påverkar detta maskinkapacitetens alternativvärde och därmed markens alternativvärde. Detta pga. att ökad maskinkapacitet per hektar i spannmålsodlingen leder till avtagande marginell läglighetseffekt i spannmålsodlingen. Maskinkostnaden per hektar ökar för befintliga produktionsgrenar, när arealen för dessa reduceras pga. rörflenodling.

Ett exempel kan vara att en spannmålsgård med befintliga maskiner för spannmålsodling sår rörflen på en del av arealen. Maskinkostnaden per hektar spannmål stiger därmed pga. mindre areal att fördela fasta maskinkostnader på. Det är dock tänkbart att den ekonomiska livslängden på den befintliga

maskinparken förlängs något. När den befintliga maskinparken byts ut kommer den att i möjligaste mån dimensioneras efter den nya spannmålsarealen. Den nya mindre maskinparken kan ha skalekonomiska nackdelar jämfört med den gamla pga. för liten spannmålsareal.

Om företaget har en optimal maskinpark och sår rörflen på en ytterst liten andel av arealen är läglighetseffekten på den återstående spannmålsarealen nästan lika stor som den ökade maskinkostnaden per hektar spannmål. Sås däremot rörflen på en större andel av gården är läglighetseffekten på denna mindre återstående spannmålsareal mindre per hektar i förhållande till de ökade maskinkostnaderna per hektar, jämfört med endast en mindre andel rörflen. Differensen mellan ökade maskinkostnader per hektar och läglighetseffekt kommer att öka ju mindre spannmålsareal som kommer att återstå för den befintliga maskinparken.

En maskinpark som är optimal vid ett relativt högt spannmålspris kommer att vara överdimensionerad vid ett lägre spannmålspris om areal och maskinpark är oförändrade. Det innebär att läglighetseffekten minskar i betydelse.

Värdet av växtodlingsprodukterna påverkar markersättningen. Gårdar som behöver all sin spannmål till foder eller har egen befintlig spannmålstork har ett högre rotvärde på sin spannmål, än gårdar utan tork som odlar spannmål för avsalu.

Av ovanstående resonemang kan man dra slutsatsen att differensen mellan ändrade maskinkostnader per hektar och läglighetseffekter inte blir särskilt stor när en liten andel av arealen tas ur spannmålsproduktion. Tas hela arealen ur spannmålsproduktion kan den befintliga maskinparken avyttras. Det minst lönsamma är om en stor andel av arealen tas ur spannmålsproduktion och maskinparken behålles. På detta sätt uppkommer en hög maskinkostnad per hektar spannmålsareal i kombination med en låg marginell läglighetseffekt.

#### **1.4.4 Rörflen på uttagen areal**

Alternativvärdet på marken som rörflen odlas på påverkas av reglerna för uttagen areal. Lantbrukare skall ta ställning till hur den uttagna arealen skall utnyttjas samt hur stor den skall vara. Kravet på uttagen areal för 1997 är för berörda gårdar 5 procent av ersättningsberättigad areal. Rörflen för energiändamål är godkänd gröda på uttagen areal (Statens Jordbruksverk, 1997). Då trädeskraven varierar mellan åren och en rörflensodling bör ligga i minst 10 år så bör marknad och ekonomi vara grunden för odlarens ställningstagande.

Ett skäl att välja fastliggande uttagen areal kan vara dålig arrondering. Läger lantbrukaren de uttagna arealen så att arronderingen blir bättre minskas brukningskostnaden för spannmålsarealen vilket ökar lönsamheten i spannmålsproduktionen. Det kan även vara intressant att ha uttagen areal på 20 meter breda vändtegar för att minska odlingskostnader inom spannmålsodlingen, samt pga. att spannmåls-skörden oftast är lägre på vändtegarna. Rörflen kan vara ett alternativ på uttagen areal som ej behövs till arronderingsförbättringar.

Finns det stor avkastningsskillnad mellan olika fält på gården kommer den genomsnittliga spannmåls-skörden att höjas och därigenom kommer lönsamheten att förbättras, genom att den sämsta spannmåls-arealen tas ur produktion. Detta talar för en icke cirkulerande uttagen areal. På denna icke cirkulerande uttagna arealen kan rörflen vara ett tänkbart alternativ.

Lönsamma växtföljdskrävande grödor som tex. specialodlingar, kan göra att det behöver finnas tillräckligt med mark på det enskilda lantbruksföretaget, så att dessa grödor inte odlas på samma fält med för korta tidsintervall. Det är de minst lönsamma grödorna som bör försvinna från växtföljden vilket gör att genomsnittligt täckningsbidrag på den återstående marken stiger. På gårdar där vallarealen utgör en begränsning för djurproduktionen kan det också vara motiverat med en cirkulerande uttagen areal. Finns det lönsamma godkända grödor att odla på den uttagna arealen, som kan skifta åkerfält mellan åren, kan det också vara ett argument för att ha en cirkulerande uttagen areal.

### 1.4.5 Olika alternativvärde på olika stor areal rörflen vid uttagen areal

Åkermarkens alternativvärde skiftar beroende på hur stor areal som sås med rörflen på den enskilda fastigheten. Nedanstående är ett exempel på hur marken kan delas upp i fyra grupper vid fastställande av alternativvärde.

- 1) **Arronderingsförbättringar.** En del av den uttagna arealen har ett värde som arronderingsförbättrande mark. Denna mark har därmed ett positivt alternativvärde.
- 2) **5 procent inkl. uttagen areal minus arronderingsförbättringar.** Den mark som ej behövs för att förbättra arrondering, men som ingår i den ”obligatoriskt” uttagna arealen har ett lågt eller negativt alternativvärde.
- 3) **5 procent till 50 procent inkl. uttagen areal av ersättningsberättigad areal.** Om rörflen odlas på större areal än den ”obligatoriskt” uttagna arealen ökar alternativvärdet på marken p g a att denna areal är tillgänglig för livsmedelsproduktion. Full uttagsersättning utgår upp till halva ersättningsberättigade arealen.
- 4) **50 procent till 100 procent inkl. uttagen areal av ersättningsberättigad areal.** Om rörflen odlas på mer än halva ersättningsberättigade arealen utgår inte full uttagsersättning, utan endast 70 procent av full uttagsersättning de fem första åren av EU-medlemskapet under förutsättning att arealen ingått i det svenska omställningsprogrammet. Om arealen ej ingått i omställningsprogrammet kan man inte erhålla uttagsersättning till större areal än arealen med ersättningsberättigade grödor. Om hela arealen odlas med rörflen utgår alltså ingen uttagsersättning, såvida inte arealen varit ansluten till det svenska omställningsprogrammet.

## 1.5 Lönsamhetsberäkningar för spannmåls-, oljeväxt-, rörflen- och salixodling i Östergötland.

### 1.5.1 Bakgrund

Beräkningarna har gjorts för att studera rörflens och Salix ekonomiska konkurrenskraft mot konventionella grödor i Östergötland. Nötkreatursgårdar med vall studeras inte i denna lönsamhetsstudie. I Östergötland finns både högavkastande och lågavkastande spannmålsjordar, vilket gör Östergötland till ett lämpligt län för denna studie.

### 1.5.2 Metod

Resultaten är inkl. eget arbete, kapitalkostnader och maskinkostnader, men exkl. markkostnad och overheadkostnader. Beräkningarna avser Östergötland. Det är gjort beräkningar för varje enskilt skördeområde i Östergötland. De olika skördeområdena består av ett antal församlingar. Arealuppgifterna avser 1995 och kommer från Statistiska centralbyrån [SCB, 1996]. Prisnivå är 1997. Som skördenivå har använts 1996 års normskördar i spannmål och oljeväxter. För rörflen och Salix finns det inga normskördar. Skördenivån i Salix är satt till ett linjärt förhållande till höstvetete. Förhållandet är 12 000 kg ts Salix exkl. vändteg per 7 000 kg höstvetete. Skörden i rörflen antas vara 50 procent högre än i korn. Denna metod har valts för att fastställa skördenivån i rörflen och Salix pga brist på andra uppgifter om skördenivån i rörflen och Salix.

Maskinkostnaderna är hämtade från skriften "Maskinkostnader 1997" [Länsstyrelsen Östergötland, 1997] som ges ut av Lantbruksenheten i Östergötland. Priser på insatser i växtodling samt kvantiteter kommer från skriften "Bidragskalkyler 1997" [Länsstyrelsen Östergötland, 1997] som också ges ut av Lantbruksenheten i Östergötland.

Beräkningarna är gjorda med en s.k. "modifierad totalstegkalkyl", som finns beskriven i "Salixodling - Kalkylmetoder och lönsamhet" [Rosenqvist, 1997]. Lönsamheten för konventionella grödor (höstvetete, vårvete, korn, havre, höstraps och vårraps) beräknas som resultatet per hektar för varje enskild gröda multiplicerad med dess andel i växtföljden. De olika grödornas andel i växtföljden är hämtade från SCB [SCB, 1996].

Lönsamhetskalkylerna på Salix är exklusive vändtegar, men för att få jämförbarhet med konventionell växtodling justerade i sammanställningen så att vändtegar ingår i skördenivåer och resultat för Salix. Det är gjort beräkningar både inkl. och exkl. arealstöd. Anläggningsstöd är ej beaktat i någon av beräkningarna. Det finns även beräkningar för rörflen och Salix som odlas på sämre mark (uttagen areal). I dessa beräkningar är skördenivån i Salix minskad. Dessa beräkningar kan också ses som en känslighetsanalys på valda avkastningsnivåer.

### 1.5.3 Resultat från lönsamhetsjämförelsen

Resultaten visar att rörflen och salixodling är ekonomiskt konkurrenskraftigt redan i dagsläget (se tabellerna 1.9 och 1.10). Några förklaringar till att det inte odlas mer Salix är bl.a. osäkerheten om jordbrukspolitiken, lantbrukare har befintliga maskinparker för konventionella grödor samt lägre kunskap om Salix samt dess ekonomi än om konventionella grödor. Att det inte odlas någon större areal rörflen idag kan förklaras av bl a marknadssituationen. I rörflenkalkylerna är det räknat med ett pris på 120 kr per MWh pga att rörflen antas användas för pelletsframställning tre mil från odlingen. Om rörflen ej förädlas utan eldas direkt från balar sjunker priset per MWh avsevärt.

Även utarrendering av mark kan vara ett ekonomiskt intressant alternativ till rörflen och Salix. De här gjorda beräkningarna avser genomsnittsföretag, medan arrende- och markpriser inte sätts av genomsnittsföretag. Därmed bör arrendepriiser ligga högre än de här framräknade resultaten för konventionell



spannmålsodling. Nedanstående tabeller är en jämförelse mellan spannmål och rörflen i några olika skördeområden i Östergötland. [Källa: SCB, 1996b].

*Tabell 1.8 Priser på de olika grödorna.*

Gröda	Pris
H-vete	1,08 kr/kg
V-vete	1,16 kr/kg
Korn	0,98 kr/kg
Havre	0,98 kr/kg
Råg	1,00 kr/kg
Raps	1,90 kr/kg
Rörflen	120 kr/MWh
Salix	110 kr/MWh

*Tabell 1.9: Skördenivåer i de olika normskördeområdena i Östergötland. Skördenivåerna i de konventionella grödorna är hämtade från SCB 1996a*

Område	0511	0512	0513	0514	0515	0521	0821
H-vete	4848	5645	6856	6785	6157	5642	5552
V-vete	-	4258	6145	5181	4336	4285	4294
Korn	3447	3752	5276	5349	4352	3984	3738
Havre	3215	3469	5449	4882	4286	3972	3345
Råg	4343	4326	5503	5662	4226	4226	4226
H-raps	2406	1898	2582	2833			
V-raps	1295	1241	1961	1616			
<i>Energigrödor</i>							
Rörflen	5170	5628	7914	8024	6528	5976	5607
Salix	7555	8797	10685	10574	9595	8793	8653

*Tabell 1.10: Arealfördelning i procent för de olika skördeområdena.*

Område	0511	0512	0513	0514	0515	0521	0821
H-vete	15	26	42	47	40	16	15
V-vete	0	1	3	2	4	2	2
Korn	44	29	23	21	15	25	26
Havre	31	38	5	12	25	47	50
Råg	6	2	10	5	4	4	1
H-raps	2	2	11	6	1	2	1
V-raps	3	2	6	8	11	4	5
Summa	100	100	100	100	100	100	100

*Tabell 1.11: Årligt resultat i kronor per hektar exkl. arealstöd och exkl. anläggningsstöd.*

Område	0511	0512	0513	0514	0515	0521	0821
H-vete	-848	-274	599	548	95	-276	-341
V-vete	-	-1008	408	-279	-881	-917	-911
Korn	-1775	-1625	-876	-840	-1330	-1511	-1632
Havre	-1982	-1847	-793	-1095	-1412	-1579	-1913
Råg	-1201	-1209	-653	-578	-1023	-1036	-1256
H-raps	-1155	-1735	-954	-668	-1589	-1051	-1486
V-raps	-2957	-3013	-2263	-2622	-2663	-2658	-2995
Växtföjden	-1687	-1375	-283	-316	-899	-1347	-1631
<i>Energigrödor</i>							
Rörflen	-427	-384	-167	-157	-298	-351	-386
Salix	-30	152	470	453	295	166	143

*Tabell 1.12: Årligt resultat i kronor per hektar inkl. arealstöd men exkl. anläggningsstöd.*

Område	0511	0512	0513	0514	0515	0521	0821
H-vete	1082	1914	3262	3214	2492	1912	1847
V-vete	-	1180	3074	2387	1516	1271	1277
Korn	155	563	1790	1826	1067	677	556
Havre	-52	341	1873	1571	985	609	275
Råg	729	979	2013	2088	1374	1152	932
H-raps	2045	1465	3646	3232	2111	2149	1014
V-raps	243	187	2337	1278	1037	542	-495
Växtföjden	300	852	2713	2516	1655	906	574
Uttagen areal	2445	2772	3377	3377	3036	2772	2772
Energigrödor							
Rörflen	2018	2388	3210	3220	2738	2421	2386
Salix	2304	2924	3804	3789	3304	2923	2915

Av ovanstående tabeller kan vi utläsa att skördenivån i rörflen eller salixodling ej är avgörande för salixodlings konkurrenskraft mot spannmålsodling. Rörflen- och salixodling ligger dock nära ett nollresultat exkl. arealstöd, där mindre förändringar i skördenivån avgör om salixodling skall uppvisa ett positivt eller negativt resultat. Som vi kan se i ovanstående tabeller, så är rörflen- och salixodling mest konkurrenskraftigt på de sämre spannmålsjordarna.

## 1.6 Systemets optimering

### 1.6.1 Odlingens livslängd

Om man upprättar lönsamhetskalkyler för rörflenodling och bedömer livslängden till 10 år, är sannolikheten mycket stor att man bedömt livslängden fel. Det är svårt att i dagsläget bedöma om rörflen eller andra grödor ger bäst lönsamhet en bit in på 2000-talet. Den ekonomiska livslängden på rörflenodling sammanfaller antagligen inte med den biologiska livslängden. Faktorer som kan påverka rörflenodlingens livslängd är:

- Relativpriserändringar
- Teknisk utveckling
- Nya sorter
- Biologiska faktorer som t ex skördenivå
- Marknadsförutsättningar
- Körskador i samband med skörd

Det årliga hektarresultatet blir -206 kr om odlingen avvecklas efter 10 år och 104 kr om odlingen avvecklas efter 21 år. Om odlingen avvecklas redan efter 5 år blir resultatet -827 kronor per hektar och år.

### 1.6.2 Tidpunkt för avveckling av rörflenodling

Efter varje skörd bör man ställa sig frågan: Skall odlingen avvecklas eller skall det tas fler skördar? I en sådan kalkyl skall endast beaktas de intäkter och kostnader som orsakas av att man fortsätter med odlingen. Kostnader i samband med anläggandet av odlingen skall ej ingå i kalkylen. Kostnader för anläggandet av odlingen har man ju haft oberoende av om man tar en eller flera skördar. Genom att man skjuter på avvecklingskostnaden sparar man räntan på denna kostnad. Räntan på den framflyttade kostnaden utgör en intäkt i kalkylen.

Med hjälp av avvecklingskalkylen kan man beräkna lämplig tidpunkt för att bryta en odling. Det är alternativanvändningen av resurserna (marken) som är avgörande för när en odling skall avbrytas.

Enligt kalkylexemplet blir resultatet före markersättning 585 kronor per hektar och år i avvecklingskalkylen. Av dessa 585 kr utgör 120 kr ränta på framflyttad avvecklingskostnad. Detta kan utläsas som att det i exemplet är lönsamt att avveckla en rörflenodling när alternativvärdet på mark minst är 585 kronor per hektar och år. För att markersättningen skall vara positiv i omdrevet, krävs det att priset på rörflen är minst 104 kronor per MWh.

### 1.6.3 Avveckling av salixodling pga. bättre sortmaterial.

För att det skall vara lönsamt att avveckla befintlig salixodling och omplantera med mer högavkastande kloner, krävs en ökad avkastning med 8,4 tts per år. Detta gäller med angivna förutsättningar för standardkalkylen i avsnitt 1.1.1. Vid lägre anläggningskostnader samt vid annat energipris eller lägre hanteringskostnader än standardkalkylens kan det vara aktuellt att ometablera även vid andra avkastningshöjningar än 8,4 tts.

## 1.7 Växtnäring

### 1.7.1 Gödsling med avloppsslam

Genom användande av avloppsslam i rörlens- och salixodlingar åstadkommes cirkulation av växtnäring mellan stad och land. I avloppsslam återfinns även vissa organiska föreningar och tungmetaller, som generellt är olämpliga att återföra i kretsloppet. Detta gör att återföring av allt avloppsslam inte är lämpligt. Genom att rörlens upptag av tungmetaller ”flyttas” tungmetallerna till eldningsanläggningen. En stor del av tungmetallerna hamnar i askan.

Ungefär hälften av torrsubstansen i avloppsslam består av organiskt material och hälften består av fosfor och jordpartiklar [Bergkvist, P. & Rosenqvist, H. 1995].

Från tabell 1:12 kan beräknas att förhållandet mellan N, P och K i avloppsslam är 100-86-9. Rörlens växtnäringsproportioner i huvudkalkylen är för N, P och K 100-13-29. Det omvända förhållandet mellan rörlens behov av fosfor och kalium jämfört med slammets innehåll av dessa två växtnäringsämnen gör att slam inte är lämpligt att ensamt svara för växtnäringstillförseln.

