

# Samförbränning av torv och biobränslen - askrelaterade systemfördelar

ER 2006 33

Böcker och rapporter utgivna av Statens  
energimyndighet kan beställas från  
Energimyndighetens förlag.  
Orderfax: 016-544 22 59  
e-post: publikationsservice@energimyndigheten.se

© Statens energimyndighet  
Upplaga: 70 ex

ER 2006 33

ISSN 1403-1892

# Samförbränning av torv och biobränslen - askrelaterade systemfördelar

Författare

Jan Burvall

Marcus Öhman




## Förord

Torv som bränsle har under senare år diskuterats utifrån aspekter som förnybarhet och klimatpåverkan. Torvens samlade klimatpåverkan är komplex och avgörs av hur torvutvinningen påverkar flödena av koldioxid och metan från de myrar där torven hämtas, samt av hur mycket koldioxid som kan tas upp av nya ekosystem som bildas på utbrutna myrar. Hit hör också frågan om hur kombinationer med torv kan bidra till effektivare användning av trädbränslen.

Torvbränslen används ofta i kombination med trädbränslen i värme- och kraftvärmeverk. Den kombinationen har visat sig ge förbränningstekniska fördelar. Denna rapport beskriver synergieffekter vid sameldning av torv och biobränslen, fokuserat på askans egenskaper, och vilka effekter som kan uppnås för effektiviteten i hela bioenergisystemet.

Rapporten vänder sig till beslutsfattare och yrkesverksamma personer inom miljö-, klimat- och energiområdet, samt till en intresserad allmänhet. Den har författats av Jan Burvall, SLU och Marcus Öhman, Umeå universitet. Den kan laddas ned och beställas i tryckt form från [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se).



Birgitta Palmberger  
Energimyndigheten



## **Innehåll**

<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>9</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>11</b>
<b>1 BAKGRUND</b>	<b>13</b>
1.1 Inledning .....	13
1.2 Målsättning .....	13
<b>2 MATERIAL OCH METODER</b>	<b>15</b>
<b>3 ALLMÄN TEORI</b>	<b>17</b>
3.1 Teknisk beskrivning av förbränningsanläggningar .....	17
3.2 Bränslekaraktärisering - askbildande element .....	21
3.3 Bäddagglomerering.....	23
3.4 Korrosion .....	26
3.5 Tillgänglighet i anläggningar.....	28
<b>4 RESULTAT OCH DISKUSSION</b>	<b>31</b>
4.1 Intervjuer från anläggningar .....	31
4.2 Systemanalys .....	33
<b>5 SLUTSATS OCH DISKUSSION</b>	<b>39</b>
<b>REFERENSER</b>	<b>41</b>
<b>Bilaga 1</b>	<b>43</b>
Kartläggning av förbränningsanläggningar .....	43
<b>Bilaga 2</b>	<b>47</b>
Följande anläggningar har intervjuats i undersökningen: .....	47





# SAMMANFATTNING

Torv som bränsle har under senare år ifrågasatts med anledning av aspekter som förnybarhet och klimatfrågan. En utredning som ser över torvens framtida förutsättningar som bränsle presenteras under hösten 2002. Torvbränslen används ofta i kombination med trädbränslen i värme- och kraftvärmeverk bl.a. av förbränningstekniska skäl. Projektet har syftat till att undersöka eventuella synergieffekter vid sameldning av torv och biobränslen, fokuserat på askans egenskaper, och vilka effekter som kan uppnås för effektiviteten i hela bioenergisystemet.

Torvens positiva effekter vid sameldning minimerar askrelaterade driftsproblem, vilket är särskilt uttalat i värme- och kraftvärmeverk som bygger på fluidbäddteknik. Denna eldnings teknik dominerar också vid byggande av nya större anläggningar bl.a. genom den stora bränsleflexibiliteten. I fluidiserande pannor innebär sameldning av torv och trädbränslen minimal risk för bäddhaveri som annars förekommer i olika omfattning vid förbränning av biobränslen. Skillnader i bäddsintring mellan olika bränslen och bränsleblandningar kan ofta ses redan efter en vecka.

Sameldning tillämpas idag i omkring hälften av alla fluidbäddpannor. Den minimala risken för driftsstopp kan årligen värderas till storleksordningen 20-30 miljoner SEK eller närmare 100 GWh i dessa anläggningar genom att merkostnader för dyrare energislag som olja, el eller gas inte uppstår. Potentialen för att samelda i de återstående biobränsleeldade anläggningarna ger ungefär motsvarande siffror.

Ungefär hälften av de biobränsleeldade kraftvärmeverken i Sverige rapporterar mer eller mindre omfattande korrosionsproblem i överhettarna som ger oacceptabelt kort livslängd. Problemen finns främst i Syd och Mellan Sverige, vilket delvis kan vara bränslerelaterat (t.ex. högre andel GROT och returträ i bränslemixen). Driftserfarenheter och forskning visar att sameldning av trädbränslen med torv och även kol väsentligt förlänger livslängden hos överhettarna vid maximala ångdata (elproduktionsutnyttjande). Torv bör emellertid betraktas som ett bättre sameldningsbränsle än kol ur klimatsynpunkt och vid askåterföring.

Den årliga kostnadsreduktionen för korrosion sett över de anläggningar som rapporterar korrosionsproblem med trädbränslen kan uppgå till tiotalet miljoner SEK om sameldning skulle tillämpas vid maximala ångdata. Genom sameldning med torv och trädbränslen kan anläggningens maximala ångdata utnyttjas med acceptabel korrosionshastighet hos överhettarna. Det kan öka elverkningsgraden med omkring 2 % enheter, eller ca 6-8 % högre elproduktion, jämfört med ren biobränsleeldning. Intervjuer av anläggningsägare har dock inte kunnat ge information om korrosion och beläggningsproblem i konvektionsdelar och på roster. För detta krävs systematiskt upplagda långtidsförsök för att relatera dessa problem till olika bränslen och bränsleblandningar.

Hittills visar resultaten att de positiva effekterna vid sameldning kräver en inblandning på ca 5 – 30 % på basis av askinnehållet eller ca 3 – 60 % på basis av energiinnehållet. Vanligen behövs ca 10 – 30 % på basis av energiinnehållet. Variationerna beror på det aktuella träbränslet och torvens askbildande ämnen. Även additiv t.ex. svavel i förbränning har positiv effekt för minskade beläggnings- och korrosionsproblem. Torven innehåller svavel och eventuellt lermaterialer som ytterligare säkerställer den effekten.

Sameldning biobränslen/torv i fluidbäddpannor har förutsättningar att öka i Sverige bl.a. genom att torv prismässigt är konkurrenskraftigt med biobränslen. Detta innebär en ökad torvanvändning men behöver inte resultera i att biobränslen trängs undan, särskilt i regioner där det råder brist på biobränslen och där fossila bränslen och el måste användas. På längre sikt bedöms användningen av biobränslen öka från idag ca 95 TWh till 150 TWh. Sameldning med torv kan ge förutsättning för storskalig introduktion av halm och energigrödor (främst i CFB/BFB och pulverpannor), då dessa biobränslen har speciellt "besvärliga" askegenskaper, vilket är en av anledningarna till varför de används i begränsad omfattning i dagsläget.

Ytterligare forskning är dock nödvändig för att både bättre förklara mekanismerna i torvförbränningens kemi och torvens ursprung (torvbildade växter, inlagringar av mineraler mm). Sameldning av torv med stråbränslen (halm) och åkerenerigrödor (t.ex. salix) är särskilt intressanta att undersöka, vilka inblandningsförhållanden som krävs, genom att de ofta förknippas med allvarliga askrelaterade driftsproblem.