*Tabell 1.13: Växtnäringsinnehåll i avloppsslam från stora reningsverk.*

<b>Makronäringsämne</b>	<b>Innehåll i % av ts</b>	<b>Kg total tillförsel per tts slam</b>
Tot-N	3,5	35
NH <sub>4</sub> -N	0,9	9
Tot-P	3,0	30
Kalium	0,3	3
Kalcium	6,7	67
Magnesium	0,3	3

Källa: Bergkvist, P. & Rosenqvist, H. 1995

Den årliga mineraliseringen av kväve uppgår till ca 3 procent av det organiskt bundna kvävet. Ammoniumkvävet i avloppsslammet är jämförbart med handelsgödselkväve [Bergkvist, P. & Rosenqvist, H. 1995]. Slammets innehåll av humusämnen har positiva effekter på jordens mullhalt. Det ekonomiska värdet varierar på g a skiftande förhållanden och är osäkert beroende på brist på kalkyldata. Under 1994 skärptes flera lagar och förordningar som styr slamanvändning på åkermark.

*Tabell 1.14: Maximal mängd totalfosfor och ammoniumkväve som vid tillämpning av SNFS 1994:2, 5 § årligen får tillföras åkermark via avloppsslam.*

<b>Jordens fosforklass</b>	<b>Tot- P kg/ha</b>	<b>NH<sub>4</sub>-N kg/ha</b>
1 och 2	35	150
3 till 5	22	150

Källa: Bergkvist, P. & Rosenqvist, H. 1995.

Vid varje slamspridningstillfälle får maximalt spridas 250 kg fosfor per hektar på jordar i fosforklass 1 och 2, respektive 160 kg totalfosfor per hektar på jordar i fosforklass 3 till 5, vid tillämpning av SNFS 1994:2, 5 §. En slagmiva på 5,3 ton ts slam innehåller ca 160 kg fosfor [Bergkvist, P. & Rosenqvist, H. 1995].

Om man gödslar med 5,3 tts slam år 1 tillför man 48 kg amoniumkväve, 185 kg totalkväve, 160 kg fosfor och 16 kg kalium. Detta innebär jämfört med standardkalkylen, att man kan slopa användningen av handelsgödsel år ett, öka kaliumgivan med 34 kg år två samt minska kvävegivan med 4 kg under hela odlingsperioden.

Vid en slamgiva på 5,3 ton ts per hektar år 1, förbättras årsresultatet i rörfenodlingen med 177 kronor per hektar när inte transport- och spridningskostnad beaktas. Växtnäringsvärdet vid spridningen är ca 1 380 kronor per hektar vilket motsvarar ca 260 kronor per ton ts slam. Vid lägre fosforklass än 3 är det motiverat med högre slamgiva.

Introduktion av deponiskatter tillsammans med alltmer ökade deponihanteringskostnader ökar ytterligare intresset för återföring av avloppsslam till åkermark. En genomsnittlig kostnad för deponi av slam är idag c:a 450 kr per ton. Avgiften har lett till ökat kommunalt intresse för slamförädling och många olika koncept för avvattning, torkning, pellettering och granulering av slam är under utveckling.

Återföring av avloppsslam till jordbruket är av störst intresse på växtodlingsgårdar då djurgårdar ofta har begränsade möjligheter att ta emot slam. För norra Sverige som har liten andel rena växtodlingsgårdar så innebär detta att slam i huvudsak kan återföras till jordbruket om energigrödor introduceras i betydande omfattning.

Om kommunerna accepterar dagens kostnader för deponering som ges som ersättning till energigrödeodlaren så innebär detta att odlingskalkylen förbättras med c:a 1800 kr per ha och år om slammet har en ts-halt av 25 %. Detta förutsätter också en samplanering av miljö- och energifrågor i kommunerna

*Tabell 1.15: Ekonomiskt årligt värde av slam kan delas upp på N, P och K. Växtnäringsvärde av 5,3 ton ts slam som sprids år 1.*

Ämne	Värde i kr per år	% av växtnäringsvärde
N	68	42
P	84	52
K	10	6
Summa växtnäringsvärde	162	100
Slopad handelsgödelspridning	15	
Summa	177	

Av ovanstående tabell kan vi utläsa att värdet av slopad fosforspridning utgör ca hälften av det ekonomiska värdet av slamspridning. Dessutom är det tillfört mer fosfor med en slamgiva på 5,3 tts än fosforbehovet under en 10-årsperiod.

### 1.7.2 Gödsling med aska

*Tabell 1.16: Växtnäringsinnehåll i bottenaskor från 138 analyserade vedaskor.*

Makro-näringsämne	Innehåll i % av ts
Fosfor	1,1
Kalium	5,2
Kalcium	20
Magnesium	2,5

Källa: Aska i skogen, Södra och Vattenfall.

Enligt ovanstående tabell är förhållandet mellan fosfor och kalium 21-100. Rörfrens växtnäringsproportioner i huvudkalkylen är för P och K 45-100. Med andra ord så tillförs det ca dubbelt så mycket

kalium som fosfor i förhållande till behovet i rörflen, om hela fosforbehovet tillgodoses med aska. Med en genomsnittlig tillförsel av ca 800 kg aska per hektar och år täcks fosforbehovet till rörflen.

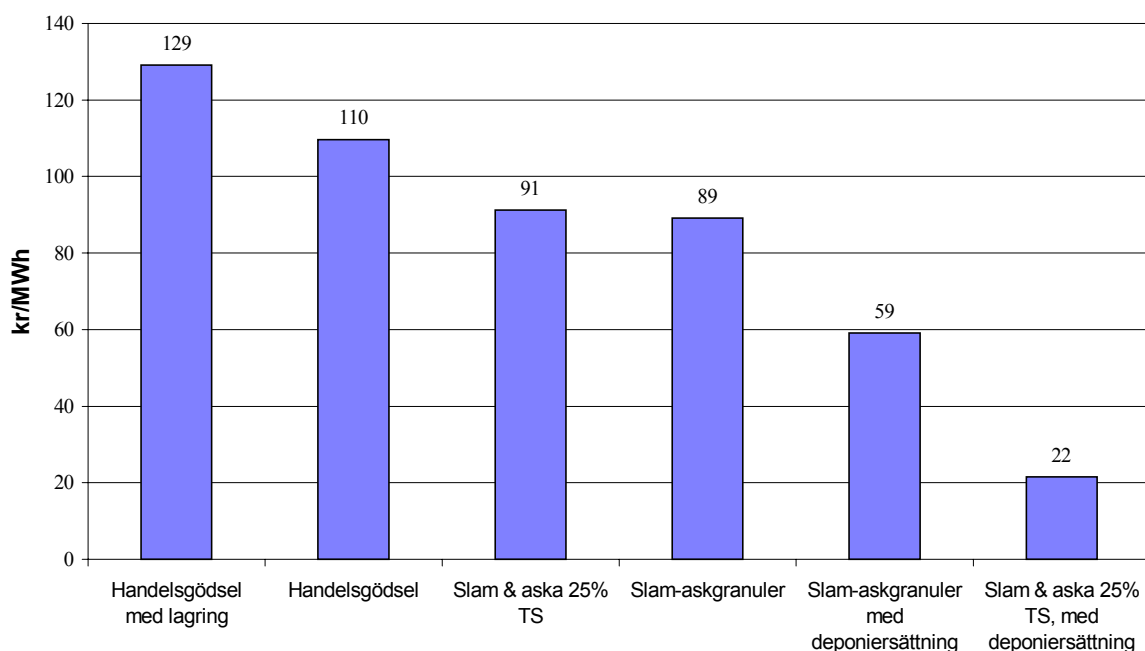
Om man får aska gratis utkört på rörflensåkern kommer det årliga resultatet i rörflen att stiga med 208 kronor per hektar från minus 206 kr till plus 2 kr per hektar och år.

Deponiskatt och deponikostnader som introducerats innebär energiproducenternas kostnader ökat med c:a 450 kr per ton. Energiproducenterna skulle kunna ge motsvarande kostnader som bidrag till odlingen i stället för deponi om det visar sig att en bättre total miljö erhålls.

### 1.7.3 Gödsling med en kombination av slam och aska

Slam innehåller framförallt fosfor och organiskt bundet kväve medan aska kan ge väsentliga tillskott av kalium. Ur växtnäringssynpunkt är därför en blandning av aska och slam att föredra även om kalktillskottet i slam kan omintetgöra en del av kvävetillskottet om lämplig teknik saknas. I det följande har därför fosfor – kaliumbehovet ersatts med en kombinerad slam- /asktillförsel som satts till 0,75 ton ask och slam ts vardera per hektar och år. Med de brister på lämplig teknik för spridning av slam med 20 % ts som finns så har spridningsfrekvensen i det våta fallet blivit två gånger under odlingscykeln om 10 år.

För kvävet så har ett nyttiggörande av kväve i slammet räknats in vilket gett ett behov av konstgödselkväve i form av ammoniumsalpeter motsvarande en årlig kvävegiva om 40 Kg N per hektar och år. De tekniska och miljömässiga konsekvenserna av ask-/slamgödsling enligt nedan är fortfarande osäkra då odlingsförsök med obehandlade / behandlade produkter ännu befinner sig på forskningsnivå. För pelletter/granuler minskar spridningskostnaderna då rationellare spridningstekniker kan utnyttjas. En förädling medför också lägre deponikostnader och öppnar också för förbränning av slampelletter En alternativ kostnad med förbränning av slampelletter kan uppskattas till c:a 300 kr per ton. Transport av aska och slam till deponi eller odling beräknas till 150 - 175 kr per ton [Eriksson K 1998] och i kalkylen förutsätts att denna kostnad belastar anläggningsägaren. Omhändertagande av aska och slam på deponi uppskattas vid full kostnadstäckning uppgå till 475 - 500 kr/ton [Eriksson K 1998] men har i kalkylerna nedan satts till 450 kr per ton. Dessa kostnader har i nedanstående kalkyler getts som ersättning till odlaren för att täcka spridnings- och markupplåtelse kostnader och har alltså lagts in som en intäkt i odlings- och produktionskostnadskalkylen. Då alternativa metoder vid denna kostnadsnivå blir aktuella så bör en marknadsersättning vid kommersiell produktion med pellets/granuler hamna på en lägre ersättningsnivå. Produktionskostnaderna för rörflen i de olika produktionsscenarierna framgår av figur 1.1.



Figur 1.1. Odlingskalkyl Rörflen norra SV, 2001, med o utan slam-/askgödsling.

#### 1.7.4 Gödsling med handelsgödsel

#### 1.7.5 Krav på merskörd

Är sambandet mellan tillförd växtnäring och avkastning okänt, är det omöjligt att beräkna optimal gödslingsnivå med hjälp av produktionsfunktioner. Genom att simulera kostnaden för gödsling och skördenivå samt de skördenivåbetingade kostnaderna, så att lönsamheten blir densamma som i den odlingskalkyl vi vill jämföra med, får vi reda på vilken skördeförändring som kan accepteras med den ändrade odlingstekniken. Vi får alltså inte svar på frågan vad optimal gödslingsmängd är, utan istället svar på frågan hur mycket merskörd som krävs med en viss ändring av gödselgivan. När vi vet vilken merskörd som krävs, får vi bedöma om det är rimligt att denna gödsling leder till önskad merskörd.

I huvudkalkylen antas skördenivån vara 7,5 tts per hektar och år med kvävegödsling. En slopad kvävegödsling skulle ge samma ekonomiska resultat vid skördenivån 3,9 tts per hektar och år. Det krävs med andra ord en ökad skörd med 3,6 tts per hektar och år, för att kvävegödsling skall vara en lönsam åtgärd

#### 1.7.6 Känslighetsanalys på kvävegödsling

Det kan vara intressant att studera hur några olika faktorer påverkar kvävegivan. Intressanta faktorer kan vara värde på merskörd och kvävepris.

Värdet på merskörden påverkas dels av bränslepriset och dels av kostnadsökningarna som uppkommer p.g.a. en högre skörd. De faktorer som påverkar kostnadsökningarna är kostnader för fosfor, kalium samt skörde- och hanteringskostnader

### 1.7.7 Bränslepris

Kravet på merskörd visar vilken tillväxtökning som är den lägst acceptabla vid en odlingsinsats.

*Tabell 1.17 Krav på merskörd i tts per hektar vid olika bränslepris, med kvävegivor enligt huvudkalkylen, med resp. utan spridningskostnader.*

Bränslepris Kr/MWh	Kr/tts	Inklusive	Exklusive
		spridningskostnad tts/ha	spridningskostnad tts/ha
90	432	12,9	16,5
100	480	5,9	7,5
110	528	3,8	4,9
120	576	2,8	3,6
130	624	2,2	2,9
140	672	1,9	2,4
150	720	1,6	2,0

Vid låga bränslepriser är merskördevärdet lågt, vilket leder till att det behövs en stor merskörd för att det skall vara lönsamt att gödsla med kväve. Är bränslepriset mycket lågt kan merskördevärdet t.o.m. vara negativt.

### 1.7.8 Kvävepris

*Tabell 1.18 Krav på merskörd i tts per hektar vid olika kvävepris, med kvävegivor enligt huvudkalkylen, med resp. utan spridningskostnader.*

Kvävepris Kr/kg N	Inklusive	Exklusive
	spridningskostnad, tts/ha	spridningskostnad, tts/ha
0	0	1,2
1	0,3	1,5
2	0,7	1,9
3	1,1	2,3
4	1,4	2,6
5	1,8	3,0
6	2,1	3,3
7	2,5	3,7
7,83	2,8	4,0
8	2,9	4,1
9	3,3	4,5
10	3,6	4,8

Ur ovanstående tabell kan man utläsa att det behövs 1,2 tts i merskörd för att täcka utkörningskostnaden. Vidare kan man utläsa att vid gödning med kväve behövs det en merskörd på 0,36 tts för varje krona kvävepriset stiger vid kvävegivan enligt huvudkalkylens gödslingsnivå.

### 1.7.9 Kvävepris och bränslepris

Den ekonomiskt optimala kvävegivan påverkas mer av om bränslepriset ändras med en procent, än om kvävepriset ändras med en procent.



## 2 FÖRÄDLING AV RÖRFLEN

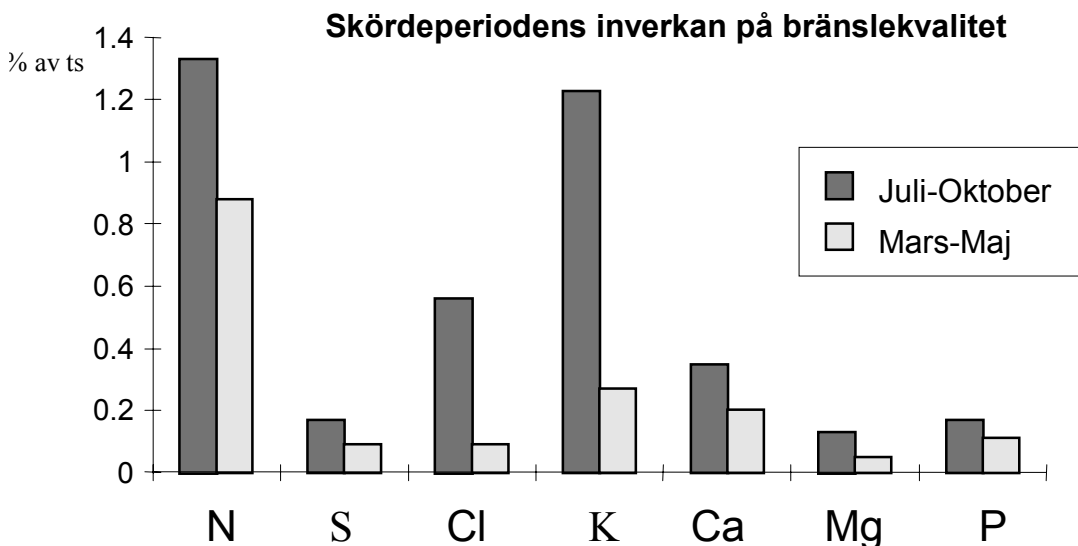
Brikettering, pellettering och pulvertillverkning genomförs. Lönsamhetsberäkningar görs utifrån investeringskostnader, driftskostnader och råvarukostnader. Analyser görs också med avseende på samförädling med andra biobränslen, energiåtgång samt slutprodukten densitet och dess transportkänslighet vid olika transportavstånd till avnämare för produkten.

### 2.1 Rörflen som energiråvara

Genom vinterförluster av växtnäringsämnen och klor sker en avsevärd förbättring av bränslekvaliteten (figur 2.1) [Burvall, J et. al. 1994]. Rörflen innehåller generellt mer aska jämfört med trädbränsle men stora variationer i askhalt förekommer hos gräset beroende på främst jordartsförhållanden (figur 2.2) [Burvall, J et. al. 1997]. Detta inverkar även på värmevärdet och därmed odlingsekonomin (tabell 2.1). Mullfattiga styva lerjordar ger lägre skördar (6 ton ts) och väsentligt högre askhalt (10 %) än mo-/mjälajordar (askhalt 5 % avkastning 7,5 ton ts). Mullrika och lerfattiga jordar ger låg askhalt och hög avkastning vilket gör t.ex. nedlagda myrödlings i norra Sverige intressanta ur energiproduktions-synpunkt [Olsson, R et. al. 2001] [Kyritsis, S et.al. 2001]

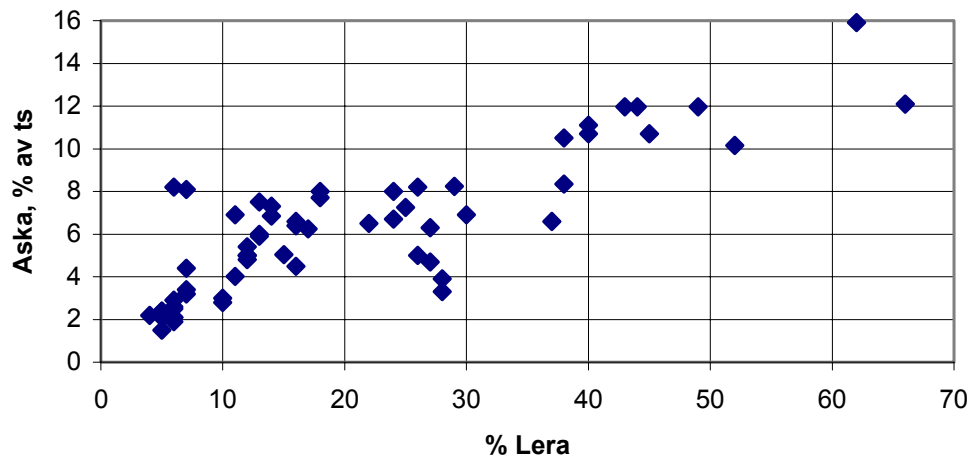
Tabell 2.1. Bränslekvalitetens inverkan på bruttointäkten vid rörflenodling vid två olika avkastningsnivåer.

Askhalt % av ts	Eff. värmevärde MJ/kg ts	Bruttointäkt vid 120 SEK /MWh	
		6 ton ts/ha	7,5 ton ts/ha
2	18.5	3700	4625
5	17.8	3560	4450
10	16.5	3300	4125



Figur 2.1. Skördeperiodens inverkan på bränslekvalitet hos rörflen

### Askhalt i Rörflen som funktion av lerhalt



Figur 2.2. Askhalt hos rörflen som funktion av lerhalten i jorden. Resultat från 25 odlingar (gårdar) i Sverige.

#### 2.1.1 Brikettering

Definitionsmässigt klassas produkten som brikett om diametern överstiger 25 mm. Bränsleförädlingsindustrin har nyligen tagit fram en klassindelning av kvalitetsegenskaper hos briketter där produkten indelas i 3 olika grupper bl.a. beroende på askhalt, hållfasthet, densitet mm [SS 18 71 23]. Brikettering är möjlig med ett brett sortiment av olika råvaror som normalt inte kräver samma sönderdelningsgrad som vid tillverkning av pellets. Det finns en stor bredd av olika tillverkningsformer och dimensioner hos briketter där de vanligaste är följande:

- Runda eller oktagonala briketter. Diametern är vanligen 50 mm, 60 mm eller 70 mm.
- ”Brinibriketter”: Diametern är ca 30 mm och formen är rektangulär
- ”Tegelstensbriketter”: Har formen av en mindre tegelsten

#### 2.1.2 Rörflen som råvara för brikettering

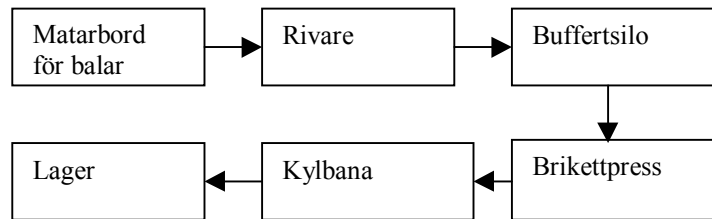
Försök med brikettering av vårskördad rörflen har främst utförts med mekaniska kolvpressar [Burvall, J et. al 1994] men försök med skruvpress [Nilsson, C et. al 2001] och hydraulpress [Jonsson, C. 1995] visar att även dessa tekniker kan tillämpas med rörflen som råvara. Rörflenbriketter kan framställas med jämförbar densitet och hållfasthet som t.ex. spånriketter. Fukthalten hos rörflen kan tillåtas variera inom 10 – 17 % och brikettering är möjlig av såväl pulvermaterial som 10 – 30 mm fraktion. Rörflen går även utmärkt att sambrikettera med brännbart källsorterat hushållsavfall, spån mm [Olsson, R et.al. 2001]

Kapaciteten vid brikettering är i hög grad beroende av råvarans densitet. Den låga densiteten hos sönderdelad vårskördad rörflen har därför ofta medfört ca 20 % lägre produktionskapacitet i brikettpressar optimerade för träråvara. Inblandning av 30 – 50 % brännbart hushållsavfall med rörflen har emellertid givit ca 40 % kapacitetsökning [Olsson, R et.al. 2001]. Andra kapacitetshöjande åtgärder kan vara att förkomprimera råvara med låg densitet [Pettersson, M 1999].

Skrymdensiteten hos rörflenbriketter är beroende av en rad parametrar. Typiska värden för mekaniska kolvpressar är ca 500-600 kg/m<sup>3</sup> och motsvarande värde för en hydraulpress är ca 450 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.1.3 Beskrivning av processen

Figur 2.3 visar de viktigaste momenten vid briketttillverkning. Principen är liknande för alla briketteringsmetoder som beskrivs i detta avsnitt.



Figur 2.3 Förenklat schema över briketteringsprocessen

#### 2.1.3.1 Råvaruhantering

Balarna får ej innehålla blöta partier. Detta inverkar på hållfasthet, lagringsduglighet och tillgänglighet. Ett matarbord är att föredra eftersom detta minskar tidsåtgången vid lastning och frigör tid för personal till andra arbetsuppgifter. Sand och andra fasta partiklar orsakar stort slitage i brikettpressen och bör därför undvikas alternativt utsorteras.

#### 2.1.3.2 Sönderdelning av bal

Vårskördad rörflen dammar kraftigt vid sönderdelning. Genom att använda lågvarviga rivare minskar mängden damm väsentligt samtidigt som brandrisken i stort sett elimineras. Bäst resultat erhålls för råvara sönderdelad till intervallet 1–30 mm.

#### 2.1.4 Briketteringstekniker

**Mekanisk kolvpress:** Materialet kompakteras med en kolv i en liggande cylinder med en presskona d.v.s. en förträngning. Med profilen i kolvens spets kan olika grad av densitet och hållfasthet erhållas i slutprodukten. Motståndet i presskonan är en viktig parameter för kapacitet, densitet och hållfasthet. Volymvikten hos råvaran styr valet av presskona där en låg skrymdensitet som regel kräver en trängre kona. I processen genereras den friktionsvärme som krävs för att ”aktivera” ligninets sammanbindande effekt. Även avkylningsproceduren är viktig för produktkvaliteten.

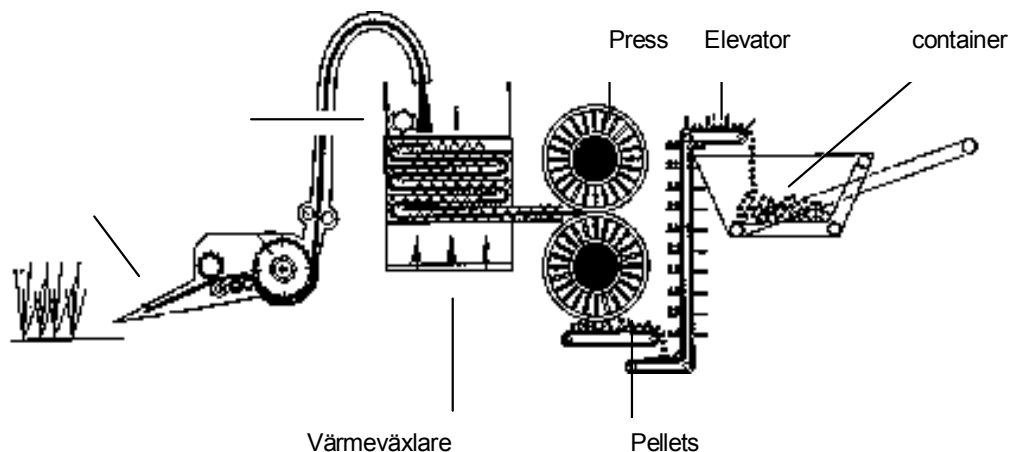
**Hydraulisk kolvpress:** Denna pressteknik skiljer sig från mekanisk kolvpress genom att presskolven drivs med hydraulik. Briketterna tillverkas en och en och kylbana saknas. Denna teknik ger generellt lägre kapacitet jämfört med mekaniska kolvpressar [Pettersson, M 1999]. Densiteten är dessutom lägre. Hydraulpressar har lägre investeringskostnader och ställer mindre krav vid installation jämfört med mekaniska pressar.

**Skruppress:** Den sönderdelade råvaran komprimeras i en cylinder med en skruv med varierade stigning alternativt en skruv i en konisk cylinder. Skruppressar har vanligen en lägre investeringskostnad än andra briketteringstekniker med har å andra sidan högre underhållskostnader främst genom slitaget på skruven. Vissa fabrikat har förvärmning av pressmunstycket för att erhålla en

högre kapacitet men framförallt för att erhålla en hårdare mindre fuktupptagande yta [Pettersson, M 1999]. Försök med skruvpressning av rörflen har inte givit några större avvikelser i kapacitet och kvalitet jämfört med kutterspån som råvara [Nilsson, C et.al. 2001].

**Brinipress:** Materialet kompakteras i ett roterande presshjul. Tekniken har hög kapacitet och används främst för brikettering av källsorterat torr avfall, sk. BRINIBRIKETTER, med en fukthalt på ca 20 %. Försök har utförts med rörflen och rörflen/källsorterat torrt avfall med gott resultat [Sellbergs, 1994]. Uppgifter på kapacitet saknas.

**Pelletbrikettpress:** Prototypmaskinen, BIOTRUCK 2000, är mobil och kan användas för bränsleförädling i fält [Chartier, P et.al. 1996]. Materialet sönderdelas och passerar därefter ett torkaggregat som värmeväxlar motorns avgaser och kylvatten, vilket torkar ner råvaran med ca 5 %-enheter. Därefter pressas materialet mellan två roterande presshjul. Den färdiga produkten matas vidare till en container. Kapaciteten för elefantgräs uppgår till ca 8 ton/h (Figur 2.4).



Figur 2.4. Beskrivning av funktionen hos Biotruck 2000

### 2.1.5 Energiförbrukning

Energiförbrukningen är främst beroende av råvarans egenskaper. För mekaniska kolvpressar ligger energiförbrukningen ofta i intervallen 50-60kWh/ton och för skruvpressar 60-120 kWh/ton. För kolvpressar med större pressdiameter minskar energiförbrukningen något.

Skruvpressteknik utvecklad i England [Nilsson, C et.al. 2001] har emellertid givit mycket låga värden för energiförbrukning, 6-7 kWh/ton, men med lägre hållfasthet och densitet hos briketterna än vad som uppnås med kolvpress. Det krävs ytterligare studier av samband energiförbrukning, hållfasthet och brikettkvalitet för att ge produktionsrekommendationer.

Energiåtgång vid sönderdelning av rörflenbalar uppgår till ca 15 kWh/ton ts. Transportörer och fläktar kräver ytterligare ca 5 kWh/ton. Biotruck 2000 förbrukar dieselolja motsvarande ca 130 kWh/ton.

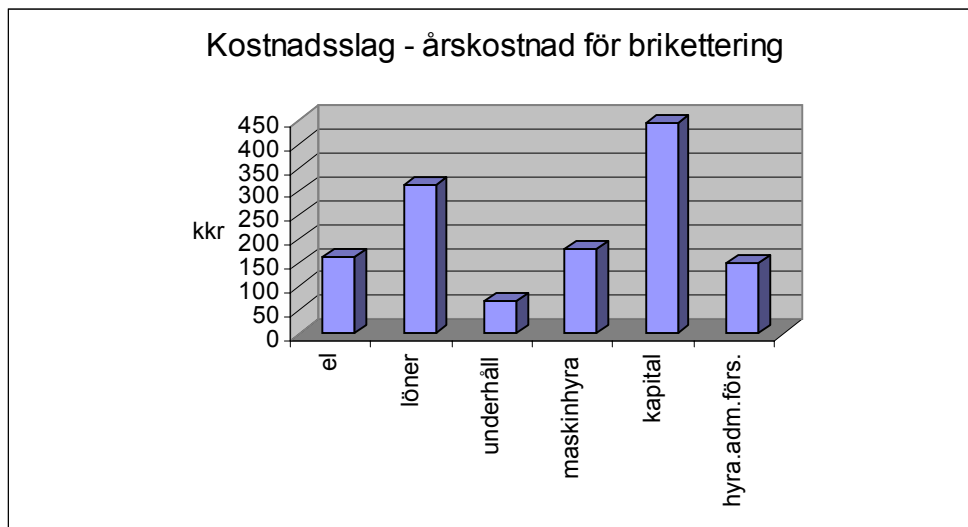
### 2.1.6 Betalförmåga för rörflen

Torr såg/kutterspån samt justerverksflis är den vanligaste råvaran vid brikettering eftersom torkkostnaderna annars blir höga utslaget på relativt låg produktionskapacitet jämfört med pellets eller pulverproduktion. Priset på spån varierar regionalt och stora prisskillnader förekommer. Medelpriset under 1998 uppgick till ca 70 kr/MWh. Sågspån kräver ingen förbearbetning innan brikettering. Rörflenbalar kräver emellertid en rivare. Sågspånsbriketter betalas med ett pris av ca 160 kr/MWh fritt

panna, vilket inkluderar ca 10 kr/MWh i transportkostnad. Användare av briketter är framförallt mindre blockcentraler och värmeverk i effektintervallet 500 kW-5 MW.

### 2.1.7 Mekaniska Kolvpressar

Lönsamheten vid brikettering ökar väsentligt om anläggningen har två pressar istället för en press. Det krävs i stort sett samma kringutrustning och bemanning oavsett antalet pressar [Burvall, J et.al. 1994]. Förutsatt att en befintlig industrilokal finns tillgänglig och avskrivningstiden sätts till 10 år och realräntan 6 % kan rörflenbriketter produceras för 70 kr/MWh med en press respektive 43 kr/MWh med två pressar. Med ett råvarupris på 120 kr/MWh och transport av briketter till avnämare, 10kr/MWh, ger detta ett bränslepris på 200 kr/MWh respektive 173 kr/MWh.



Figur 2.5. Kostnadsslag – årskostnad vid brikettering.

Sambrukering av rörflen och källsorterat torrt hushållsavfall kan vara en möjlig väg till lönsamhet förutsatt att insamling av avfallet kan ske till låga kostnader och att emissionskraven uppfylls [Olsson R, et. al. 2001]. Reducering av kostnader med inblandning av halm är möjlig förutsatt att asksmältpunkten ej blir för låg.

#### 2.1.7.1 Skruvpress

Investeringskostnaden för skruvpressar är lägre än motsvarande kolvpress. Försök med skruvpress-teknik för rörflen har utförts under år 2000 [Nilsson, C et.al. 2001]. Kapaciteten uppgick till endast ca 20 % av vad som utlovats av tillverkaren. Mer orsaksutredande försök och analyser till detta planeras i framtida undersökningar.

#### 2.1.7.2 Pelletbrikettpress

En komplett maskin kostar ca 4 700 000 kr (1000 000 DM). Maskinen är en prototyp tillverkad i två exemplar, BIOTRUCK 2000. Produktionskapaciteten anges till ca 8 ton/h med elefantgräs. Ett torkaggregat som värmväxlar motorns avgaser och kylvatten torkar råvaran med ca 5 %-enheter. Detta kan möjliggöra brikettering av t.ex. stacklagrad hackad rörflen. Produktionskostnaden för briketter från skörd av råvaran till leverans till slutanvändare uppges vara ca 175 kr/MWh. Maskinen bedöms dock ej som färdigutvecklade och det finns en potential att reducera kostnaderna. Livslängden på vitala komponenter i maskinen beräknas till 6000 h, då omfattande renovering krävs.

### 2.1.7.3 Brinibrikettpress

Underlag för lönsamhetskalkyler saknas

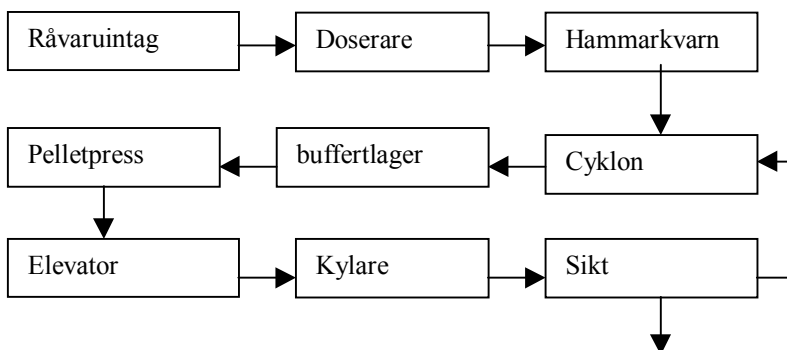
### 2.1.8 Pellettering

Vid tillverkning av pellets komprimeras råvaran genom pressning i hålmatiser. Den vanligaste tekniken är ringmatrispress medan det förekommer någon enstaka planmatrispress. I Sverige produceras pellets med diameter; 6, 8, 10 och 12 mm. Pelletstillverkning kräver att råvaran sönderdelas till betydligt mindre kornstorlek jämfört med brikettering. Produkten klassas som pellet om diametern understiger 25 mm. Bränsleförädlingsbranschen har nyligen tagit fram en klassificering av kvalitetsegenskaper hos pellets indelad i tre olika grupper beroende på bl.a. askhalt, densitet hållfasthet mm. [SS 18 71 20]. Råvaran vid pelletstillverkning är vanligen fuktig sågspån som kräver torkning eller kutterspån som kan pelletteras utan tork.

### 2.1.9 Rörflen som råvara vid pellettering

Pelletteringsförsök har utförts med vårskördad rörflen i ringmatrispressar [Burvall, J 1999] och ett försök i plan matris [Olsson, R et. al 2001]. I de flesta fall har rörflen varit för torr för att kunna pelletteras, vilket krävt vatten och /eller ångtillsats för att nå nöjaktiga resultat. Rörflenråvara med <12 % fukthalt kräver 80 mm matristjocklek, vilket givit 50–70 % lägre kapacitet och dubbelt så hög energiförbrukning per/ton jämfört med sågspån [Gylling, M 1999]. Hållfastheten hos rörflenpellets har generellt varit något sämre än sågspånpellets men skrymdensiteten har dock varit jämförbar, ca 600-650 kg/m<sup>3</sup>. Försöken har emellertid varit korta med begränsade råvarukvantiteter/kvaliteter. God pellets kvalitet har däremot uppnåtts med låginblandning av rörflen 10-15 % i sågspån [Hadders G 1996]. Vårskördad rörflen förefaller ha avvikande egenskaper jämfört med sågspånråvara genom att gräset avger mer vatten i sönderdelnings- och malningsprocessen, vilket ofta leder till för låg fukthalt hos råvaran i pelletspressen. Pelletteringsförsök i Tyskland i en planmatrispress (Kahlpress) med rörflen (mealfraktion), fukthalter i intervallet 14 - 20 %, har indikerat betydligt bättre resultat. Med 40 mm matristjocklek och 8 mm håldiameter erhöles t.o.m. högre produktionskapacitet av pellets med god kvalitet jämfört med sågspånråvara [Olsson, R et. al. 2001]. Inledande försök med pellettering av rörflen med nyutvecklade pelletteringsteknik från *ETS pelleting system* i Italien har givit mycket lovande resultat [Olsson, R 2000] som kan innebära ett genombrott för rörflen och andra biomassaråvaror.