# SUMMARY

In Sweden peat fuel has been questioned due to the greenhouse effect and peat's definition as a renewable energy source or not. An investigation, which will be presented in the October 2002, will look over the future aspects for peat fuels in Sweden.

In heat and power plants peat fuels are, for combustion technical reasons, often co-combusted in fuel blends together with wood fuels. The aim of the present work has therefore been to investigate the possible interacting effects that co-combustion of peat and biofuels has on the whole bioenergy system with focus on the ash properties.

Ash related problems in heat and power plants, especially in fluidised bed combustion (FB), can be minimised by co-combustion of peat and wood fuels. The fuel flexibility is one of the reasons why FB is the most common technology when new boilers are built for heat and power production. When biofuels are burned in FB-boilers total defluidisation has been relatively frequently reported. Co-combustion of peat and biofuels minimise the risk for total defluidisation, which result in an unscheduled plant shut down. For FB-boilers, problems related to the ash properties in the fuel or fuel blends are often observed within a week.

Today, co-combustion of peat and biofuels are used in practise for approximately 50 % of all FB-boilers in Sweden. For these plants, the low risk for total defluidisation (translated to economical figures) could be evaluated to 20-30 million SEK or 100 GWh annually. That's because no additional costs will occur for more expensive energy sources such as oil, gas, and electricity. Co-combustion still has a potential to introduce for the residual fluidise bed plants in Sweden, which will give approximately the same economical figures as given above.

Corrosion problems, which result in unacceptable short lifetime of the super heater tube surfaces, have been reported from approximately 50 % of the biofuel supplied power plants in Sweden. These problems are more frequent in the middle and southern parts of Sweden. The reasons for these problems may be related to that higher use of forests residues and recovered-wood materials containing higher contents of chlorine and alkali. The experience from the owners of the power plants and results from research have shown that co-combustion of wood fuels and peat and wood fuels and coal will results in a considerable lifetime increase of the super heaters, at maximum steam power conditions. From climate and ash recycling point of view, peat should be regarded as more acceptable than coal in co-combustion with biofuels. Tens of million SEK annually can be saved by applying co-combustion of peat and biofuels for those plants having reported corrosion problems in super heaters when using wood fuels at maximum steam power conditions. By co-combustion of peat and biofuels the maximum steam

power conditions of the plant can be utilised with acceptable corrosion speed on the super heater tube surfaces. This increases the electricity production efficiency by approximately 2 % compared to “pure” wood fuels. The records about the owners of the plants have not given any information from corrosion or deposits on heat exchanger surfaces in grate fired boilers. For research on the corrosion- and deposit problems related to the fuel or fuel blends systematic designed long-term trials for grate fire combustion technology are needed.

These positive effects will be achieved by adding 5 – 30 % peat (on basis of the ash content) to wood fuels depending on the chemical composition of minerals in the biofuel and peat fuel. Additive to biofuels such as pure sulphur could also have positive effects on deposit- and corrosion problems. However, peat contains sulphur and maybe also clay minerals, which will give an additional, secured positive effect.

Peat fuels are competitive to biofuels and co-combustion of peat and biofuels have a potential to increase in Sweden. Fossil fuels are used for heat production in some regions in Sweden due to the lack of biofuels. Therefore an increased use of peat fuel does not necessarily mean that biofuels are pushed aside. In the long-term biofuels will increase from 95 TWh today to 150 TWh. Co-combustion of peat and biofuels may give opportunities for large scale introduction of straw and energy crops since these fuels have especially difficult ash related problems in heating- and steam boilers, which is one of the reasons why these fuels occur rarely on the market.

However, more research is needed to better explain all the potential mechanisms that could be responsible for the prevention of different ash related problems depending on the origin of the peat (peat characteristics and contaminating minerals). Since energy crops (e.g. Salix) and straw may cause ash related problems in heating and power plants these fuels are especially interesting in further research (e.g. blending ratio) regarding co-combustion with peat.

# 1 BAKGRUND

## 1.1 Inledning

Vid biobränsleeldade anläggningar är det i huvudsak problem relaterade till bränsleinmatning samt askegenskaper som är huvudorsakerna till driftstörningar och driftsstopp. En mindre andel av driftstoppen beror på styr- och reglerfunktioner. Baddagglomering/sintring är speciellt problematiskt vid fluidbäddeldning. Detta försämrar värmeöverföring och fluidiseringsegenskaper i bädden, vilket försämrar kontrollen över viktiga styrparametrar för miljö- och verkningsgrad hos pannan. I värsta fall kan bädden haverera och bortfallet av värme/kraftvärmeproduktion måste då ersättas med t.ex. olja, el eller gas.

Torv har i större omfattning använts i fjärrvärmeproduktion sedan början av 80-talet. Torv används flitigt i många förbränningsanläggningar av flera skäl bl.a. pris, tillgång och förbränningstekniska aspekter. Produktionen av energitorv i Sverige har varit relativt konstant, omkring 3 TWh årligen, under de senaste tio åren. Den största andelen torv kommer från svenska leverantörer men en viss import förekommer från Baltikum i form av briketter och stycketorv från Finland. Ett relativt stort antal värme- och kraftvärmeverk i Sverige sameldar idag torv och biobränslen. Driftserfarenheter tyder på att problem med slagging/fouling i eldstad och konvektionsdelar minskar vid sameldning. Driftserfarenheter indikerar även minskade problem med beläggningar och korrosion i kraftvärmeverkens överhettardelar.

Torv som bränsle har under senare år ifrågasatts med anledning av aspekter som förnybarhet och klimatfrågan. En utredning som ser över torvens framtida förutsättningar som bränsle presenteras under hösten 2002. Marknaden för biobränslen har bara under senaste året ökat mycket kraftigt och många bränsleleverantörer har svårt att klara efterfrågan. I flera regioner förekommer brist på biobränslen. Sverige har stora torvtillgångar och potential att utöka användningen. Bortsett från diskussionerna kring klimatfrågan kan torv som sameldningsbränsle (additiv) vara motiverad i ett mera långsiktigt perspektiv om detta skulle innebära fördelar ur tillgänglighets- och ekonomisk synpunkt i hela bioenergisystemet.

## 1.2 Målsättning

Föreliggande systemstudie avser att sammanställa och utvärdera resultat från forskning och praktiska erfarenheter från anläggningsägare vid sameldning av torv och biobränslen med avseende på askegenskaper och korrosion i eldstad, överhettare och konvektionsytor. Undersökningen syftar främst till att klargöra eventuella synergieffekter från sameldning för det aktuella pannbeståndet och biobränslesystemet i Sverige.

Följande frågeställningar skall belysas:

- Kan inblandning av torv öka biobränsleanvändningen genom ökad tillgänglighet och verkningsgrad
- Vilken ekonomisk betydelse har torvinblandning för livslängden hos vitala delar i anläggningen t.ex. konvektionsdelar, rökgaskondensering och överhettare.
- Vilka blandningsproportioner krävs för att uppnå önskad effekt i olika förbränningstekniker och det befintliga pannbeståndet.

Utifrån detta görs en systemanalys som belyser frågeställningar kring tillgänglighet, verkningsgrad och livslängd i aktuellt pannbestånd och vilka effekter som kan uppnås för effektiviteten i hela bioenergisystemet.

Eventuella mätbara synergieffekter vid sameldning kan ligga till grund som en del i bedömningen av torvens status som fastbränsle.