### 2.1.10 Beskrivning av processen



Figur 2.6. De viktigaste momenten vid pelletstillverkning.

Figur 2.6 beskriver pelletteringsprocessen och de viktigaste momenten som ingår vid pelletstillverkning.

### 2.1.11 Pelletteringsteknik

En pelletspress (matrispress) består av en drivmotor med effekten 100-300 kW, samt en matris med två till fem pressrullar. Pulvret formas till pellets genom trycket från rullarna när råvaran pressas in genom hålen i matrisen. Pelletterna kommer ut i huvudsak med den längd som motsvarar matristjockleken och skärs av med en kniv till lämplig längd. Friktionsvärmerna som uppstår när materialet passerar pressrulle och matrishål medför att pelleterna håller en temperatur på 60 – 90°C. Dessa måste snabbt kylas ner i en pellets kylare (luftinblåsning) för att uppnå en hög hållfasthet och undvika temperaturstegring i pellets lager. Pelletteringsteknik utvecklad av ETS i Italien bygger på att använda mycket höga presstryck och minska kraftvinklar och friktion. Detta ger enligt tillverkaren lägre energiförbrukning och producerade pellets med betydligt lägre temperaturer än konventionell teknik [Tossi, E 2000].

### 2.1.12 Råvaruhantering

Balarna får ej innehålla blöta partier, vilket inverkar på pelletshållfasthet, lagringsduglighet och tillgänglighet. Kvalitetskraven på råvaran är ännu högre än för briketttillverkning. Den optimala fukthalten hos vårskördad rörflen inför pellettering är i dagsläget inte känd. Balar med fukthalter < 14 % eller > 20 % medför processtekniska problem. Ett matarbord är nödvändigt eftersom detta minskar tidsåtgången vid lastning och frigör tid för personal till andra arbetsuppgifter [Burvall, J & Segerud, K 1993]

### 2.1.13 Sönderdelning av balar

Vårskördad rörflen dammar kraftigt vid sönderdelning. Genom att använda lågvarviga rivare minskar mängden damm väsentligt samtidigt som brandrisken i stort sett elimineras. Högvarviga balrivare uppfyller ej en godtagbar arbetsmiljö och brandsäkerhet. Behovet av finsönderdelning är bl.a. avhängigt av diametern på hålen i matrisen. Vanligen krävs att råvaran sönderdelas till fraktioner < 3 mm. Såväl hammarkvarn som fläktkvarn uppvisar god funktion vid malning av rörflen. Underhållskostnader genom slitage beroende på rörflenens höga kiselhalt blir något högre [Burvall, J. & Segerud, K 1993].

### 2.1.14 Pellettering

Är materialet för torrt d.v.s. under ca 14 % fukthalt försvåras pellettering. Ånga eller vattentillsats är då nödvändig. Överskrider fukthalten ca 20 % ökar risken för ”ångsprickor” i pelletterna samt att lagringsdugligheten kan försämrans.

### 2.1.15 Energiförbrukning

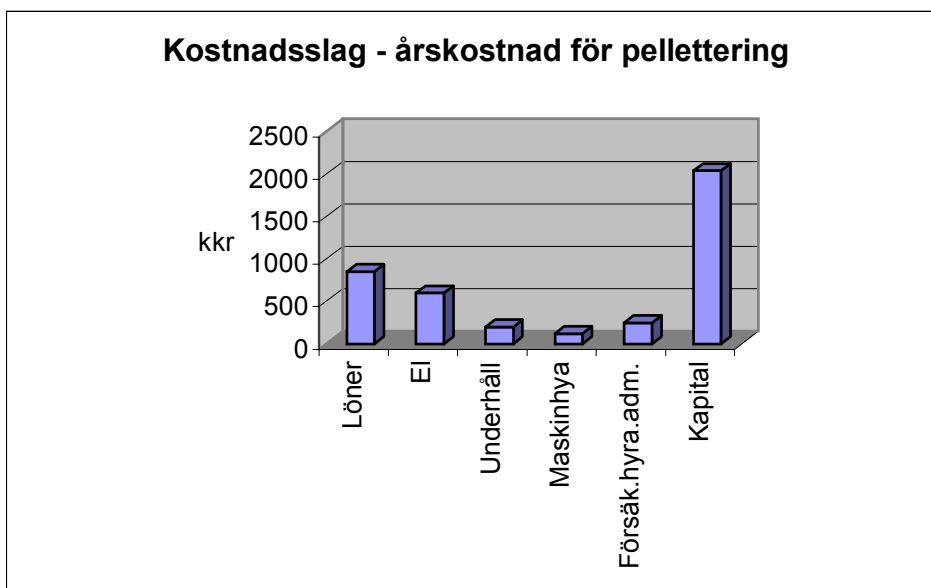
Energiförbrukning vid rivning av rörflen uppgår till ca 15 kWh/ton ts. Malning av rörflen i hammarkvarn kräver ca 20-40 kWh/ton ts beroende på sållstorlek, vilket är något lägre än för träråvara. Noggranna uppgifter om energiförbrukning vid pellettering saknas men orienterade försök som utförts tyder på dubbelt så hög energiåtgång per/ton [Gylling, M. 1999][Andersson B, 1998] jämfört med spånråvara som kräver ca 50 kWh/ton ts. Orienterande försök med fuktigare rörflen indikerar dock bättre värden än för sågspån. Ytterligare några kWh/ton tillkommer för råvarutransport. Inblandning av t.ex. spån i rörflen minskar energiåtgången.

### 2.1.16 Betalförmåga för rörflen

Pellets kan användas i såväl villabrännare som i pannor på 200 MW. Prisbilden på träpellets (avser år 2000) varierar bl.a. beroende av kundens förbrukning:

- Större pulverpannor: 10–200 MW: ca 160 kr/MWh
- Mindre blockcentraler: 50 kW–5 MW: ca 180 kr/MWh
- Villapannor: ca 180–280 kr/MWh (plus moms) beroende på distributionssystem.

Vårskördad rörflen har vanligen 10 – 15 % fukthalt, vilket möjliggör pellettering utan kostsam torkning av råvaran. Torkning av t.ex. fuktig skogsråvara eller sågspån till denna fukthalt innebär en torkningskostnad på ca 25 kr/MWh vid ca 50 000 ton/år [Widell L. 1994]. En torkanläggning för bibränslen utgör 50 % av totala kostnaden för maskininvesteringar och försämrar energibalansen med ca 10 %. En pelletsanläggning placerad i en befintlig industrilokal med en presslinje på 5 ton/h och 5000 driftstimmar ger 25 000 ton per år. Investeringskostnaden i maskiner, kringutrustning och montage uppgår till ca 15 000 000 kr. Förutsatt en 10 års avskrivning kan pellets produceras till en kostnad av 47 kr/MWh [Burvall, J 2000]. Vid ett råvarupris på 120 kr/MWh och en distributionskostnad på 10 kr/MWh till kund förefaller pelletstillverkning vara konkurrenskraftig med ett pris på 177 kr/MWh, speciellt till pannsegmentet 50 kW-5 MW. Detta förutsätter emellertid att de tekniska barriärerna vid pelletsframställning med rörflen kan överbyggas bl.a. frågetecken kring presskapacitet, energiåtgång och pellets kvalitet. Vidare krävs ytterligare forskning kring sintringsegenskaper hos askan vid blandningar av rörflen och t.ex. spån.



Figur 2.7. Kostnadsslag – årskostnad för pellettering

### 2.1.17 Pulvrisering

Pulverbränsle definieras som material med kornstorlek <1 mm. Fraktionsfördelningen ”skräddarsys” beroende på brännarens konstruktion och effekt. Flamlängden bestämmer bl.a. hur finmalet materialet måste vara för att hinna brinna ut. Pulvereldning påminner om oljeeldning där bränslet brinner i en fribrinnande flamma. Kommersiell teknik för pulvereldning finns från ca 0,5 MW upp till 200 MW. Pulvereldning är vanligast i större anläggningar > 15 MW. Till nackdelarna med pulver hör den relativt låga skrymdensiteten ca 1/3 av den för pellets.

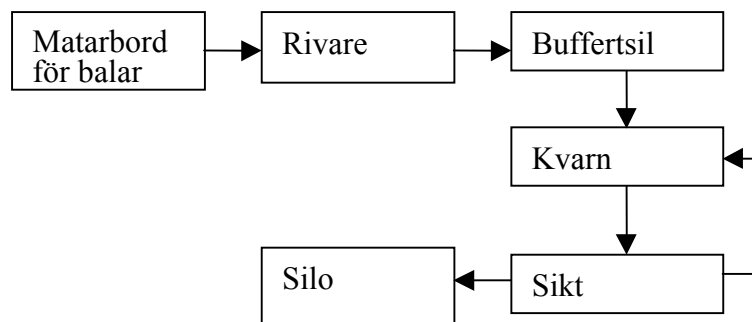


### 2.1.18 Rörflen som pulverbränsle

Såväl laboratorieförsök som fullskaleprov [Burvall, J & Segerud, K 1993] har visat att fälttorkad vårskördad rörflen går att pulvrисera med jämförbar eller lägre energiförbrukning jämfört med träråvara. Generellt erhålls en högre andel finmaterial vid malning jämfört med trä under samma betingelser. Pulvertillverkning ställer höga krav på låg fukthalt i råvaran < 15 % och blöta partier i balar skulle innebära stora produktionstörningar. Rörflenpulver har, trots högre finandel, lägre densitet jämfört med träpulver. Rörflenpulver har en skrymdensitet på ca 170 kg/m<sup>3</sup> medan värdet för träpulver ligger omkring 200 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.1.19 Beskrivning av processen

I figur 2.8 framgår de viktigaste momenten vid tillverkning av pulverbränsle från rörflen.



Figur 2.8. Beskrivning av processen för tillverkning av pulverbränsle

### 2.1.20 Sönderdelning av balar

Vårskördad rörflen dammar kraftigt vid sönderdelning. Genom att använda lågvarviga rivare minskar mängden damm väsentligt samtidigt som brandrisken i stort sett elimineras. Högvarviga balrivare uppfyller ej en godtagbar arbetsmiljö och brandsäkerhet.

### 2.1.21 Kvarnar för finmalning

Tester har utförts på hammarkvarnar och sk. fläktkvarnar. Rörflen uppvisar inga tekniska problem att mala till pulver. Rörflen ger som regel en högre finandel < 0.25 mm jämfört med träråvara vid samma inställningar av kvarnen. Gräsets relativt höga kiselinnehåll verkar slitande och kan innebära högre underhållskostnader speciellt för fläktkvarnen.

### 2.1.22 Pulverlagring

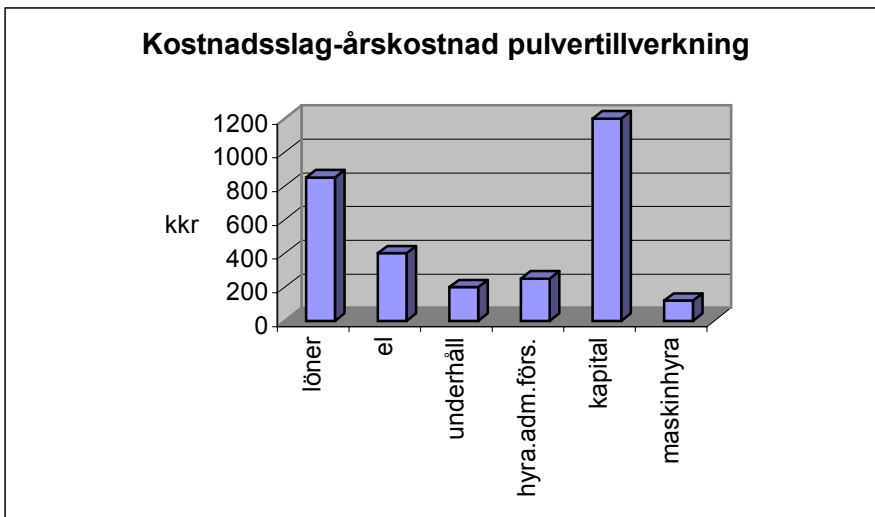
Av såväl ekonomiska som tekniska skäl kan pulver kan ej långtidslagras genom den låga densiteten samt risk för valvbildning.

### 2.1.23 Energiförbrukning

Energiförbrukningen för rivningen av balar uppgår till ca 15 kWh/ton ts. Försök genomförda i hammarkvarn har givit en energiförbrukning på 40 kWh/ton ts och för fläktkvarn 125 kWh/ton ts. För fläktar och transportörer tillkommer ytterligare ca 10 kWh/ton ts.

### 2.1.24 Betalförmåga för rörflen

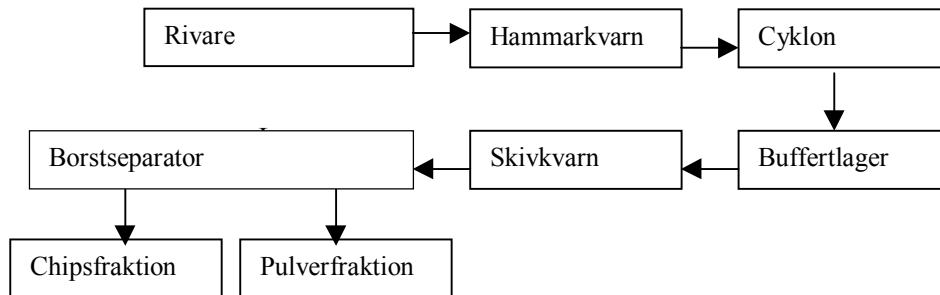
Marknadspriset för träpulver är förnärvarande ca 180 kr/MWh. I en pulveranläggning installerad i en befintlig industrilokal med årsproduktionen 25 000 ton, 5 t/h och 5 000 driftstimmar/år, uppgår produktionskostnaden till ca 30 kr/MWh. Investeringskostnaden är ca 10 000 000 kr. Med ett råvarupris på 120 kr/MWh samt transport till avnämare, 13 kr/MWh, ger en kostnad på ca 163 kr/MWh, vilket betyder god konkurrenskraft. Pulvertillverkning i direkt anslutning till pannan innebär att kostnaden reduceras ytterligare till ca 150 kr/MWh [Stridsberg, S 1996].



Figur 2.9. Kostnadslag –årskostnad för pulvertillverkning

## 2.2 En teknisk beskrivning och analys av Biorafkonceptet

Figur 2.10 beskriver hur fraktioneringstekniken, som är utvecklad av United Milling System A/S i Danmark, är uppbyggd. Processen ger två fraktioner av rörflen, flis (chips) av stamdelen och pulver (meal) av blad och övriga delar.



Figur 2.10. Fraktioneringsanläggning enligt UMS A/S.

### 2.2.1 Förbehandling

Rörflenbalarna läggs upp på en transportör och matas ner i rivare. Materialet passerar därefter en hammarkvarn med 70 mm såll. Materialet blåses från hammarkvarnen till en cyklon och buffertlager via en magnetavskiljare.

### 2.2.2 Skivkvarn

Skivkvarnen består av en fast och en roterande skiva. Spelet mellan skivorna regleras vanligen mellan 0.5 – 2 mm beroende på råvaran samt önskat utbytet mellan meal- (pulver) och chipsfraktion (internod). Skivorna har speciellt utformade hårdmetallräfflor. Materialet matas in i centrum på kvarnen där noder, blad och bladslidor mals till pulver medan internoderna endast klyvs. Kvarnen saknar såll vilket bidrar till en låg energiförbrukning endast ca 10 kWh/ton ts.

### 2.2.3 Separator

Materialet transporteras vidare till en trumma försedd med såll. En matningskruv med borstar förflyttar materialet där bladfraktionen passerar sållet (rejekt) och internodfraktionen som inte passerar sållet tas tillvara som en s.k. chipsfraktion (accept).

### 3 FÖRBRÄNNING

#### 3.1 Potential för pannor i olika effektklasser

I detta avsnitt beskrivs potentialen för att använda rörflen i pannor av olika effektklasser.

##### 3.1.1 Villapannor 10–20 kW

Potentialen för rörflen är första hand som pellets men även briketter skulle kunna användas som alternativ till ved. De eldningsutrustningar som finns idag för pelletseldning är till övervägande del optimerade för 6-8 mm pellets från sågspån med askhalter på 0,3–0,6 %. Mekanisk askutmatning saknas i de flesta brännare. Rörflen har ofta en askhalt som är 5-10 ggr högre än spån, vilket kräver någon form av askutmatning från ugnen eller brännaren. Askan från rörflen är dessutom betydligt voluminösare än vedaska. Ett fåtal brännare på marknaden är försedda med askutmatning men det finns för närvarande inga dokumenterade långtidsförsök gjorda med rörflen.

##### 3.1.2 Mindre pellets- och brikettanläggningar 50 kW–1 MW

Resultat från pågående forskning visar att rörflen i pellets- eller i brikettform kan förbrännas med hög tillgänglighet och låga emissioner förutsatt val av rätt eldningsteknik. Även stoftkraven på  $100 \text{ mg/m}_n^3$  t. g. förefaller kunna underskridas utan cyklonrening alternativt med en enkel cyklon [Olsson, R el. al. 2001]. Rörflen kräver, till skillnad från trä, askutmatning samt en förbränningsugn där förbränningsgaserna har en lång uppehållstid i en het zon. Den mer avancerade tekniken innebär att pannan blir något dyrare och mer utrymmeskrävande än motsvarande panna för träpellets. För mindre pannor innebär exempelvis en kostnadsökning på 50 000–100 000 kr för pannteknik anpassad till rörflen en ökad kapitalkostnad (15 års avskrivning) på ca 15 kr/MWh för en 100 kW-panna och ca 5 kr/MWh för en 500 kW panna. De aviserade skärpta kraven på stoftrening (kommande EU-krav) kan emellertid innebära att enklare pelletspannor för träpellets kräver dyrbar stoftrening. Detta utjämnar kostnaden mot en mer tekniskt avancerad panna där stoftbegränsningen är inbyggd i pannkonstruktionen.

Utifrån de erfarenheter som erhållits från rörfleneldning rekommenderas ej konvertering av befintliga mindre oljepannor till rörflenpellets där endast oljebrännaren ersätts med en pelletsbrännare avsedd för spånpellets.

Lösamheten vid konvertering från t.ex. olja till pellets/briketter varierar beroende på vilka förutsättningar som råder. För exempelvis konvertering av olja till pellets inkluderande en ny pelletspanna på 500 kW, bränslelager och stoftrening innebär en investering på ca 1 500 000 kr. Drift och underhåll uppgår till ca 150 000 kr/år. Med 6 % ränta och 15 års avskrivning samt ett bränslepris på 180 kr/MWh fritt panna ger detta en energikostnad på ca 430 kr/MWh. Kostnaden för oljeeldning i en befintlig avskriven panna i motsvarande effektklass är ca 450 kr/MWh med ett oljepris på 330 kr/MWh (år 1999).

##### 3.1.3 Pulverpannor 1–100 MW

I Sverige finns ett stort antal oljepannor i detta effekregister, dels pannor som går kontinuerligt under ca 5 000 h/år dels sk. spetslastpannor som endast används under de kallaste månaderna. Den största nackdelen med att konvertera från olja till biopulver är en reduceringen av panneffekten med ca 40-50 % . Oljepannor är emellertid ofta kraftigt överdimensionerade.

Pulvereldning har bäst ekonomiska förutsättningar i pannor >20 MW som har en lång driftsperiod över året. I jämförelse med träpulvereldning kräver rörflenpulver bottenaskutmatning eller sotblåsning av aska samt ett kraftigare dimensionerat stoftfilter [Burvall, J 1993]. Kolpulvereldade anläggningar

kräver förmodligen inga eller bara smärre modifieringar för aska och stofthantering eftersom stenkol innehåller 10–20 % aska. Den låga densiteten hos rörflenpulver jämfört med kolpulver kräver dock en annan dimensionering av doserutrustning till brännarna. För kolpulvereldade anläggningar tillkommer kostnader för ombyggnader vid värmeverket för mottagning av pulver, silo, mm. [Stridsberg, S & Segerud, K 1996]. För de aktuella anläggningar som finns i Sverige innebär detta en merkostnad på ca 8 kr/MWh, i huvudsak kapitalkostnad. Rörflenens högre kvävehalt jämfört med trä kan innebära högre NO<sub>x</sub>-emissioner och därmed högre miljöavgifter. Pulverbrännare utvecklas dock kontinuerligt och kväveoxidemissionerna vid träpulvereldning har reducerats med 75 % under de senaste tio åren [Petrokraft, 1998]. De-NO<sub>x</sub> anläggningen finns dessutom installerade i de flesta större pannor. Konvertering av en oljepanna till pulvereldning innebär följande investeringar: Mottagningsramp för pulverkontainrar, pulversilo, matningsutrustning, brännarbyte samt en kraftigare dimensionerad stofreningsapparat. Merkostnad för detta är beroende av pannans storlek tabell 3.1. Oljepriset för storförbrukare på EO 1 är för närvarande (år 1999) ca 330 kr/MWh och för EO 1 ca 250 kr/MWh inklusive skatter och miljöavgifter. Rörflenpulver har därmed god konkurrenskraft i effektregistret 10–40 MW.

*Tabell 3.1. Panna med bulkleveranser av pulver 10 års avskrivning*

<b>Effekt MW biopulver</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>7</b>
Merkostnad panna (kr/MWh)	35	41	72
Pulver(kr/MWh)	163	163	163
Summa	198	204	235

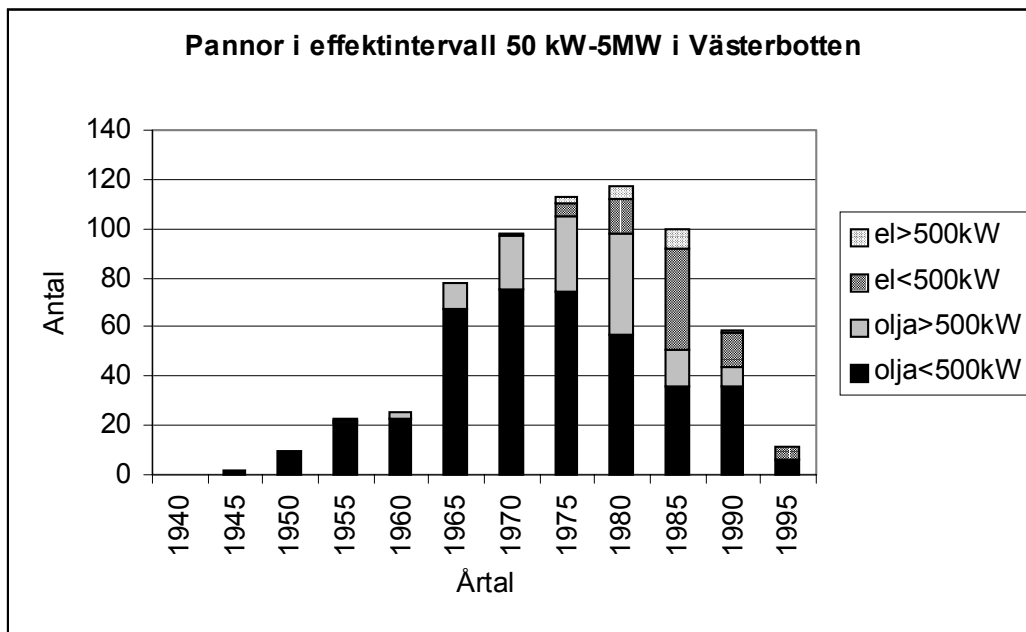
*Tabell 3.2. Panna med integrerad pulvertillverkning 10 års avskrivning*

<b>Effekt MW biopulver</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>7</b>
Merkostnad panna + pulvertillverkning (kr/MWh)	47	60	123
Råvara (kr/MWh)	120	120	120
Summa	167	180	243

### 3.1.4 Fastbränslepannor 1–200 MW

I detta segment återfinns rosterpannor och fluidiserade bäddar. Bränslet utgörs av torv, grenar och toppar (GROT) och sågverksbiprodukter. Bränslepriset har under slutet av nittiotalet legat i intervallet 80–120 kr/MWh. Rörflenbalar fritt panna återfinns därmed i det högre prisskiktet. Pannorna är som regel optimerade för fukthalter mellan 30–50 %. Detta innebär att endast låginblandning av den torra rörflen är möjlig. Kostnader inom värmeverket för buffertlager av balar, balhantering och rivning av balar uppskattas till ca 20 kr/MWh för exempelvis 10 000 ton rörflen/år. Detta innebär att rörflen ej kan konkurrera i dessa anläggningar. Förutsatt att rörflen i hackad form kan levereras till ett pris <120 kr/MWh finns dock vissa möjligheter till avsättning.

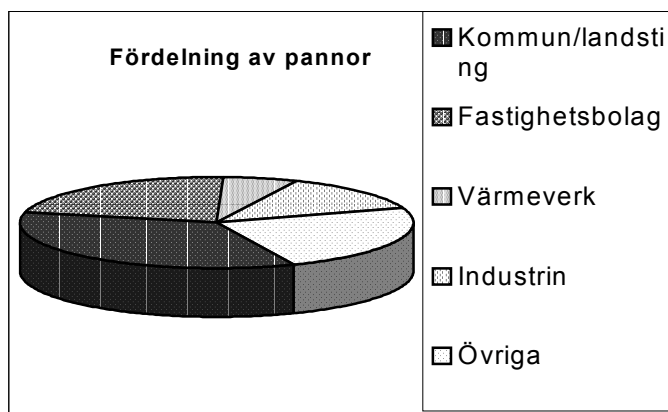
### 3.2 Kartläggning av pannpotential i Västerbotten



Figur 3.1. Fördelning av el och oljepannor 50 kW till 5MW samt installationsår. Av 1060 pannor erhöles effektuppgifter på ca 640 st, vilka redovisas här.

#### 3.2.1 Inledning

Under 1994 genomfördes en kartläggning av teknik och marknadsförutsättningar för förädlade bränslen i Västerbotten [Kastberg, S & Blomqvist M. 1994]. I undersökningen konstaterades bl.a. att det fanns ca 1060 pannor i effektregistret 50 kW-5MW. Pannorna fördelade sig mellan Kommun/Landsting, fastighetsbolag, värmeverk, industrin och övriga (privata) (figur 3.2.).



Figur 3.2. Procentuell fördelning av antalet pannor mellan olika ägarkategorier.

### 3.2.2 Resultat

Undersökning av pannor som konverterats, ersatts eller skrotats har genomförts under 1999. Jämfört med läget från 1994 har följande konstaterats:

- Fjärrvärme har ersatt ett flertal oljepannor främst i Bjurholm och Sorsele kommuner. I Lycksele pågår byggande av en ny kraftvärmeanläggning som kommer att medföra fler fjärrvärmeanslutningar.
- Endast ett 20-tal oljepannor har konverterats till pellets/briketter
- Några större oljepannor har skrotats i samband med industrinedläggelse
- Det låga byggandet och ökad fjärrvärmeanslutning förklarar delvis de låga antalet panninstallationerna under 90-talet.

Bilden är densamma från en nyligen gjord kartläggning i Norrbotten [Larsson, E 1995] som visar på en ökning av fjärrvärmens i tätorter men en förhållandevis låg konvertering av oljepannor på mindre orter och i glesbygd.

Det återstår därmed ca 1 000 pannor i effektregistret 50 kW-5MW. I föreliggande studie har uppgifter om ålder på pannor sammanställts i olika effektkategorier och energiformer. Resultaten visar att ca 80 % av oljepannorna är 15 år eller äldre. För elpannor råder däremot motsatt förhållande där ca 75 % är elpannorna är 15 år eller yngre och är därmed inte aktuella att konvertera i ett kortare tidsperspektiv. Inträffar kraftiga elprishöjningar i framtiden kan dock bilden ändras i ett längre perspektiv.

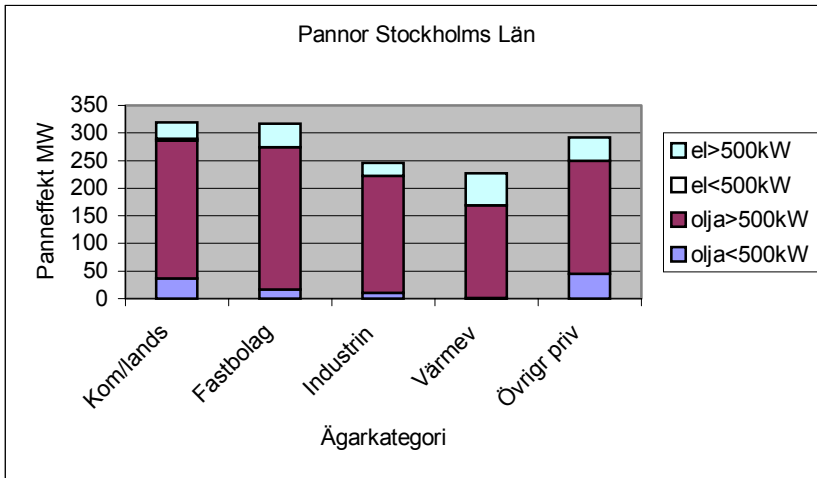
Genom rörflenens relativt höga askhalt och dess voluminösa karaktär krävs speciellt byggda pannor för att uppnå god förbränning och låga emissioner, vilket begränsar alternativ med förugn på befintlig panna. Lämpliga pannor för rörfleneldning är större än motsvarande pannor för träbriketter/pellets, vilket kan omöjliggöra konverteringar i trånga pannrum till rimliga kostnader. Oljepannor äldre än 15-20 år närmar sig den tekniska och ekonomiska livslängden och kan därmed ersättas med en helt ny panna, oftast med högre verkningsgrad. Genom de lägre CO<sub>2</sub>-skatterna för industripannor är konverteringar till biobränsle mindre intressanta och har därmed uteslutits för rörflen. För i första hand värmeverk är flera av oljepannorna sk. spetslastpannor som bara används under den kallaste delen av året som av det skälet endast i undantagsfall lönsamma att konvertera. Sammantaget beräknas att omkring 500 pannor i Västerbotten finns tillgängliga för att ersättas med eldningsutrustning anpassade till rörflenpellets/briketter med reservation för konverteringar som är omöjliga av utrymmesskäl. Detta motsvarar i olja ca 35 000–40 000 ton briketter eller pellets årligen.

## 3.3 Kartläggning av pannpotential i Mälardalen

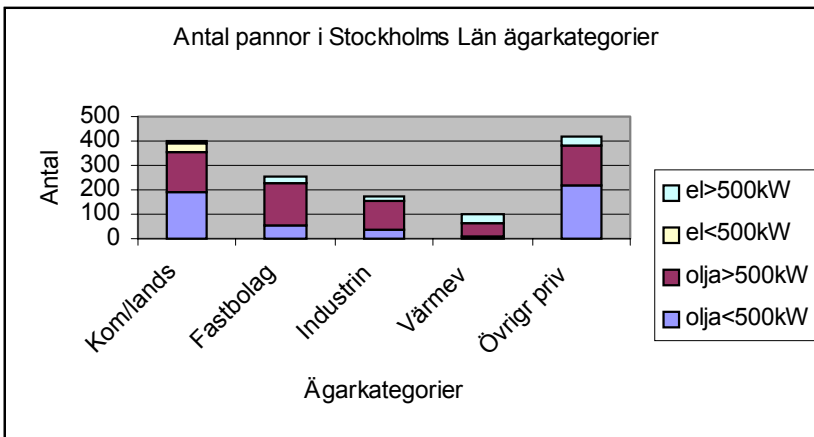
### 3.3.1 Inledning

Syftet med denna undersökning är att ta reda på vilken potential som finns bland små och medelstora pannor i Mälardalen för konvertering till bränsle av rörflen. Samtliga kommuner i Stockholms, Uppsala, Västmanlands, Örebro och Södermanlands län har undersökts, totalt 62 st. Undersökningen har avgränsats till ett effektintervall mellan 50 kW och 5 MW i de undersökta pannorna. Enbart pannor avsedda för olja eller el har medtagits. Pannornas antal och sammanlagda effekt har registrerats för de fem ägartyperna: Kommuner och landsting etc., fastighetsbolag, industri, värmeverk och övriga (privata) ägare. Undersökningen baseras huvudsakligen på uppgifter från Statens Anläggningsprovningars pannregister (1994) samt i någon mån på två olika enkätundersökningar till respektive sotarmästare och kommuner.

### 3.3.2 Resultat

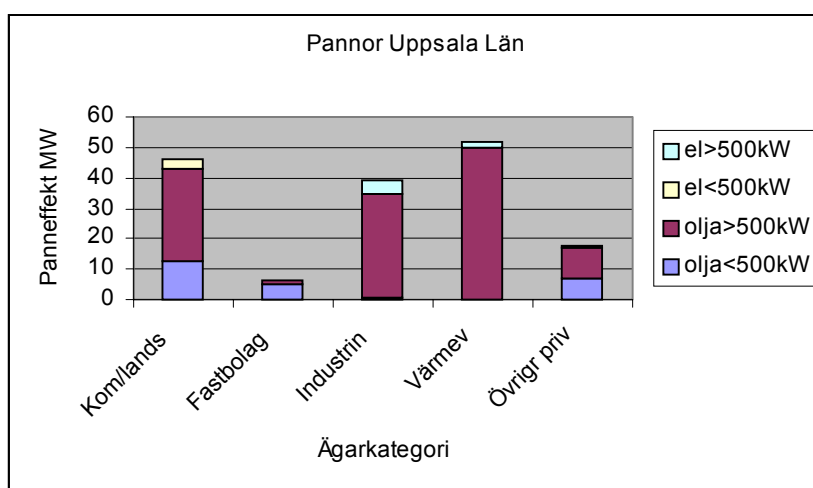
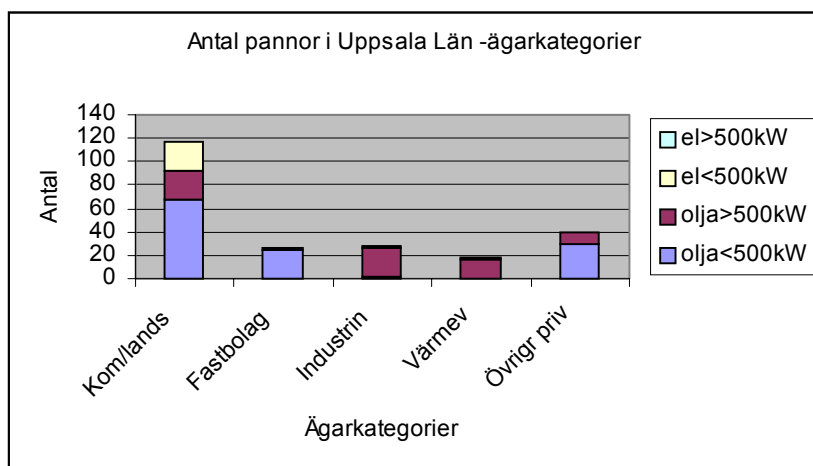


Figur 3.3. Olje- och elpannor i Stockholms län



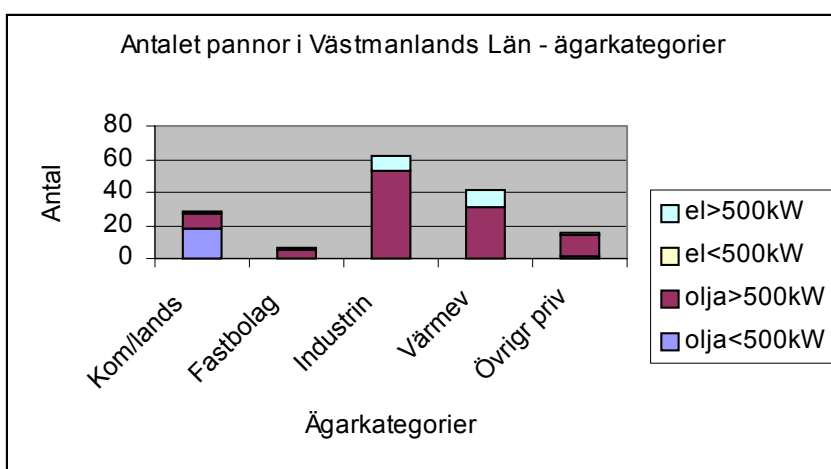
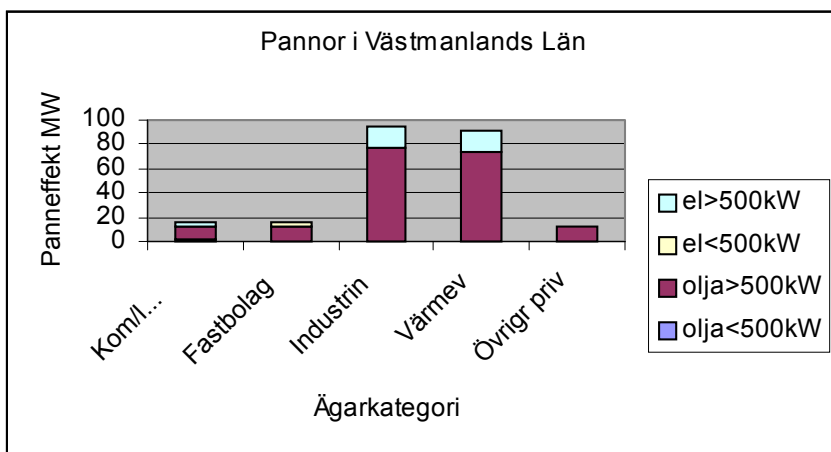
Karläggningsen visade att det fanns omkring 1 200 pannor där oljepannorna utgjorde ca 90 % av pannbeståndet. Oljepannor >500 kW utgjorde 70–80 % av den installerade effekten inom de olika ägarkategorierna.