## 2 MATERIAL OCH METODER

Undersökningen är baserad dels på litteraturundersökningar dels genom intervjuer av ett antal anläggningar som får representera pannbeståndet i Sverige (bilaga 2.).

Aktuell statistik från fjärrvärmeföreningen (Fjärrvärmeföreningen, statistik 2000) har utgjort grunden för det fastbränsleeldade anläggningsbeståndet i Sverige. Informationen har även kompletteras genom sökningar på internet sökord; värmeverk, energiverk, torv, sameldning, peat, co-combustion.

Vidare har kontakter med forskare i Finland bidragit med kunskap genom forsknings- och driftserfarenheter från sameldning av torv och trädbränslen.





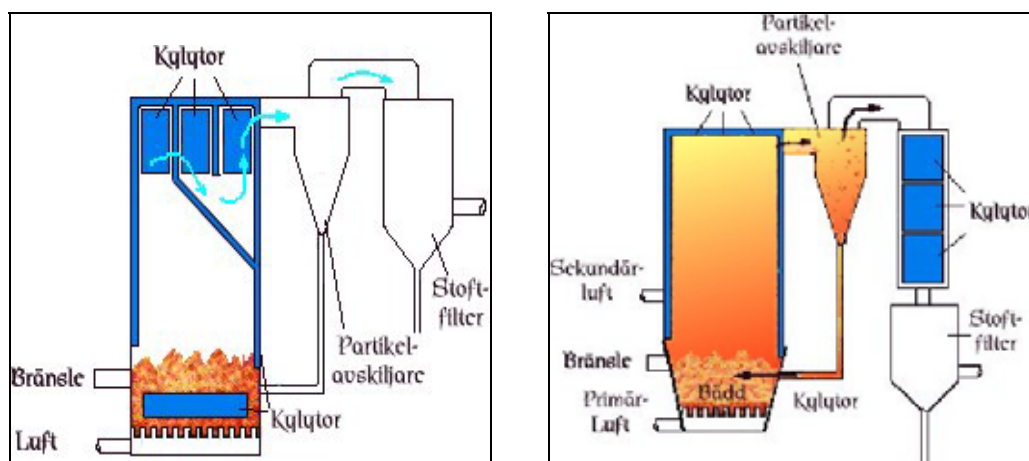
## 3 ALLMÄN TEORI

### 3.1 Teknisk beskrivning av förbränningsanläggningar

De vanligast förekommande förbränningsanläggningarna i Sverige är rosterpannor och fluidiserade bäddar. Under senare år har även pulvereldningen ökat genom konverteringar av olje- och kolpannor. De nedan beskrivna teknikerna kan vara hetvatten- eller kraftvärmepanna.

#### 3.1.1 Fluidiserade bäddar

En stationär och en cirkulerande fluidiserad bädd återfinns i Figur 1. En fluidiserad bädd bygger på principen att partiklar sätts i rörelse m.h.a. av en luftström. Luften blåses in genom bädden underifrån och en kraftig omrörning av bränsle och bäddmaterial skapas. Partikelbädden består av sand, bränsle, aska och i vissa fall kalk. Bädden vilar på en platta som är utformad så att luft kan strömma upp genom bädden.

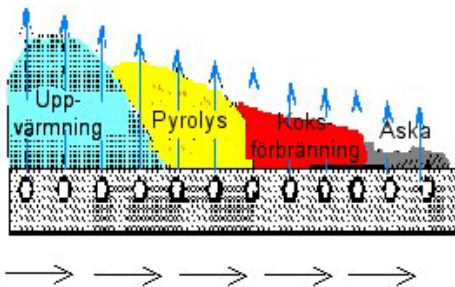


Figur 1 Stationär fluidiserad bädd (BFB) t.v, cirkulerande fluidiserad bädd (CFB) t.h.

En fluidiserad bädd lämpar sig väl för förbränning av fasta bränslen, bl.a. genom den stora bränsleflexibiliteten. Tack vare den stora värmekapaciteten i bäddmaterialet störs förbränningen inte av variationer i bränslets egenskaper på samma sätt som i andra typer av förbränningsanläggningar. Lagringen av värme i bäddmaterialet gör att förbränningen kan ske vid relativt låg temperatur, ca. 850°C vilket gör att bildningen av NO<sub>x</sub> kan hållas låg. Temperaturen måste dock regleras så att den hålls mellan 800-900°C. Om temperaturen sjunker under 800°C ökar utsläppen av bl.a. oförbrända kolväten, om däremot bäddtemperaturen stiger kraftigt kan bädden sintra ihop (Steinvall, Johansson & Svensson, 2002). Normalt byts sanden kontinuerligt så att sintrade klumpar och grovt material kan avlägsnas.

En omfattande bäddsintring medför att fluidiseringen upphör och att pannan måste tas ur drift. Beläggningar kan uppstå i eldstaden på murverk och på konvektionsytor.

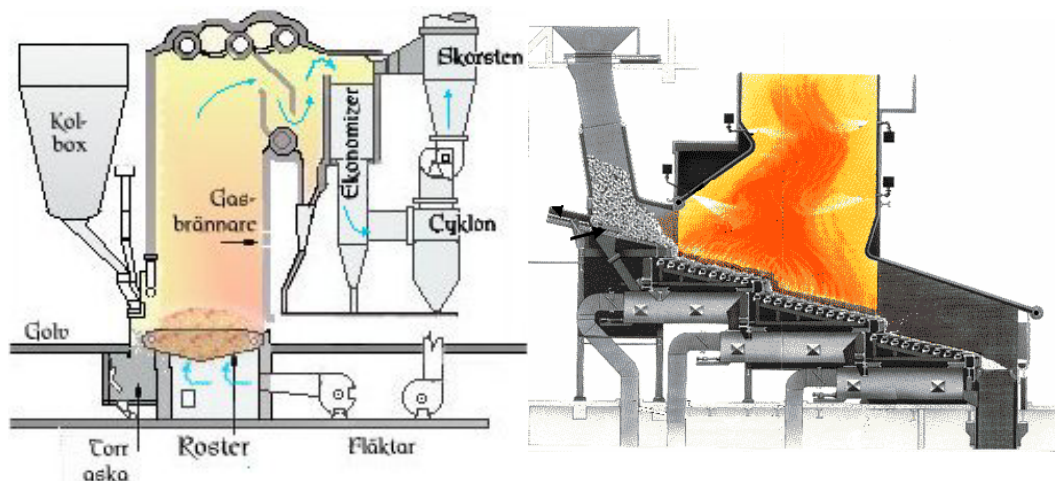
### 3.1.2 Rosteranläggningar



Figur 2 Bränslets vandring på ett roster. Y-led anger bäddtjocklek.

I en rosteranläggning rör sig bränslet sakta genom eldstaden. Ofta placeras flera skilda luftintag under rosten. I den första zonen av anläggning sker torkning, i den andra i huvudsak pyrolys och i den tredje koksförbränning, se figur 2. De olika zonernas längd och luftbehov anpassas till bränslet (Zethraeus; Schuster & Lundborg, 2000)

En roster är relativt känslig för variationer i bränslets egenskaper. Temperatur och syrevariationer är större än i en fluidiserad bädd. Två typer av rosterpannor återfinns i Figur 3



Figur 3 T.v. rosterpanna med vandrande rost, t.h. Trapprost

Om ex. ett fuktigare bränsle matas in, åtgår en större mängd energi till vattnets ångbildning, temperaturen sjunker. Om bädden blir för tät tar luften inte vägen genom det täta partiet med syreunderskott, i denna del, som följd. Om lasten ökas

ex. genom energirikare bränsle, ändras syrebehovet för att uppnå fullständig förbränning vilket kan medföra att luftunderskott uppstår.