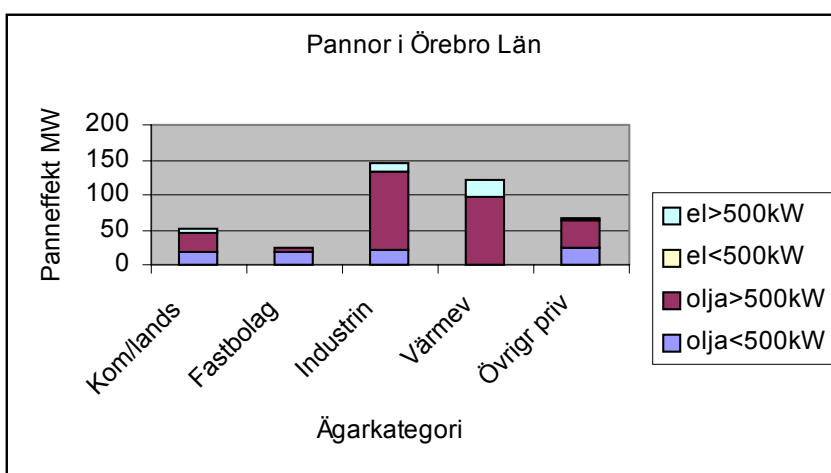
Figur 3.4. Olje- och elpannor i Uppsala Län.

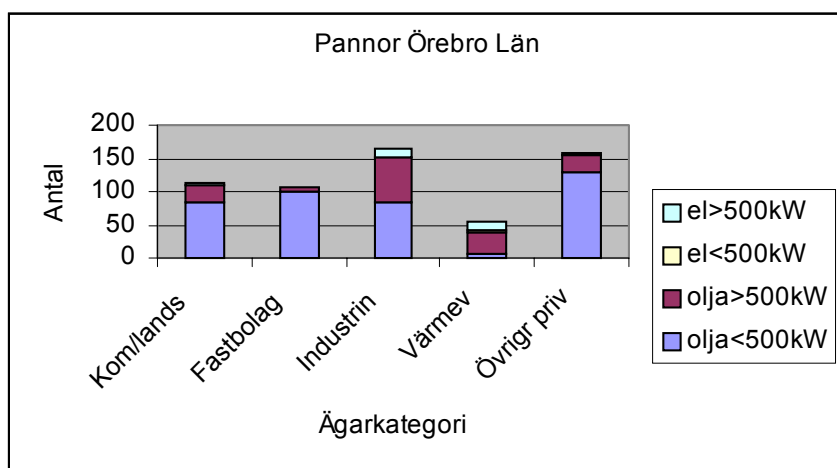
Uppsala län hade drygt 200 pannor installerade. Oljan var det klart dominerande energislaget motsvarande över 95 % av installerad panneffekt. Antalet mindre oljepannor var förhållandevis stort bland ägarkategorierna kommun/landsting, fastighetsbolag samt övriga.



Figur 3.5. Olje- och elpannor i Västmanlands Län.

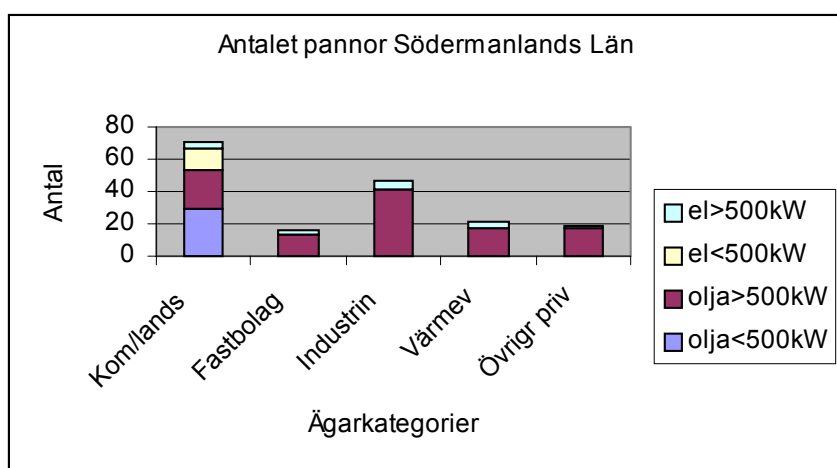
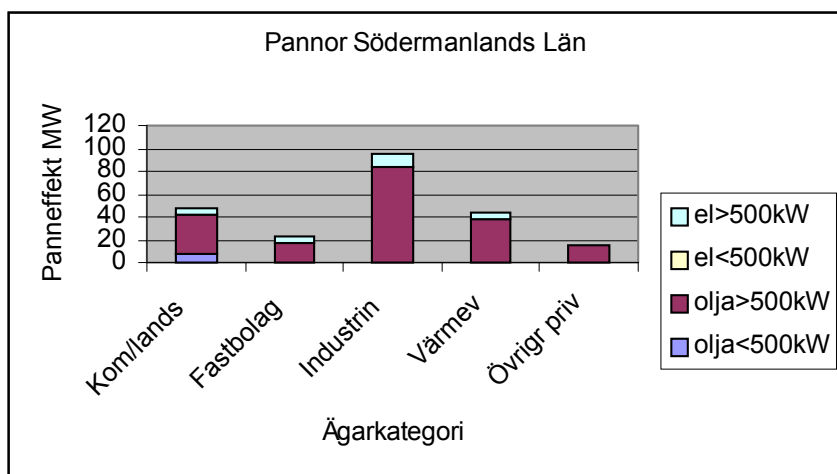
I Västmanland är industri och värmeverk de dominerade ägarna till pannor. Oljan var även här det klart dominerade energislaget.





Figur 3.6. Olje- och elpannor i Örebro Län

I Örebro Län fanns ett relativt stort antal mindre oljepannor som tillsammans stod för ca 25 % av den totala oljeanvändningen.



Figur 3.7. Olje- och elpannor i Södermanlands Län

Oljeberoendet var ungefär lika stort i Södermanland som i övriga undersökta län.

### 3.3.3 Sammanfattning – kartläggning Mälardalen

Sammantaget utgjorde samtliga redovisade pannor en installerad effekt på 2433 MW. Fördelningen mellan olika pannkategorier framgår i Tabell 3.3.

*Tabell 3.3. Fördelning av installerad panneffekt mellan olika pannkategorier för samtliga Län i Mälardalen*

<b>Olja &lt;500 kW</b>	<b>Olja &gt;500 kW</b>	<b>EI &lt;500 kW</b>	<b>EI &gt;500kW</b>
227 MW	1872 MW	13 MW	321MW

### 3.3.4 Oljepannor < 500 kW

Antalet oljepannor i detta effektregister var stort framförallt i Stockholm och Örebro län. Genom de jämförelsevis låga panneffekterna utgjorde de dock endast ca 11 % av den totala energitillförseln från oljan. Inom kategorin värmeverk och industri fanns i stort sett inga pannor i detta effektregister. Fördelningen av dessa pannor utgjordes i stort av en ägarkategori som betalade alla skatter och avgifter på oljan exklusive moms. Antag att pannorna används 5 000 h årligen med ett effektuttag på 50 % inklusive verkningsgradsförluster. Detta skulle motsvara ca 120 000 ton träpellets eller ca 130 000 ton röflenspellets.

### 3.3.5 Oljepannor >500 kW

Oljepannor i denna storleksklass utgjorde ca 75 % av de pannor som ingick i kartläggningen. Industripannorna som har en reducerad CO<sub>2</sub> skatt och är mindre lönsamma att konvertera till pellets utgör närmare 30 % av installerad effekt. Värmeverken var också relativt stora oljeanvändare där pannorna används under en begränsad tid av året som reserv och spetslast och endast i vissa fall kan vara intressanta att konvertera. Cirka 900 MW skulle då återstå som intressanta för konvertering till pellets. Antag att 50 % av effekten utnyttjas inklusive verkningsgradsförluster under 5 000 h per år. Detta skulle då motsvara ett energibehov av närmare 1 000 000 ton träpellets eller 1 100 000 ton röflenspellets.

### 3.3.6 Elpannor < 500 kW

Dessa pannor svarade för en mycket liten del av pannbeståndet, endast 0,5 % av energitillförseln, och utgjorde därför en mycket blygsam konverteringspotential för pellets.

### 3.3.7 Elpannor > 500 kW

Detta pannbestånd stod för ca 13 % av den totala energitillförseln i kartläggningen. Värmeverk och industri var genomgående de stora förbrukarna förutom i Stockholms län där även andra ägarkategorier använde större elpannor. Konverteringspotentialen för pellets är mycket svårbedömd genom att konverteringskostnaderna varierar kraftigt och att många av pannorna förmodligen är installerade under en senare period. (se kartläggningen i Västerbotten).

## 4 ANNAN INDUSTRIANVÄNDNING

Utvärdering av rörflen som råvara till MDF-skivor har skett i samverkan med Daproma System Ab i Karlstad. Utvärdering av rörflen som råvara till kemisk massa för finpapper är baserad på den studie gjordes tillsammans med konsultbolaget Jaakko Pöyry Oy inom det av SLU koordinerade EU-projektet AIR-CT94-2465.

### 4.1 Fiberskivor

Fiberskivor är det sammanfattande namnet på skivmaterial med lignocellulosafibrer som huvudsaklig råvara. Det finns några olika typer av sådana skivor, vilka klassificeras efter tillverkningsmetod, typ av råvara och hur de är uppbyggda. Några vanliga typer är:

- Torrformade och torrpressade skivor. I denna typ av skivor beror lignocellulosafibrernas bindning till varandra övervägande på tillsatta bindemedel. De bindemedel som används är karbamidhartslim (urea-formaldehyd) och melaminförstärkt karbamidharts. Även isocyanatlim används som bindemedel. En typisk produkt inom denna kategori är spånskivan.
- Våtformade och våtpressade skivor. Dessa skivor är uppbyggda av lignocellulosafibrer som blivit frilagda med hjälp av värme och mekanisk bearbetning (defibrering). I denna typ av skivor beror fibrernas bindning till varandra i första hand på fibrernas egna vidhäftningsegenskaper. Bindemedel kan dock tillsättas även i denna typ av skivor. En typisk produkt inom denna kategori är board (t.ex. Masonite).
- Kombinationer av de två ovannämnda där t.ex. fibrerna friläggs i en defibrör, torkas, belimmas, formas och pressas. MDF (Medium Density Fiberboard) är en typ av skiva som tillverkas på detta sätt. MDF är en mycket homogen skiva som är lämplig för produkter där man fräser ut profiler direkt i ytan eller där man vill ytbehandla även sågsnitt (kanter) utan föregående extra grundning.

#### 4.1.1 Rörflen som råvara för fiberskivor

Teknik för utnyttjande av andra råvaror än trä vid tillverkning av fiberskivor finns redan. Bland annat säljer Sunds Defibrator och Daproma System AB utrustning för tillverkning spånskivor och MDF från halm och andra gräs. De vanligaste ”icke trä” råvarorna som används är: Halm från spannmål och ris, sockerrörbagass, halm från oljeväxter, olika gräs, bomullsstjälkar och bambu. Dessutom används en stor del avfall från skogsavverkning, s.k. grot.

Den process som är mest intressant för denna undersökning är Dapromas MDF koncept. Daproma har levererat flera anläggningar till USA där råvaran utgörs av halm eller gräs. Produkten marknadsförs som miljövänlig, dels beroende på råvaran och dels beroende på att man använder MDI (isocyanat) istället för karbamidharts vilket medför att inga formaldehydemissioner förekommer. Kombinationen halm och MDI medför också att limförbrukningen kan halveras jämfört med en träbaserad process. Man kan också ta ut ett högre pris på denna produkt jämfört med motsvarande träbaserade produkt. Daproma har även testat rörflen som råvara och har fått mycket goda resultat.

#### 4.1.2 Beskrivning av processen

Här ges en kort beskrivning av Dapromas processkoncept. Ett blockdiagram (Figur 4.1.) efter texten visar också de viktigaste momenten för tillverkning av MDF av halm/rörflen.

#### 4.1.2.1 Råvaruhantering

Man förutsätter att halm/rörflen är tillgängligt året runt. Dessutom förutsätts råvaran vara balad, både rundbal och HD-bal (Hesston) kan användas. Lagring av oövertäckta balar utomhus har visat sig vara en möjlig metod.

#### 4.1.2.2 Malning

Balarna lastas på en transportör som transporterar dem till en rivare. Rivaren öppnar balarna och reducerar strållängden till 3–12 cm. Från rivaren transporteras materialet till en silo. Från silon transporteras materialet vidare till en separator. I denna separator avskiljs finmaterial som går direkt till torkaren medan den övriga delen av materialet transporteras till en hammarkvarn som reducerar strållängden till 2-3 cm samt klyver stråna till stickor. Materialet transporteras vidare från hammarkvarnen till en annan silo. Efter denna silo adderas vatten till råmaterialet (endast för att ge en bättre defibrering, inget överblivet processvatten uppstår) och transporteras därefter till en annan separator. I separatorn avskiljs på nytt finmaterial som går till torkaren, det övriga materialet går till raffinören. Efter raffinören transporteras materialet till torkaren.

#### 4.1.2.3 Torkning

En indirekt uppvärmd roterande torkare används av säkerhetsskäl eftersom denna typ av torkare medför minst brandrisk och är lätt att sköta. Värmeekonomin är mycket god, dess dimensioner är relativt små och värmeförlusterna till omgivningen är små.

#### 4.1.2.4 Sällning

Materialet transporteras från torkaren till sällningen med en skruvtransportör. Denna transportör har en klaff som aktiveras automatiskt vid brand och tömmer materialet på marken. Material för mittskikt och ytskikt transporteras till respektive silos för torrt material. Från botten på sållet transporteras damm till en dammsilo. För stora partiklar transporteras till en raffinör för ytterligare bearbetning och därefter tillbaka till sällningen.

#### 4.1.2.5 Liminblandning

De torkade fraktionerna för mittskikt respektive ytskikt transporteras via vågar till liminblandningen. Vågsignalen reglerar limdoseringen. Limmet sprutas in i blandarna med hjälp av finfördelningsapparat, vilka skapar en limdimma i blandarna. Detta förfarande ger en extremt jämn limfördelning vilket i sin tur ger en låg limförbrukning.

#### 4.1.2.6 Arkformning

Arket formas på tre olika stationer. Den första enheten formar bottenytskiktet, nästa enhet formar mittskiktet och den tredje formar toppytskiktet av arket. Arken formas på aluminiumplåtar som rör sig kontinuerligt genom arkformningslinjen. Efter formningen går arket till en förpress för att reducera tjockleken. Efter förpressen passerar arket en våg där varje arks vikt registreras före arket går till varmperssning.

#### 4.1.2.7 Varmpressning

I den hydrauliska varmpressen pressas arken samtidigt. Aluminiumplåtarna med arken staplas i en lyftställning framför pressen och matas samtidigt in i pressen. Efter pressningen töms arken i en likadan ställning efter pressen medan nya ark matas in i pressen. Pressytorna är uppvärmda med olja. Presstid, tryck och temperatur regleras automatiskt enligt ett program, beroende på vilken typ av skiva som tillverkas. Från lyftställningen efter pressen tas arken bort en och en. Aluminiumplåtarna och skivorna skiljs åt, plåtarna går tillbaka till arkformningen och skivorna transporteras till ett kylhjul. Efter kylning staplas skivorna.

#### 4.1.2.8 Efterföljande behandling

Före skivorna transporteras till den kombinerade såg- och slipningslinjen är det nödvändigt att de är korrekt staplade tills de är avkylda, limmet har härdat och fuktigheten utjämnats. Efter detta kan skivorna sågas till önskad storlek och slipas till slutgiltig tjocklek och ytjämnhet.

#### 4.1.2.9 Energi

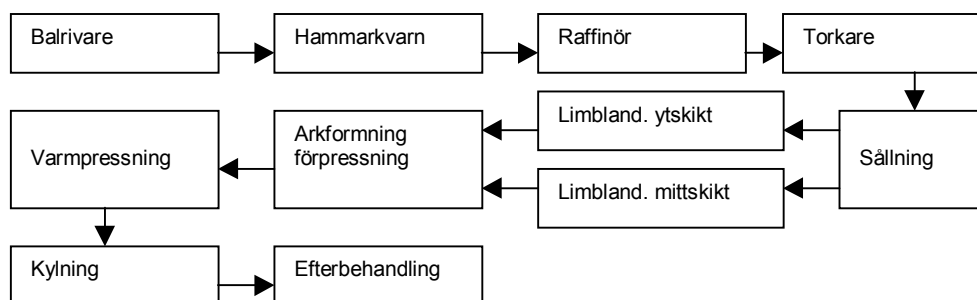
Hetolja används för att förse torkaren och pressplattorna med värme. Oljan värms med damm från slipningen men även eldningsolja används som back-up och då processen startas upp. Extern elenergi används för den övriga utrustningen.

#### 4.1.2.10 Luftsystem

All luft som används vid pneumatisk transport av den malda råvaran filtreras. Utblåsluften från filtren kan antingen återföras till byggnaden eller avledas till utsidan. Utblåsluftens kvalitet kontrolleras kontinuerligt så att miljö- och hälsokrav uppfylls.