Om koksförbränningen är långsam måste rostern utformas så att uppehållstiden blir tillräckligt lång för att bränslet ska brinna ut. Rosterpannan måste ha avancerade styr- och regler-system för att driften ska hållas så effektiv som möjligt samtidigt som utsläppsnivåerna ska kunna hållas på acceptabla nivåer. Slagning kan uppstå på rostern men kan vanligen bemästras genom återföring av rökgaser till förbränningsluften. Beläggningar kan uppstå i eldstaden och på konvektionsytor.

### 3.1.3 Pulveranläggningar



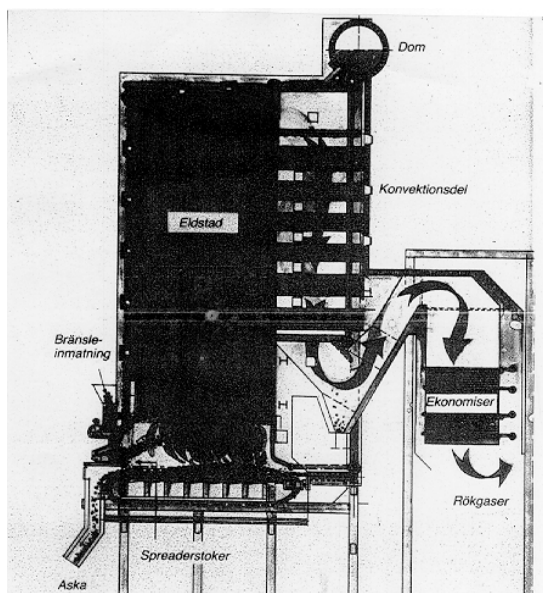
**Figur 4 Pulverbrännare. Försöksbrännare 150 kW. Foto: Susanne Paulrud**

Pulver eldas i brännare på liknade sätt som kol och olja. Pulvret matas in i brännaren tillsammans med luft och brinner i en fribrinnande flamma.

En betydande fördel med pulvereldning är att kolpulver och större oljepannor relativt kostnadseffektivt kan konverteras till biobränslepulver. Under senare år har tekniken att mala pellets till pulver straxt innan brännaren blivit allt vanligare, genom pellets överlägsna lagrings- och hanteringsegenskaper.

För biobränslen sker pulvereldningen vanligast i större pannor anläggningar från 10 MW – 100 MW.

### 3.1.4 Spreaderstoker



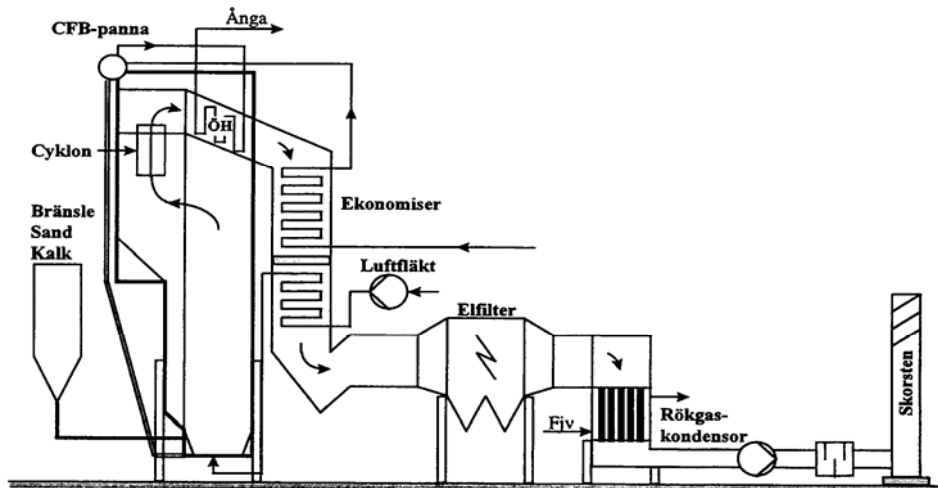
Figur 5 Spreaderstoker

Bränslet sprids ut kontinuerligt på en vandraste rooster. Spreaderstokers används vanligen vid koleldning men är även tillämplig för bio-bränslen med relativt låga fukthalter.

### 3.1.5 Kraftvärmeanläggning

Kraftvärme (kombinerad värme- och elproduktion) kan tillämpas med samtliga eldningsstekniker som beskrivits (Avsnitt 3.1.1 – 3.1.4.). I Sverige är kraftvärmeproduktion med fluidbäddteknik vanligast förekommande men även vid stora pulver- (t.ex. Hässelbyverket) och rosteranläggningar (t.ex. Hudiksvall) tillämpas kraftvärmetekniken.

Överhettarna i en förbränningsanläggning med elproduktion har till uppgift att producera ånga under högt tryck ofta över 100 bar och temperaturer på 450-550°C för att sedan ledas genom turbiner kopplade till elgeneratorer. Med ökat tryck och temperatur erhålls en högre elverkningsgrad (Steinwall, Johansson & Svensson, 2002). Överhettartuberna, "ÖH" i Figur 6, (Steinwall, et al. 1999) är placerade direkt efter själva slutförbränningen av bränslet. Därmed har de en utsatt position med höga temperaturer omväxlande oxiderande och reducerande förhållanden som tillsammans med beläggningar kan orsaka korrosionsangrepp i detta fall s.k. *Högtemperaturkorrosion* (Henderson, et al. 2000).



Figur 6 Bibränsleeldad Fluidbäddpanna med ångproduktion

### 3.2 Bränslekaraktärisering - askbildande element

Det som allmänt skiljer bibränslen från fossila bränslen, vad gäller aska, är främst hur de oorganiska askbildande elementen förekommer i bränslet. I fossila bränslen återfinns de askbildande elementen framförallt i olika mineraler. I bibränslen är de askbildande huvudelementen i bränslet, d v s Ca, Si, K, Mg, Al, P, Fe, Na och Mn däremot tillgängliga i mer reaktiva former, organiskt-, jonbundna eller i oxidform. Det medför att dessa reagerar lättare med varandra än de element som återfinns i mineraler. När bibränslen förbränns kan man därför räkna med att huvuddelen av det oorganiska materialet deltar i reaktioner. En annan viktig skillnad mellan kol och bibränslen är innehållet av framförallt kalium, kalcium, fosfor och ibland klor, oftast är högre i bibränslen än i kol. Asksammansättningen såväl som askhalten visar dock extremt stor spridning mellan olika bibränslen. Askhalten i sig beskriver dock ej hur besvärligt bränslet är att elda med hänsyn taget till askrelaterade problem utan säger mer om hur mycket aska man fysiskt måste designa anläggningen för att ta emot t.ex. askutmatningar, stofffilter mm.

Många bibränslen innehåller höga halter av alkali framförallt kalium t.ex. energiskog, sommarskördade energigrödor, jordbruksavfall (olivmaterial, palmnötskärnor, risskal mm) halm och hyggesrester särskilt med hög andel barr. Detta gör att dessa typer av bränslen kan orsaka driftsproblem pga exempelvis bäddagglomering i fluidbäddar, beläggingsbildning på panntuber belägna i överhettare och/eller övriga konvektionsdelar. Förenklat kan man säga att dessa ämnen bildar föreningar med låga smältpunkter och när dessa föreningar börjar smälta blir de klibbiga och börjar fastna på problemställena. Beläggningarna kan sedan också ge upphov till korrosionsproblem.