### 4.1.3 Betalförmåga för rörflen

Dapromas beräkningar är gjorda för en MDF-anläggning i USA och kan inte direkt omvandlas till svenska kronor. Enligt Herlof Dalen på Daproma System AB [Personlig kommunikation med Herlof Dalen 1998] är situationen denna: I USA betalar man 34,5 USD per ton torr halm. I Sverige ligger vedpriset på ca. 500 kr per ton ts, så det är vad man konkurrerar med. Detta betyder att 450 kr per ton ts är maximum vad man kan betala för rörflen, då man får mindre utbyte med denna råvara. Man kan räkna med ett bortfall på 30% för rörflen och åtgången är 1,3 ton rörflen per ton MDF. En MDF-linje har en kapacitet på 36 000 ton skivor per år. Detta betyder att råvaruåtgången är 46 800 ton rörflen per år. Med ett skördeutbyte på 8 ton/ha/år medför detta att en MDF fabrik kräver en åkerareal på närmare 6 000 ha.



Figur 4.1. De viktigaste momenten vid tillverkning av MDF enligt Dapromas koncept.

## 4.2 Kemisk fibermassa

Fibermassa kan framställas antingen mekaniskt eller kemiskt. I en mekanisk process separeras fibrerna mekaniskt genom raffinering. Mekaniska massor är relativt ljusa redan som oblekta men innehåller mycket lignin och eftergular fort. Mekaniska massor har också relativt låg styrka på grund av att fibrerna förkortas i tillverkningsprocessen. Mekaniska massor ingår ofta i tidnings- och journalpapper, kartong, mjukpapper och liner. Mekanisk massatillverkning är mycket energikrävande vilket är en nackdel.

Vid framställning av kemisk massa löses ligninet ut genom kokning med t.ex. alkali. Utbytet vid kemisk massatillverkning ligger ofta under 50 % då en betydande del av råvaran löses ut vid kokningen. Massorna kan vara både oblekta och blekta. I blekta massor återstår bara några procent lignin. Kemiska defibreringsprocesser är som regel skonsammast mot fibrerna i råvaran. Kemiska massor har breda användningsområden och utmärks av hög styrka eller i andra avseenden hög kvalitet. Den stora andelen utlöst organiskt material används som bränsle och kokkemikalierna kan återvinnas. En kemisk massafabrik kan vara så gott som självförsörjande på energi.

Målet vid all fiberproduktion är en fiber, som går att foga samman till önskade produkter. Producenterna av dessa strävar efter en kvalitetsmässigt så bra och billig slutprodukt som möjligt. Beroende på användningsområde och för att optimera kvaliteten används nästan alltid blandningar av olika typer av fibrer. Långa grova fibrer (i vanliga fall från barrträd) ger styrka medan kortare fibrer (ofta från lövved) ger god formation och goda optiska- och tryckbarhetsegenskaper.

### 4.2.1 Rörflen som råvara för kemisk fibermassa

Rörflen ger en kortfibermassa med en medelfiberlängd jämförbar med massa tillverkad av björk eller eukalyptus. Fiberlängden hos rörflen varierar dock och är beroende av rörflenssort, bladandel, växtplats, jordart och vallens ålder. De längsta fibrerna finns i strådeln och de kortaste i bladen. Avlägsnas blad och bladskidor före massatillverkningen ökar fibermedellängden med åtminstone tio procent.

Rörflen är ett mera heterogent råmaterial än trä. Liksom andra massor tillverkade från gräs består rörflensmassan av mycket korta fibrer samt en betydande andel finmaterial. På grund av detta är fiberlängdsdistributionen annorlunda än hos lövvedsmassa. Finmaterialfraktionen består av icke-fiberceller, huvudsakligen parenkymceller och kärl. Dessa celler är korta, tunnväggiga och breda vilket bidrar till att göra rörflensmassan mer svåravvattnad än lövvedsmassa.

Vårskördad rörflen har en ligninhalt i samma nivå som hos björk. Extraktivämnehållningen för vårskördad rörflen är betydligt lägre än för björk och tall. Kolhydratsammansättningen påminner också mycket om den hos björk. Den höga askhalten, ca. tio gånger högre än för ved, är typisk för agrofibrer. Största delen av askan består av kiseldioxid,  $\text{SiO}_2$ .

### 4.2.2 Förbehandling

För att förbättra massatillverkningsegenskaperna bör rörflen fraktioneras innan det går till massatillverkningsprocessen. Denna process kan jämföras med avlägsnandet av grenar och bark för massaved. Vid fraktioneringsprocessen avlägsnas blad, bladslidor och noder. Dessa delar av plantan innehåller mycket finmaterial och höga halter av kisel. För fraktionering av den torra, vårskördade rörflen i industriell skala har flera olika metoder utvecklats. En typ av fraktionering som utvecklats av United Milling System A/S i Danmark och fungerar mycket bra med vårskördad rörflen, beskrivs i avsnitt 2.2. ”En teknisk beskrivning och analys av Biorafkonceptet”.



### 4.2.3 Finpapper av rörflen

I pilotförsök i Finland har finpapper med en rörflensmassahalt på upp till 70 % tillverkats (30% barrvedsmassa, 70% rörflensmassa). Resultaten visade att rörflensmassan mycket väl kan användas för att ersätta lövvedsfibrer i finpapper [Paavilainen et al 1996].

En fabrik som skall producera rörflensmassa kräver speciell utrustning eftersom konventionell kokar- och tvättutrustning för ved inte är lämplig för att hantera denna typ av råmaterial. Speciell utrustning för att avlägsna kislet ur processen är också nödvändig. Då kapaciteten för ett modernt konkurrenskraftigt massabruk bör uppgå till omkring 500 000 ton massa/år, verkar det mest lovande konceptet vara att integrera en rörflenslinje i ett bruk producerande både barr- och lövvedsmassa (Figur 4.2.).

Ett massabruk med en rörflenslinje kräver naturligtvis stora arealer rörflensodling. Hur stora som behövs är beroende av skördeutbytet, hur stor del som tas bort vid fraktioneringen samt val av massa-tillverkningsprocess. En areal på omkring 40 000 ha verkar dock vara en rimlig uppskattning för ett bruk producerande 100 000 årston blekt sulfatmassa.

En annan möjlighet som studerats är att bygga om en sågspånskokare så att den kan användas för rörflen (Figur 4.3.). I detta fall behövs inga stora investeringar i kokarutrustning eftersom en sågspånskokare kan hantera en råvara som rörflen. Att använda en befintlig sågspånskokare för att producera rörflensmassa har testats tillsammans med AssiDomän i Karlsborgfabriken i Kalix. Omkring 10 ton rörflensmassa tillverkades av vårskördad, fraktionerad och bricketterad rörflen. Rörflensmassan som producerades (Tabell 4.1) var av mycket hög kvalitet och kan användas för att ersätta björkmassa i finpapper eller i ytskiktet på ”white-top liner” [Paavilainen et al 1999].

Sågspånskokare har ofta en mycket lägre kapacitet än de övriga fiberlinjerna och råvarubehovet blir därför betydligt lägre än för en konventionell fiberlinje. En sågspånskokare med en kapacitet på 10 000 -15 000 ton rörflensmassa per år (Karlsborgfabriken) kräver en rörflensodling på 3 000-5 000 ha.

*Tabell 4.1. Egenskaper för oblekt rörflensmassa tillverkad i industriell skala jämförd med syrgasblekt björkmassa*

<b>Massaegenskaper</b>	<b>Rörflen</b>	<b>Björk</b>
Fiberlängd, mm	0,76	0,90
Avvattning, °SR	20,7	21,5
Ljushet, ISO%	45,8	52,1
Ljusspridningskoefficient, m <sup>2</sup> /kg	39,5	28,7
Opacitet (60 g/m <sup>2</sup> ), %	97,5	85,7
Densitet, kg/m <sup>3</sup>	588	697
Dragindex, Nm/g	49,1	62,7
Rivindex, mNm <sup>2</sup> /g	7,8	8,2

### 4.2.4 Beskrivning av processen

Det processkoncept som rekommenderas av Jaakko Pöyry Oy är att en rörflenslinje integreras i ett massabruk producerande både löv- och barrmassa.

#### 4.2.4.1 Förbehandling

Rörflensbalar transporteras med lastbil till ett asfalterat lagringsområde, dimensionerat för två veckors förbrukning på fabriksområdet. Därefter går råvaran till en fraktioneringsanläggning (beskriven i avsnitt 2). Man räknar med att ca. 30% blad avlägsnas. Rejektet används som bränsle i barkpannan eller säljs som råvara till en pelleteringsanläggning. Den rena internodfraktionen transporteras med bandtransportör till kokeriet.

#### 4.2.4.2 Kokning

Rörflenens kokas i en kontinuerlig skruvkokare av Pandiatyp. En speciell kokare behövs eftersom rörflen uppför sig på ett helt annat sätt än vedflis vid kokning.

#### 4.2.4.3 Tvättning och silning

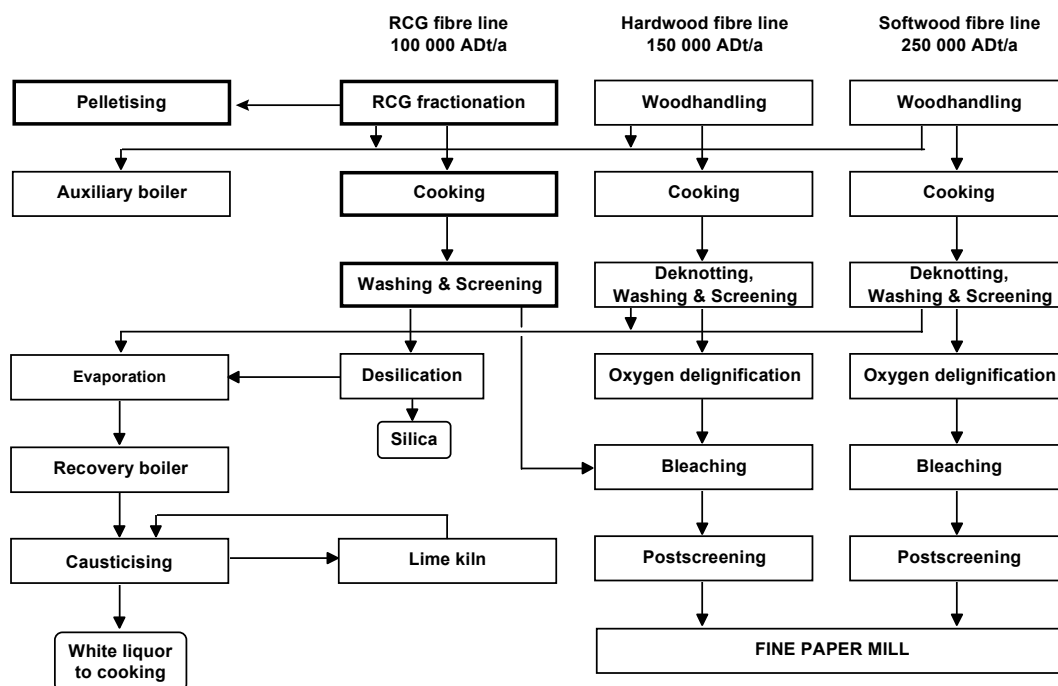
Massan pumpas till tvätteriet som består av två tvättpressar i serie. Sileriets tvättare/förtjockare fungerar som sista tvättsteg. Tvättningen sker som normal motstömstvätt. Silningen sker i trycksil och därefter i en virvelrenare. Rejektet förs till barkpressen och därefter till förbränning.

#### 4.2.4.4 Blekning och eftersilning

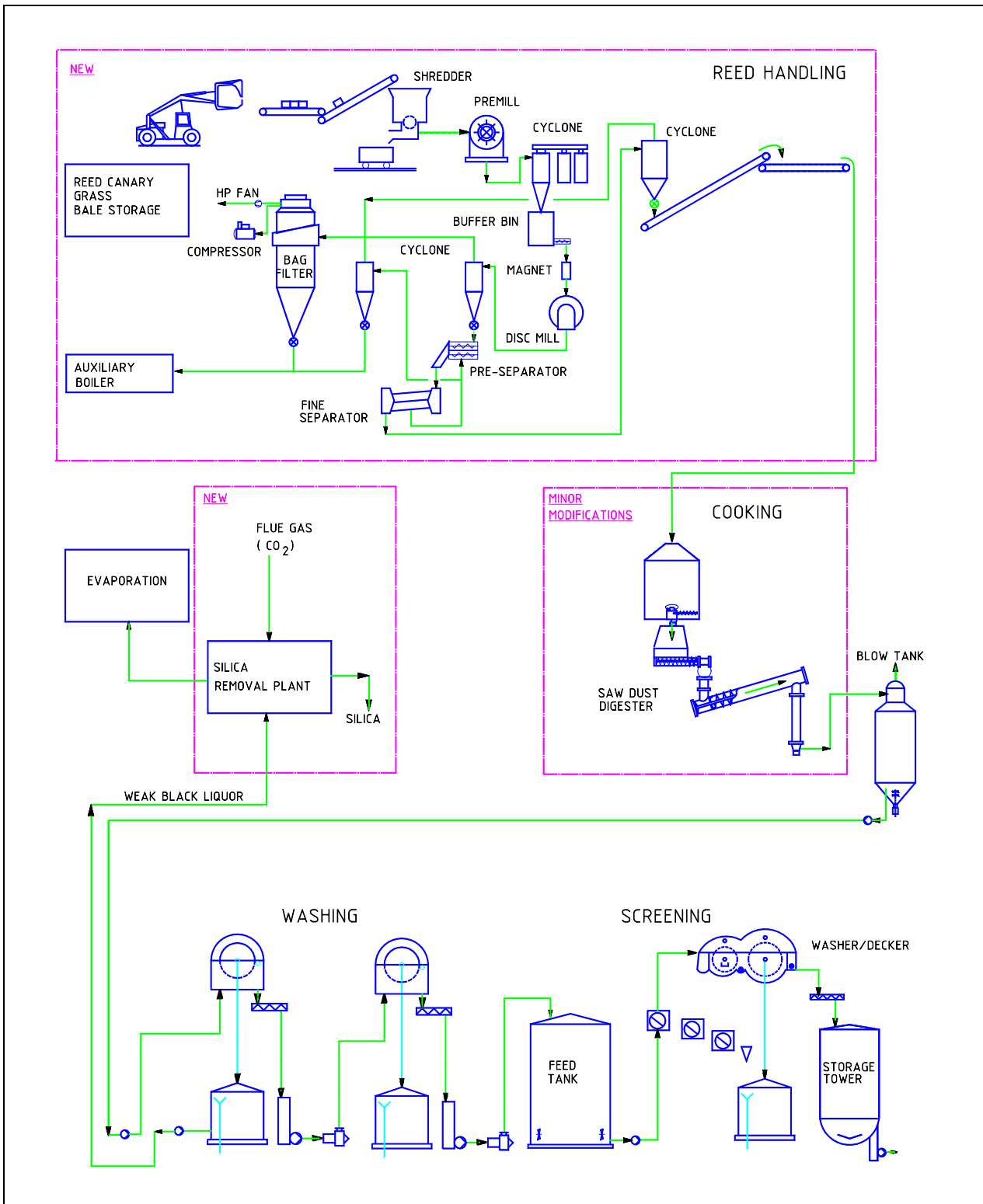
Den tvättade och silade rörflensmassan pumpas till björklinjen och bleks och eftersilas tillsammans med syrgasdelignifierad björkmassa.

#### 4.2.4.5 Kemikalie- och energiåtervinning

Avluten från rörflenslinjen går till ett processteg där kisel avlägsnas med rökgasutfällning. Därefter blandas rörflensavluten med avlut från de andra linjerna och återvinns på normalt sätt.



Figur 4.2 Blockschema över ett massa-/pappersbruk med en integrerad rörflenslinje (JP Oy)



Figur 4.3 Sågspånlinje modifierad för rörflen (JP Oy)

#### 4.2.5 Ekonomiska förutsättningar

Beräkningar baserade på de data som tagits fram visar att en fabrik med en integrerad rörfbenslinje kan bli lönsam. Investeringskostnaderna och de fasta kostnaderna för en fabrik med en rörfbenslinje är något högre än för referensfabriken. De rörliga kostnaderna för rörfbensmassafabriken är däremot något lägre.

I beräkningarna har man utgått från samma lönsamhetskrav som vid tillverkning av björkmassa. Råmaterialkostnaden för balad rörfben vid fabriksporten är omkring 500 kr/ton TS, vilket ger en kostnad på omkring 1400 kr/ton massa. För björk är motsvarande kostnader 770 kr/ton TS och 1670 kr/ton massa (Kostnader från hösten 1999). Ifall rörfbenen levereras fraktionerad (se ”2.2 En teknisk beskrivning och analys av Biorafkonceptet”) blir hanteringen av råvaran något enklare men man förlorar inkomsterna av energiproduktion av bladfraktionen från fraktioneringen. Totalt sett (hela kedjan) kan dock ekonomin bli bättre eftersom man kan få ut ett bättre pris av bladfraktionen om den används som biobränsle utanför massa-/pappersbruket.

Tabell 4.2. Uppskattade kostnader för ombyggnad av en sågspånslinje till en rörfbenslinje

Kostnad	M SEK
Lager för balar	0,9
Fraktionering	8,6
Ombyggnad av inmatning till kokare	2,6
Kiselutfällningsanläggning	9,4
Indirekta kostnader	3,4
Oförutsedda kostnader	3,4
<b>Totala kostnader</b>	<b>28,3</b>

Man bör dock beakta att ifall fraktionerad rörfben skall levereras till massafabriken så behövs någon typ av komprimering av råvaran för att transportekonomin skall bli överkomlig. Brickettering eller balning är möjliga lösningar. Uppskattningsvis kan en fabrik betala 600 - 650 kr/ton för fraktionerad och bricketterad rörfben [Personlig kommunikation med Jorma Tulppala 1998]. I tabell 4.3 visas en jämförelse mellan transport av färsk björkved och bricketterad rörfben. Intressant är att man kan transportera två gånger mer (räknat som sulfatmassa) till fabriken per bil med bricketterad rörfben jämfört med björkved [Finell, M 2000].

Tabell 4.3. Transportkapacitet för rörfben vid olika komprimeringsgrader jämförda med björk

Fiberråvara	Densitet kg/m <sup>3</sup>	Vatten %	Bark eller blad %	Massa/bil ton
Färsk björkved	500	50	10	9,0
Rörfben, ofraktionerad i storbalar	180	15	30	6,4
Rörfbensflis, ingen komprimering	100	10	0	5,4
Rörfbensflis, briketterad	350	10	0	18,0

Antaganden: Max. lastvikt/bil 40 ton, max. lastvolym/bil 120 m<sup>3</sup>. Kokutbyte 50% för björk och rörfben.

#### 4.2.6 Sammanfattning

Högkvalitativ kortfibermassa kan produceras av vårskördad, fraktionerad rörfben. Massans egenskaper är sådana att den med fördel kan ersätta lövvedsmassa i t.ex. finpapper eller ytskiktet på ”white-top liner”.

Det mest realistiska sättet att starta upp tillverkning av rörflensmassa är att bygga om en sågspånskokarlinje. I denna ombyggnad ingår förutom modifiering av själva kokaren ett lager för balar, en fraktioneringsanläggning och en anläggning för att avskilja kisel ur avluten. Rörflensmassan kan konkurrera både kvalitetsmässigt och prismässigt med kortfibermassa tillverkad av importerad björk.

## 5 ENERGIBALANS VID ODLING OCH FÖRÄDLING AV RÖRFLLEN

Teknik för odling, skörd, hantering och förädling av rörflen är fortfarande under utveckling och data för att göra energibalansberäkningar är fortfarande bristfälliga. De största kunskapsmässiga begränsningarna finns i skörde-, hanterings-, och förädlingsteknik delarna medan agrara fakta för rörflen och vårskörd har bättre grunddata. Vårskördemetoden har också börjat tillämpas för det perenna rhizomgräset switchgrass i Kanada. Den teknik som utnyttjas och aktuella avkastningsnivåer vid vårskörd av rörflen i Sverige och switchgrass i Kanada är mycket likartade. I det följande utnyttjas därför data för switchgrass [Samson et. al 2000] i produktionsdelen medan svenska data vad avser förädling jämförs med motsvarande Kanadensiska.

*Tabell 5.1 Energiåtgång rörflensodling (kWh/ton ts)*

Moment	Energiåtgång kWh/ton ts
Anläggning, odling	8
Gödsling av odling	128
Skörd	64
Transport till fabrik (20 km)	20
Summa	220

*Tabell 5.2 Energiåtgång brikettering (kWh/ton ts)*

Moment	Kolvpress Litt.uppg. kWh/ton <sup>1)</sup>	BTC Kolvpress rörflen kWh/ton <sup>2)</sup>	Skruvpress litt. uppg. kWh/ton <sup>1)</sup>	Skruvpress rörflen kWh/ton <sup>3)</sup>
Rivning	16	38	16	16
Pressning	60	112	60-120	7
Kylning	?	?	?	?
Summa	76	150	76-136	23

[<sup>1)</sup> Pettersson, 1999 <sup>2)</sup> Driftdata BTC 2001-04-12, <sup>3)</sup> BTK-rapport 2, 2001]

*Tabell 5.3 Energiåtgång vid pellettering*

Arbetsmoment	Switchgrass kWh/ton <sup>1)</sup>	Rörflen SLF kWh/ton <sup>2)</sup>	Rörflen EU kWh/ton <sup>3)</sup>
Sönderdelning	25	35-55	35-55
Pellettering	45	100	<50
Kylning	12	15	15
Summa	82	150-170	100-120

[<sup>1)</sup> Samson et. al 2000, <sup>2)</sup> Olsson 2001 sammanställning för denna rapport, <sup>3)</sup> Olsson 2001 opublicerad slutrapport EU-projekt AIR-CT94-2465]

Briketteringslinjen med ”kolvpress rörflen” är baserad på en produktionslinje för rörflen som ännu inte är färdig utvecklad. Det material som matas in i pressen har endast grovrivits i 15 mm såll och valvbildning minskar matningshastigheten i pressen vilket ger låg produktionskapacitet. Den höga energiförbrukningen indikerar också behov av konditionering av råvaran. Den låga energiförbrukningen som uppmätts med småskalig skruvpress motiverar fördjupade studier av denna teknik.

För pellettering av switchgrass är kalkylerna baserade på en energieffektiviserad maskinkedja som avser dansk balupplösningsteknik följt av sönderdelning i grovkvärn och finkværn till ett material som passerar 3 mm såll då 6 mm pellets tillverkas. Den låga energiåtgången är också baserad på att råvaran innan pellettering är konditionerad med ånga. I de svenska försöken med både brikettering och

pellettering så har motsvarande energieffektivisering i sönderdelning och konditionering inte genomförts med undantag för det begränsade försöket betecknat rörfilen EU. Där ångbehandling provades i laboratoriemiljö. Briketteringsdata är baserade på rivning av balar i ett steg till att passera 15 mm såll och utan konditionering och försöken är alltså inte energimässigt optimerade. Den Kanadensiska pelletsfabriken har en dygnsproduktion på 200 ton med 20 km råvarutransport vilket innebär lokalisering i jordbruksintensiv bygd.. Möjligheterna att bygga så stora fabriker med god energibalans i Sverige är begränsade då energiförbrukningen i transporter uppgår till 0,82 kWh/ton/km. Den totala energibalansen i kedjan produktion av energigräs till brikettering/pellettering blir då som output-/inputkvot:

1) Rörflenspellets Kanada	$4941 / 299 = 16,5$
2) Rörflensbrikett BTC	$4941 / 473,2 = 10,4$
3) Rörflenspellets Sverige	$4941 / 390,1 = 12,7$

Utökad forskning och utveckling har alltså stor potential att rationalisera pelletsproduktionen och förbättra energibalansen ytterligare. Ny Italiensk pelletteringsteknik som ännu är oprövad under svenska förhållanden har här goda förutsättningar att ytterligare förbättra förädlade biobränslets konkurrenskraft då insatt energi här inte behöver utnyttjas för generering av friktionsvärme med åtföljande behov av också kylenergi

Den optimala anläggningsstorleken ur ekonomiska och miljömässiga aspekter behöver utredas ytterligare. Mycket talar för att dagens ”bästa ekonomi” inte sammanfaller med ”bästa miljö” ur energibalans synpunkt vid utökad transportavstånd för råvara.

## 6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ FORTSATTA INSATSER

De flesta rörflensrapporter som finns tillgängliga är baserade på rörflensmaterial från kommersiella fodergrässorter i USA och Kanada. Fodersorterna karakteriseras av stor bladandel. Bladrika sorter lämpar sig dåligt för den nya vårskördemetoden då substansförluster under vintern är betydligt större i blad än i strån och bladen har också betydligt större askhalt och därigenom hög kiselhalt. Den växtförädling av rörflen mot industri-/energisorter som pågår i Sverige och Finland har i studier visat sig ha förutsättningar till både högre total avkastning men också goda förutsättningar att förskjuta biomassaskörden mot högre stråandel och i industri och energi sammanhang förbättrad kvalitet. De initiala avkastningsökningarna med nya sorter kan bli stora då variationen i det ursprungliga förädlingsmaterialet är stort och den första kommersiella industri-/energisorten Bamse har i försök haft c:a 20 % högre avkastning än fodersorten Palaton.

Markval har i forskningen visat sig ha stor betydelse för odlingsekonomin. Bra odlingsjordar som hittills varit synonymt med bra spannmålsjordar, dvs. lerjordar, är inte lämpade för rörflensodling då både avkastning och energitäthet är lägre. Det ekonomiska utbytet i rörflensodling kan per ha odling vara 35 % högre på mo/mjåla jordar än på lerjordar och än större ekonomisk skillnad erhålles då markerande kostnader inräknas i kalkylerna. Detta kommer att leda till att rörflensodlingen kommer att förskjutas mot sämre jordbruksmarker.

Odlingsekonomin gynnas av långliggande rörflensodlingar och kalkyler är ofta baserade på att vallen ligger i 10 år eller mer. Detta beror på att avkastningen de första åren är betydligt lägre än vid ökad vallålder och att avkastningen inte minskar med ökad vallålder. Den bättre odlingsekonomin kommer också av att anläggningskostnaden utslaget på en längre odlingstid minskar. En nackdel med detta är att rörflen passar in dåligt i normala växtföljder och att odlaren därigenom har svårare att anpassa sig till ändrade odlingsförutsättningar vad avser marknad och bidragsförändringar. Då avsättning för rörflen såväl inom energi som industrisektorn förutsätter att råvaran genomgår förädling i industri och att detta i sin tur förutsätter leveranssäkerhet är ytterligare en faktor att beakta för odlaren.

Ökad rörflensodling kan, vilket belyses i EU:s vitbok om energi [COM 2000/769], bidra till att minska belastningen på miljön från klimatpåverkande gaser men också genom ökad kolbindning i mark resultera i ökade kolsänkor. Rörflen liksom andra rhizomgräs kan också minska jorderosion och närsaltutsläpp i vattendrag [EU DG XII E3 2001]. Ett regelverk för nationella stöd för miljöskydd inom detta område har aviserats från Kommissionen [COM 2000/769].

Införandet av deponiskatt i Sverige har också bidragit till ökat intresse för rörflensodling hos många kommuner för att kunna återföra avloppsslam i kretsloppet. Om deponiskatten och deponihanteringsavgiften som idag utgår vid deponering (c:a 450 kr/ton) tillförs rörflensodlaren som ersättning så kan både odlingskostnader sänkas och en miljöersättning tillföras täckningsbidraget.

Rörflensodling har hittills begränsats av att marknadsefterfrågan för rörflen har saknats. Balar av rörflen som producerats är ingen marknadsprodukt.

I denna studie har ett antal förädlingslinjer för rörflen till energi och industriprodukter analyserats. Ett flertal av dessa är eller befinner sig nära en ekonomiskt lönsam marknadsintroduktion och har förutsättningar att ge lönsamhet i hela kedjan.

Bäst lönsamhet har kombinerad produktion av rörflen för massa och energi (multifunctional use) som studerats inom ramen för AIR3-CT94-2465 [EU DG XII E3 2001]. En begänsande faktor är den skala som ger bäst lönsamhet dvs. en årlig massaproduktion om 100 000 årston vilket kräver en tillgänglig rörflensareal om c:a 40 000 ha.

Innan de erforderliga investeringarna görs i befintlig massaindustri så måste lantbruket skala upp odlingen i väsentlig omfattning. Denna uppskalning måste ske successivt och under uppbyggnadsfasen med en annan marknad för den odlade rörflen. Den naturliga initiala marknaden som finns är inom energisektorn och förädling till briketter, pellets och pulver för energiproduktion där



bränslet ersätter olja. Ett stort marknadsutrymme för att konvertera bort olja ur energisystemet har identifierats inom denna studie inom segmentet närvärme där kraftigt ökade oljepriser har lett till ökat konverteringsintresse samtidigt som pelletsindustrin har mötts av råvarubrist från de traditionella leverantörerna dvs. träförädlingsindustrin..

Olika förädlingslinjer har olika stora volymkrav för att uppnå lönsam produktion. Dessa volymkrav kan sammanfattas enligt följande:

*Tabell 6.1. Volymkrav för lönsam produktion*

<b>Förädlingslinje</b>	<b>Råvarubehov rörflen (ha/enhet)</b>
Briketter	800-1 000
Pellets /Pulver	3 000
Kemisk kortfiber massa (sågspånskokare)	5 000
Spånplattor (MDF-skivor)	5 000-6 000
Kemisk massa /finpapper. Fullstor skala	40 000

En framkomlig väg för att uppnå massa-/pappersproduktion i full skala kan vara att stegvis etablera förädlingsanläggningar för rörflen. Ett första steg kan vara etablering av brikettfabrik (arealsbehov 1 000 ha) med avsättning till ”närvarmesegmentet”, dvs. konverterade oljepannor i segmentet 100-1 000 kW. Ett andra steg i detta kan vara utbyggnad av pelletslinje (3 000 ha) som i ett tredje steg kan kompletteras med fraktioneringsanläggning som medger produktion av halvfabrikat till massa/papper och samtidig produktion av pellets. För att nå ”fullstor skala” så att en massa linje kan byggas vid integrerat massa-/ pappersbruk krävs då att ett antal (10-15) pelletsfabriker/fraktioneringsanläggningar samverkar för att inte en ogynnsam energibalans och ekonomisituation skall uppträda.

## **7 FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSBEHOV**

Begränsade FoU insatser har hittills genomförts inom de senare leden i kedjan dvs. skörd, hantering och lagring som svarar för en stor del av produktionskostnaden. Insatser krävs också inom områdena ask- slamgödsling av odlingar. Insatser i dessa segment kräver att demonstrationsprojekt etableras och samverkar med forskningen.

Stora forskningsbehov föreligger också som framgår av rapporten inom området bränsleförädling där både briketteringsteknologi och pelletteringsteknologi behöver utvecklas liksom närvärmeteknik för askrikare pellets och briketter.

Goda förutsättningar för forskning inom dessa områden föreligger genom SLU:s satsning på BTC, Biobränsletekniskt Centrum i Umeå.

## REFERENSER

- Andersson, B. 1998. Bure Pellets AB, muntlig kommunikation.
- Blomqvist M, Kastberg K. 1994. Förädlade biobränslen – teknik och marknadsförutsättningar i Västerbottens län. Röbbäcksdalen meddelar rapport 3:1994.
- Burvall, J 1993. Tillverkning och proveldning av rörflenspulver- Ett fullskaleförsök. Röbbäcksdalen meddelar 9:1993
- Burvall, J & Segerud, K. 1993. Pulverbränsle från rörflen. Röbbäcksdalen meddelar 8: 1993
- Burvall, J et. al. 1994. Brikettering av rörflen-teknik och ekonomi. Röbbäcksdalen meddelar 10:1994
- Burvall, J & Hedman, B. 1994. Bränslekaraktärisering av rörflen- Resultat från första och andra års vallar. Röbbäcksdalen meddelar 5: 1994
- Burvall, J. et. al 1997. Ståndortens inverkan på bränsle kvaliteten hos stråbränslen. Vattenfall Utveckling Projekt Bioenergi 1997 / 9.
- Burvall J. 1999. Pellets kalkyl. Opublicerad.
- COM 2000/769 2000. Commission of the European Communities. Green Paper-Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply. Brussels 2000-11-29
- Chartier, P et.al. 1996. The Self-propelled briquetting Machine for Biofuels – Features and Chances of the ”Haimer-Biotruck 2000” 9<sup>th</sup> European Bioenergy Conference in Copenhagen.
- Driftdata BTC 2001-04-12
- EU DG XII E3 2001. Renewable Energy and Sustainable Agriculture. The Impact of Perennial Grass Research Bioenergy Workshop Report: Brussels 20 th October 2000
- Dalen, H. Daproma System Ab, Karlstad. Personlig kommunikation 1998
- Finell, M. Rörflen som fiberråvara. 10:e regionala lantbrukskonf. för norra Sverige, 2000.
- Gylling, M 1995. The whole crop biorefinery project. Main report 1995. The Bioraf Denmark Foundation
- Gylling M. 1999. Bioraf .Bornholm, Danmark, Muntlig kommunikation.
- Hadders, G.& Jonsson, C 1997. Vårskördad rörflen i träpellets. JTI Internrapport 1997
- Jonsson, C. 1995. Anteckningar från prov med brikettering av rörflen. Intern rapport JTI 1995
- Kindlund, P. & Svensby, B 1998. Skatte- och deklarationsboken 98. LT:s förlag .Stockholm
- Kyritsis, S. 2001. Restoring of phased out peat soil farmlands for bioenergy recycling in rural district areas in Northern Sweden. Conference proceedings, 1<sup>st</sup> World Conference on Biomass for Energy and Industry. Sevilla Spain 5-9 June 2000.
- Länsstyrelsen i Östergötland 1997. Bidragskalkyler 1997. Linköping
- Larsson, E. 1995. Potential för förädlade biobränslen i Norrbotten. ETC rapport 9504. Piteå.
- Länsstyrelsen i Östergötland 1997. Maskinkalkyler 1997. Linköping
- Nilsson, C. 2001. Utvärdering av skruvpress för småskalig brikettering av rörflen. BTK-rapport 2001:2, SLU Röbbäcksdalen.
- Olsson, R 1994 Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea*). Development of a new crop production system for combined processing to chemical pulp and biofuel powder. Ansökan till AIR programmet 1994.
- Olsson, R 2001. Opublicerad slutrapport, Reed Canary Grass, AIR-CT94-2465
- Olsson R. et. al. 2001. Sameldning av biobränslen med källsorterade avfallsfraktioner. BTK-rapport 2001:1, SLU Röbbäcksdalen.
- Olsson, R. 2000. Test med rörflen och RDF i ETS pelletspress. Muntlig kommunikation.

- Paavilainen, L. et. al. Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa. Toteutettavuusselvitys Jaakko Pöyry Oy, 1996
- Paavilainen, L et al. Reed canary grass pulp produced on mill scale. Tappi pulping conf. 1999.
- Petrokraft, 1998. Muntlig kommunikation.
- Pettersson, M 1999 .Briquetting of Biomass: A compilation of techniques and machinery. SLU Skogsteknologi. Studentuppsatser nr 22 1999.
- Statens Anläggningsprovningens pannregister. 1994.
- Rosenqvist,H. 1997. Salixodling - Kalkylmetoder och lönsamhet. Acta Universitatis Agriculturae Sueciace. No. 24. 1997 Uppsala
- SCB 1996. Lantbruksregistret. Örebro.
- Sellbergs, 1994. Förädlingsanläggning för avfall RDF. Lilla Kovik. Stockholm, Muntlig kommunikation.
- Segerud, K & Stridsberg, S. 1996. Pulvereldning kol/rörflen/mald bränslekärna. Värmeforsk rapport nr 566.
- Segerud, K 1993. Rörflenspulver i stora värmeverk. Stiftelsen Lantbruksforskning.
- Stridsberg, S. 1996. Ekonomiska bränslenischer för rörflen. Kartläggning av lämpliga användningsområden med tillräcklig betalförmåga. SLF Rapport 19, 1996. Stiftelsen Lantbruksforskning
- Tossi, E. 2000. ETS pelleting System. Florence, Italien. Muntlig kommunikation.
- Tulppala Jorma, Jaakko Pöyry Oy. Personlig kommunikation 1998
- Widell L. 1994. Förstudie av pelletsfabrik i Vallvik. Statens Energiverk

## **Tidigare rapporter i serien BTK-rapport:**

- 2001:1**      *Sameldning av biobränslen med källsorterade avfallsfraktioner.  
Rolf Olsson, Stellan Marklund, Calle Nilsson, Jan Burvall, Björn Hedman.*
- 2001:2**      *Utvärdering av skruvpress för småskalig brikettering av rörflen.  
Calle Nilsson, Jan Burvall, Håkan Öhrberg, Gunnar Kalén*
- 2001:3**      *Process control in bio-fuel production  
NIR on-line measurement of humidity in raw material  
during briquette production  
Karin Höjer*