Torv är med avseende på innehåll av askbildande element ett mellanting mellan bibränsle och kol (Nordin, 1994). En betydande och varierande del av de askbildande elementen är bundna till olika mineral som hamnat i torven från den geologiska omgivningen, genom antingen vatten- eller lufttransport under framförallt

bildningsprocessen (Raymond, Bish & Cohen, 1988). Förekomsten av lermineraler och vissa fall svavel har visat sig vara värdefull för uppbindningen av de besvärliga alkalimetallerna och därför kan sameldning med torv reducera uppkomsten av askrelaterade driftsproblem vid förbränning (se vidare kap 4.1). Ask-sammansättningen hos torv kan dock variera relativt kraftigt. Tabell 1, nedan, visar på skillnader i huvudelement och askbildande element hos olika bibränslen och för de vanliga huvudtyperna av torv. Den naturliga askhalten (ej föroreningsaska) hos trädbränslen kan variera mellan 0.3 % i stamved till ca 3 % i bark och ca 2 % i grenar.

**Tabell 1 Typiska bränsledata\*** för de vanliga huvudtyperna av torv jämfört med olika trädbränslen.

Parameter	Enhet	Vitmoss-torv	Starr-torv	70 %Flis 30 % bark	Bark	GROT
Kal.värmevärde	MJ/kg ts	21.8	22.3	20.6	20.4	20.8
Aska	% ts	1.6	4.1	1.2	3.1	2.8
Kol	% ts	55.3	55.6	51.7	52.6	52.0
Väte	% ts	5.8	5.8	6.0	5.7	5.7
Kväve	% ts	1.1	2.1	0.17	0.34	0.6
Svavel	% ts	0.21	0.29	0.02	0.04	0.05
Klor	% ts	0.05	0.03	0.01	0.03	0.03
Kalium	% ts	0.02	0.01	0.1	0.16	0.21
Kalcium	% ts	0.12	1.0	0.35	0.79	0.54
Magnesium	% ts	0.11	0.08	0.03	0.06	0.07
Natrium	% ts	0.02	0.01	0.004	0.015	0.02
Mangan	% ts	0.001	0.004	0.02	0.04	0.05
fosfor	% ts	0.02	0.05	0.02	0.04	0.07
Kisel	% ts	0.28	0.33	0.02	0.24	0.31
Järn	% ts	0.13	0.4	0.007	0.035	0.04
Aluminium	% ts	0.1	0.09	0.03	0.06	0.06

\*) Källa: SLU (Samuelsson, Burvall & Igsell, 1988)

### 3.2.1 Jämförelse torv och bibränslen – Värmevärden

**Tabell 2 Typiska värmevärden hos träd- och torvbränslen. Torrsubstans förkortas ts. Förkortningen lev. avser vid leveranstillstånd (As received).**

Bränsle	Kal. Värmev. MJ/kg ts	Eff. värmev. MJ/kg ts	Eff. Värmev lev. MJ/kg	Eff. Värmev. MWh/m3	Eff. Värmev. MWh/ton	Fukt- halt %
GROT/Flis	20.5	19.2	9.5	0.9	2.6	45
Bark	20.5	19.2	9.5	0.9	2.6	45
Torrflis	20.3	19.0	15.0	1.4	4.2	18
Stycketorv	22.7	21.5	12.0	1.2	3.3	40
Frästorv	22.7	21.5	9.5	0.9	2.6	50

Det är framförallt stycketorven som är "krutet" i pannan och kan användas för att ta ut maximal effekt från pannan under kalla vinterdagar, i synnerhet om problem med för fuktiga bibränslen föreligger. Stycketorven har i normalfallet ca 25 %

högre värmevärde per m<sup>3</sup> jämfört med t.ex. GROT flis. Även den s.k. torrflisen har ett högt energiinnehåll och är ett eftertraktat bränsle. Man brukar försöka så gott det går att "skraddarsy" kvaliteten på torv (fukthalten/värmevärden) efter användarnas krav. Ca 40 % fukthalt är vanligt för stycketorv. Om frästorven blir för torr så ökar dammproblem vid anläggningarna och brandrisker vid produktion, så man brukar hålla den 45 - 50 % fukthalt. För torr frästorv kan också brinna för högt i pannan och orsaka för höga kväveoxidemissioner.

### 3.3 Bäddagglomerering

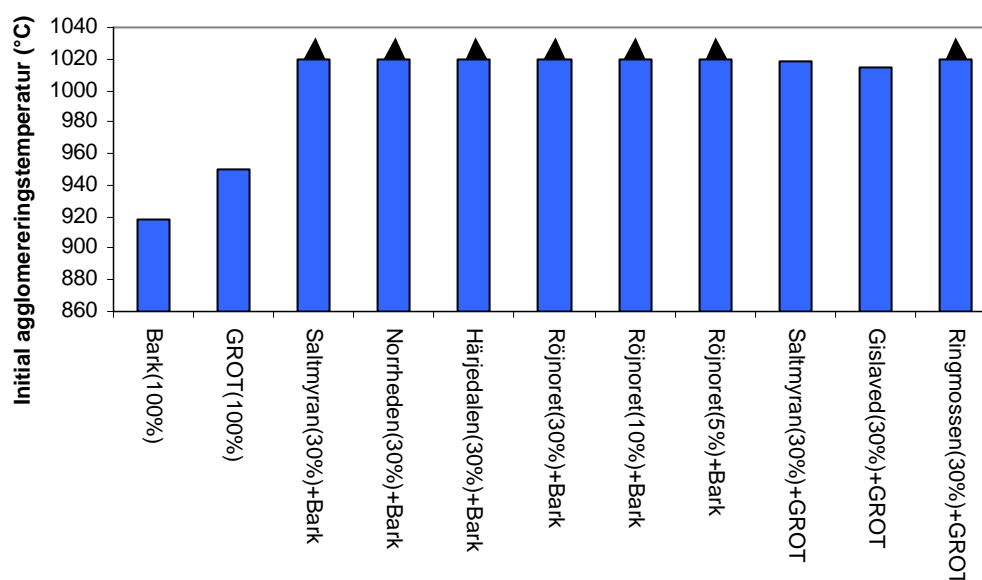
Askrelaterade driftsproblem tillhör de allvarligaste störningarna som förekommer vid biobränsleeldning. Asksintring (bäddagglomerering) är speciellt problematisk vid fluidbäddeldning. Detta försämrar värmeöverföring och fluidiserings-egenskaper i bädden som leder till försämrad kontroll över viktiga styrparametrar både ur miljö- och verkningsgradssynpunkt. I värsta fall uppstår svåra oplanerade driftsstop pga. total defluidisering av bädd och/eller total igensättning i cirkulerade fluidbäddsanläggningars returventiler. För att motverka uppkomsten av bäddagglomerering byts därför bäddmaterialet ofta ut kontinuerligt under drift och bäddomsättningen kan i vissa fall uppgå till betydande (50 viktsprocent/dygn) och kostsamma mängder.

Bäddagglomereringsproblem har visat sig förekomma bl.a. i skogsbränsleeldade fluidbäddar. I en undersökning (Skifvars, et al. 2000) visade det sig att alla av de deltagande verken hade något eller några oplanerade driftsstopp varje eldnings-säsong pga. ovanstående problem. Orsaken till problemen är oftast beläggningstillväxt av lågsmältande föreningar på bäddkornen som vid förhöjda processtemperaturer binder till varandra och bildar agglomerat (Zevenhoven, 2001 ; Öhman, 1999). Beläggningarnas tillväxthastighet hos skogsbränsleeldade anläggningar har visat sig vara några µm/dygn och beroende på vilken bäddomsättning som råder i anläggningarna kan beläggningstjocklecken uppgå från ca 10 µm till några tiotals µm (Öhman, et al. 2001). Beläggningarna består i dessa skogsbränsleeldade anläggningar framförallt av silikater med i huvudsak elementen Ca, Mg, K och Al (Öhman, et al. 2001). I allmänhet ger en förhöjning av halten K i beläggningen en ökning av dess "klibbighet" vid lägre temperaturer d v s en ökad bäddagglomereringstendens (Öhman & Nordin, 2000).

Tidigare arbeten har visat att många av de biobränslen som används, bl.a. många skogsbränslemixar, har kritiska agglomereringstemperaturer vid ungefär samma temperaturer som de som råder i typiska fluidbäddsanläggningar (Skifvars, et al. 2000; Öhman, 1999). Detta medför att det sannolikt finns en risk för agglomerering och defluidisering under förutsättning att en tillräckligt tjock beläggning på sandkornen har hunnit byggas upp. Därmed är sannolikt också tillräckligt snabbt byte av bäddmaterial och/eller en sänkning av bäddtemperaturen ofta en förutsättning för problemfri drift. Båda alternativen ger dock negativa effekter för totala driften av anläggningen.

Resultaten från bänkskaleförsök (Burvall & Öhman 2000; Lundholm, 2001) har dock visat att problemen kan avhjälpas genom inblandning av torv. I två tidigare torv/trädbränsle sameldningsprojekt (Burvall & Öhman 2000; Lundholm, 2001) har bäddagglomereringstendens och beläggningstillväxt (se Figur 8) kvantifierats vid sameldning av typiska grot- och barkfraktioner med torv. Under dessa sameldningsförsök har torvinblandningen i GROT och bark varit 10 % respektive 30 % av den totala askmängden i bränsleblandningen. För att erhålla ett brett försöksmaterial m.a.p torvslag, humifieringsgrad och mineralsammansättning har torv från olika täkter ingått i studierna. Torvprover från täkterna i Bredaryd, Ekenäs mossen, Espenäs mossen, Rastamossen-Gislaved), Ringsmossen, Saltmyran, Tutaryd, Töttjamossen, Norrheden, Röjnoret och Härjedalen har utvärderats. Samtliga försök har utförts i en fluidiserad bädd i bänkskala (fem kilowatt). Anläggningen är speciellt framtagen för att på ett realistiskt sätt, under väl kontrollerade betingelser, kunna bestämma bränsleblandningars bäddagglomererings- och beläggningstendens.

Resultaten utifrån undersökningarna visade att torvinblandning i GROT med de torvsorter som undersökts alltid gav minskade bäddagglomereringstendenser, även om bästa resultat oftast erhöles som regel vid den högre inblandningsnivån (se Figur 7). Resultaten visade också att vilken torv som används (olika torvtäkter) har relativt stor betydelse för resultatet. För vissa torvar gav redan en 5-procentig inblandningsgrad i total bränsleaska en signifikant positiv effekt. Detta motsvarar en inblandningsgrad på ca 3 %, omräknat till vikts-% av torr substans, Tabell 3.



**Figur 7 Initial agglomerering (sintring) av askor från granbark och GROT samt olika inblandningsförhållanden, på basis av askinnehållet, av torv från olika torvtäkter.**



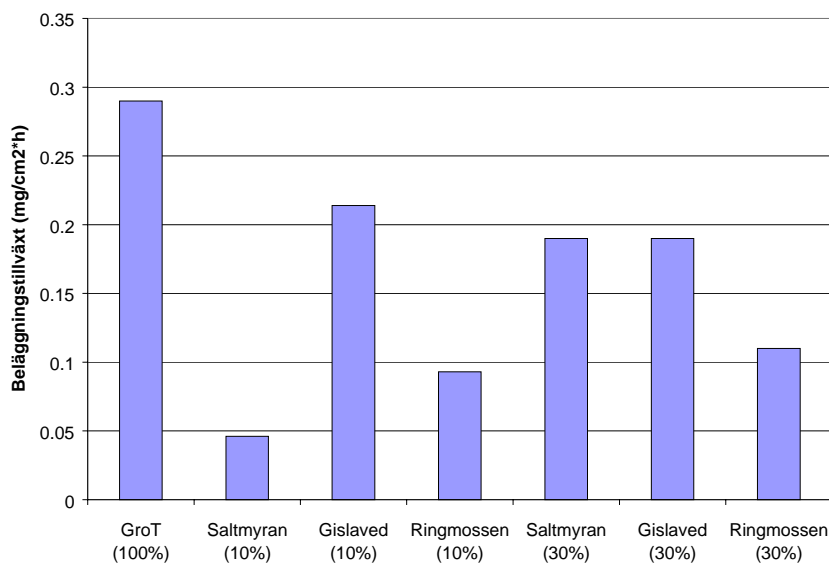
Anledningen till de positiva resultaten vad gäller minskningen av de askrelaterade problemen vid sameldning av torv kunde sannolikt förklaras med att asksammansättningen i bädden och/eller beläggning ändras så att askan börjar smälta vid en högre temperatur. Eftersom sammansättningen i torven varierar mellan de olika täkterna, skiljer sig därmed också orsakerna till temperaturhöjningen av de bildade askornas smälttemperatur. Tänkbara mekanismer är: i) tillförsel av svavel (svavelrika torvar); ii) tillförsel av lermineraller (kaolinite eller andra aluminiumsilikater) vilka kan binda kalium och /eller natrium; eller iii) inblandning av torvaska i sig, vilken p.g.a av sin sammansättning, höjer smältpunkten av den bildade askan genom en ökning av t.ex. kalcium-, järn- eller aluminiuminnehållet i den bildade askan/beläggningsen.

Oavsett ”mekanism” har arbetena visat att torvinblandning i ”problematiska” GROT- och barkfraktioner generellt verkar ge en positiv effekt. Liknande positiva erfarenheter har också rapporterats från många fullskaleanläggningar som sameldar torv- och trädbränslen (*se kapitel 4.1*).

**Tabell 3** Undersökta inblandningsförhållanden av torv från olika torvtäkter och trädbränslen. Procentuell inblandning på basis av energiinnehållet är beräknat på typiska värden i tabell 2.

<b>Vikts % av total mängd aska i bränslet</b>	<b>Vikt % av torrsubstansen</b>	<b>% på basis av energiinnehållet</b>
100 % tallbark	100 % tallbark	100 % tallbark
100 % granbark	100 % granbark	100 % granbark
30 % Saltmyran; 70 % granbark	31 % Saltmyran; 69 % granbark	33 % Saltmyran; 67 % granbark
30 % Norrheden; 70 % granbark	30 % Norrheden; 70 % granbark	32 % Norrheden; 68 % granbark
30 % Härjedalen; 70 % granbark	18 % Härjedalen; 82 % granbark	19 % Härjedalen; 81 % granbark
30 % Röjnoret; 70 % granbark	22 % Röjnoret; 78 % granbark	23 % Röjnoret; 77 % granbark
10 % Röjnoret; 90 % granbark	7 % Röjnoret; 93 % granbark	7.5 % Röjnoret; 92.5 % granbark
5 % Röjnoret; 95 % granbark	3 % Röjnoret; 97 % granbark	3.2 % Röjnoret; 96.8 % granbark
100 % GROT	100 % GROT	100 % GROT
30 % Saltmyran; 70 % GROT	20 % Saltmyran; 80 % GROT	21 % Saltmyran; 79 % GROT
30 % Gislaved; 70 % GROT	59 % Gislaved; 41 % GROT	61 % Gislaved; 39 % GROT
30 % Ringsmossen; 70 % GROT	19 % Ringsmossen; 81 % GROT	20 % Ringsmossen; 80 % GROT

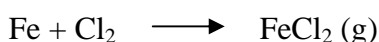
Om inblandning av torv sker på basis av vikts % torrsubstans eller på basis av energiinnehåll visar relativt små avvikelser (tabell 3.).



Figur 8 Beläggningstillväxt på kyld sond (simulerar en värmeöverföringsyta) Låg tillväxt av beläggningar är positivt.

### 3.4 Korrosion

På de flesta metallytor bildas ett oxidskikt som oftast skyddar metall från fortsatt angrepp från syre i rökgasen. Normalt ska inte korrosion vara något större problem på rena tubbytor. Korrosionshastigheten är beroende av hur lätt syret eller metallatomerna kan vandra igenom detta oxidskikt. Om smälta beläggningar bildas på ytorna så ökar korrosionshastigheten dramatiskt genom att jonrörligheten är betydligt högre i en smälta än i fasta ämnen. Korrosionsprocessen på överhettarna är komplicerad och inte helt klarlagd (Nordin & Levén, 1997). Biobränslen ger emellertid avsevärt större korrosionsproblem jämfört med fossila bränslen och torv. Detta beror framförallt på biobränslenas höga innehåll av alkalimetaller. Bränsleaskans innehåll av kalium, natrium, kalcium, kisel, svavel och klor påverkar smälttemperaturen för olika föreningar som bildas i förbränningsprocessen, vilka kan bilda avlagringar och korrosion på överhettarnas tuber. Ju lägre smälttemperaturen är desto större blir korrosionsproblemen. Kol och torv har liknande halter av klor jämfört med biobränslen. Biobränslen innehåller emellertid betydligt högre halter av kalium och natrium än kol och torv, och det är främst alkali-klorider, bl.a. komplexa KCl salter som förefaller vara upphovet till korrosionsproblemen. Korrosion pga. klor börjar med en skyddande film på tubytan. I ett andra steg penetreras tubytan av  $\text{Cl}_2$  som resulterar i följande korrosionsmekanism:



$\text{FeCl}_2$  diffunderar ut genom oxidskalet och övergår på vägen ut till  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  och  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , vilket återigen frigör  $\text{Cl}_2$ . Processen är därför cyklisk. Reducerande

förhållanden är viktiga för att initialt frigöra Cl<sub>2</sub>. medan oxiderande förhållanden krävs för att korrosionen skall fortlöpa. Varierande oxiderande och reducerande förhållanden är därmed det värsta tänkbara förhållanden för denna typ av korrosion.

Svavlets betydelse för högtemperaturkorrosion är komplex. Svavel har visat sig minska korrosionen genom att bildningen av alkaliklorider minskar till förmån för bildning av alkalisulfat.

Vidare kan även svavel bidra till högtemperaturkorrosion genom bildning av alkalijärnpyrosulfat enligt:



Torv kan eventuellt innehålla höga halter lermineraler t.ex. kaolinit. Därigenom uppnås en s.k. *Getteringeffekt* vid sameldning med biobränslen med höga alkalihalter. Den effekten innebär ”infångning” av lågsmältande ämnen. Tillförseln av lermineraler (kaolinite eller andra aluminiumsilikater) kan binda kalium och/eller natrium. Även inblandning av torv i sig höjer smältpunkten av den bildade askan, pga. av torvens sammansättning. Detta beror på en ökning av t.ex. kalcium-, järn- eller aluminiuminnehållet i den bildade askan/beläggningen. Lågsmältande ämnen kan stabilisera alkalit men ändå behålla sin höga smälttemperatur.

Överhettarkorrosion kan även minskas med andra åtgärder än sameldning (Värmeforsk, Drifterfarehetsseminarium, 1998):

#### *Sänkning av ångtemperatur*

Vid en sänkning av ångtemperaturen från t.ex. 510 °C till 490 °C har en halvering av korrosionshastigheten rapporterats.

**Nackdel:** Detta innebär dock en reduktion av alfa-värdet vid elproduktion med i storleksordningen 2 %.

#### *Modifiering av överhettaren*

Detta kan utföras så att tuberna kyls bättre. Ånghastigheten ökar genom att minska antalet parallella tuber eller deras kombination. Tuberna kan även arrangeras så att den hetaste ångan möter den kallaste gasen.

**Nackdel:** Omfattande att bygga om i efterhand och är en uppgift i konstruktionsstadiet.

#### *Ett bättre överhettarmaterial*

Kan vara ett alternativ i vissa fall. Det finns dock inget material som ger ett fullständigt skydd utan bättre/dyrare material får betraktas som mer korrosionströgt.

**Nackdel:** Innebär en kostnadsökning på ca 20 %.

### *Sänkning av rökgastemperaturen*

Förstora eldstaden eller reducera pannans effekt:

**Nackdelar:** Kostnader, är sällan möjligt under behov av högt effekt. Sänka lasten och ersätta med andra energislag är sällan accepterat.

### *Förbättra slutförbränningen*

Undvika stråkbildning kan vara en effektiv metod. Genom åtgärden erhålls dels lägre gastemperaturer dels undviks understökiometriska förhållanden i överhettaren. Omväxlande reducerande och oxiderade förhållanden är värsta tänkbara förhållanden för korrosion.

**Nackdel:** Kostsamma ombyggnader och slutförbränning är också kopplad till aktuell bränsle kvalitet. Vidare skall även detta optimeras med minsta möjliga NO<sub>x</sub>-emissioner.

### *Additiv*

Redan små tillsatser av additiv (Rönquist, 2000) kan ge positiva effekter på beläggningar med efterföljande korrosion. En rad additiv kan tillsättas i förbrännings processen;

Svavel, Dolomit, ShellGrit, Kaolin, DV-lera, Hindmarchlera, Clay 2, Bauxit.

**Nackdel:** Måste tillsättas i rätt temperaturintervall och stökiometriska förhållanden. Additiv är mest verksamma i fluidbädd, mindre i roster och pulvereldning.

Additiv kan även ge oönskade effekter som något förhöjd askmängd, erosion och andra okända problem t.ex. vid askåterföring där vi i dagsläget inte har tillräckligt med kunskap. Kostnader för både additiv förbrukning och installation för dosering.

### *Hanterings och skördemetoder av biobränsle*

Skördemetoder för t.ex. GROT där barren tillåts stanna kvar på hyggerna minskar t.ex. kaliumhalten väsentligt i bränslet. Vissa energigrödor som "övervintrar" genom fördröjd skörd kan uppvisa sänkningar av klor och kaliumhalter med ca 7 ggr.

**Nackdel:** Det är av många skäl svårt att helt kvalitetssäkra ett bränsle med avseende på askhalter och asksammansättning med de stora naturliga variationer som förekommer hos biobränslen.

## **3.5 Tillgänglighet i anläggningar**

Tyvär finns ingen tillgänglighetsuppföljning gjord över anläggningar (främst hetvattenpannor) i Sverige efter 1990. Den senare av de två som gjordes 1989 (Stridsberg, 1990) kan emellertid användas i denna undersökning genom att materialet bygger på en omfattande studie över anläggningar i hela Sverige;

- I genomsnitt 5 års driftserfarenheter
- Driftstiden är i genomsnitt 5850 timmar/år för pannorna.
- 41 anläggningar i effektintervallet 1.5 – 84 MW.
- Hälften av dessa anläggningar använde torv och biobränslen. 25 % av anläggningarna eldade torv och 25 % eldade skogsbränslen.

Under 3 år som följde mellan uppföljningarna, 1986 respektive 1989, förbättrades tillgängligheten från 95 till 97 %. Redan då konstaterades uppenbara fördelar med sameldning bl.a. mindre belägningsproblem.

Stopptiden i anläggningarna kan hänföras till bränslehantering, eldning och övrigt(styrsystem aska/stofthantering, elavbrott).

**Tabell 4a Driftstillgänglighet år 1989**

Effektområden MW	%	Total tillgänglighet
0-3	98.1	
3-6	96.2	
6-10	97.0	
10-20	96.2	
> 20	97.3	
Medelvärde	96.9 %	

**Tabell 4b Totala stopptiden % av drifttiden**

Total stopptid	3.1 %
-därav bränslehantering	1.2
-därav eldning	1.3
-därav övrigt	0.6

**Tabell 4c Tillgänglighet i eldningsutrustningar**

Utrustning	Stopptid % av drifttid
Fasta roster	2.3
Rörliga roster	1.1
Fluidiserande bäddar	0.9
Bränslets inverkan	Stopptid % av drifttid
Bränsleflis	1.5
Stycketorv	1.1
Blandningar	1.1



## 4 RESULTAT OCH DISKUSSION

### 4.1 Intervjuer från anläggningar

Ett antal anläggningar som sameldar torv med trädbränslen har kontaktats. Såväl ägare till rosterpannor (5 st.), pulverpannor (1 st.) och fluidiserade bäddpannor (3 bubblande och 3 cirkulerande) har kontaktats. Dessa 12 pannor (anläggningsägarna kan ha flera pannor) representerar relativt väl pannbeståndet i Sverige, både stora och mindre anläggningar, som idag sameldar torv och trädbränslen.

#### 4.1.1 Frågelista

Följande frågeställningar inom förbränningsteknikområdet som framförallt fokuserats på bildning/reducering av uppkomsten av askrelaterade driftsproblem har bedömts som intressanta att ta upp vid intervjuer med olika aktörer med erfarenheter från torvförbränning:

- 1 Allmänna data över er anläggning; Pannleverantör, drifttagande (år), effekt, antal driftstimmar/år, energiproduktion, verkningsgrad, temperaturer; panna, vatten samt ångdata. Eventuella ombyggnader samt anledningar till detta.
- 2 Vilka generella erfarenheter finns från ”ren” biobränsleeldning, ”ren” torveldning eller samförbränning av biobränslen/torv? Sedan hur många år finns dessa driftserfarenheter och har de varierat över åren?
- 3 Vilka sortiment av biobränslen (olika trädbränslen; grot, bark, spån, salix osv.) används vid sameldning med torv? Ange procentuell andel på årsbasis
- 4 Används fräs- eller stycketorv eller bådadera (procentuellt förhållande) i er anläggning?
- 5 På vilken basis sker inblandningen med torv; vikt % volym % eller per energienhet. Andelen torv som blandas med biobränsle? Används även kol och i så fall hur stor är den andelen?
- 6 Finns begränsningar för hur stor andel torv som får användas i anläggningen och hur den skall förbrännas, i ren form eller i mix?
- 7 Har ni konstaterat positiva effekter (negativa) vid samförbränning av torv och trädbränslen (enligt matris för fastbränsleanläggningar nästa sida).
- 8 Vilka driftserfarenheter finns från eldning av de biobränslen (förutom torv) som ingår i ert bränslesortiment (enligt matris för fastbränsleanläggningar nästa sida).
- 9 Vilka driftserfarenheter finns från eldning av ”rent” torvbränsle (enligt matris för fastbränsleanläggningar nästa sida).
- 10 Finns det något biobränslesortiment som är särskilt gynnsamt att samelda med torv ur sintrings-, belägnings- och korrosionssynpunkt?

- 11 Om detta konstaterats, hur stor andel torv blandas in och finns det skillnader mellan olika biobränslen för hur stor andel torv som är optimalt för anläggningen? Upplever ni att det finns skillnader i egenskaper hos torv från olika leverantörer/torvtäkter?
- 12 Har valet av bränsle eller bränslemixar inverkat på eventuell bevisbar korrosion från klorider, alkali eller svavel?
- 13 Har ni erfarenheter så att ni kan bedöma hur livslängden hos panntuber, konvektionsdelar- och överhettare påverkas av torvinblandning. Vad handlar det om för kostnader (underhåll (renovering), stilleståndstid) att byta ut dessa komponenter i anläggningen eller vitala delar?
- 14 Hur stor är kostnadsökningen per dygn vid hög- respektive låglastperiod vid ett driftstopp med fastbränsleeldning, där energiproduktionen måste ersättas med andra energislag?
- 15 Orsak till bäddomsättning vid träbränsleeldning kontra torv/trädbränsleeldning samt sandförbrukning? Hur långt driftstopp förorsakar en så allvarlig sintring av bädden att pannan måste tas ur drift?
- 16 Vilken kvalitet och typ av sand används i bädden och årlig kostnad för sandförbrukning?
- 17 Har torvinblandning inverkan på tillgänglighet och livslängd på rostret?
- 18 Kan torvinblandning förbättra förhållandet mellan el- och värmeproduktion genom t.ex. högre ångdata? I så fall hur stor andelen torv krävs?
- 19 Om ni tidigare eldat torv och helt övergått till biobränslen – vad är anledningarna till detta?
- 20 Om ni inte skulle elda torv, vad skulle ni elda i stället?

#### *MATRIS FÖR FASTBRÄNSLEANLÄGGNINGAR*

Fluidbäddar

Roster/Pulverbrännare

**Beläggningar/sintring**

A; bädden (agglomerering)  
 B; fribord  
 C; panntuber  
 D; konvektionsdelar  
 F; överhettare

**Beläggningar/sintring**

A; Roster  
 B; eldstad  
 C; panntuber  
 D; konvektionsdelar  
 E; överhettare

**Korrosion**

A; eldstad även infodringsmaterial  
 B; panntuber  
 C; konvektionsdelar  
 D; överhettare

**Korrosion**

A; eldstad även infodring  
 B; panntuber  
 C; konvektionsdelar  
 D; överhettare



#### **4.1.2 Erfarenheter från anläggningsägare**

I Bilaga 2 framgår vilka anläggningar som intervjuats undersökningen. Nedan har de viktigaste synpunkterna sammanfattats gällande positiva (negativa) erfarenheter gällande reducering av askrelaterade driftsproblem vid sameldning av torv och trädbränslen. Noteras bör att samtliga anläggningar sameldar torv med trädbränslen.

##### *Bäddsintring (bäddagglomerering)*

I två av de sex studerade fluidbäddsanläggningarna har problem med driftsstopp p.g.a bäddagglomerering av bädd/igensättning av returventiler vid trädbränsleförbränning i princip eliminerats vid sameldning med torv. Tre av de sex studerade anläggningarna har för litet underlag vad gäller uppkomna skillnader mellan ren trädbränsleeldning jämfört med sameldning med torv för att kunna bedöma eventuella skillnader.

##### *Korrosion och beläggningar*

Intervjuerna av anläggningsägare har inte kunnat ge relevant information om korrosion och beläggningsproblem i konvektionsdelar och på roster. För detta krävs systematiskt upplagda långtidsförsök för att relatera dessa problem till olika bränslen och bränslebladningar.

##### *Erfarenheter från andra länder som sameldar torv och biobränslen*

Sameldning av torv och biobränslen tillämpas vid flera anläggningar i Finland särskilt i kraftvärmeverk med fluidbäddteknik.

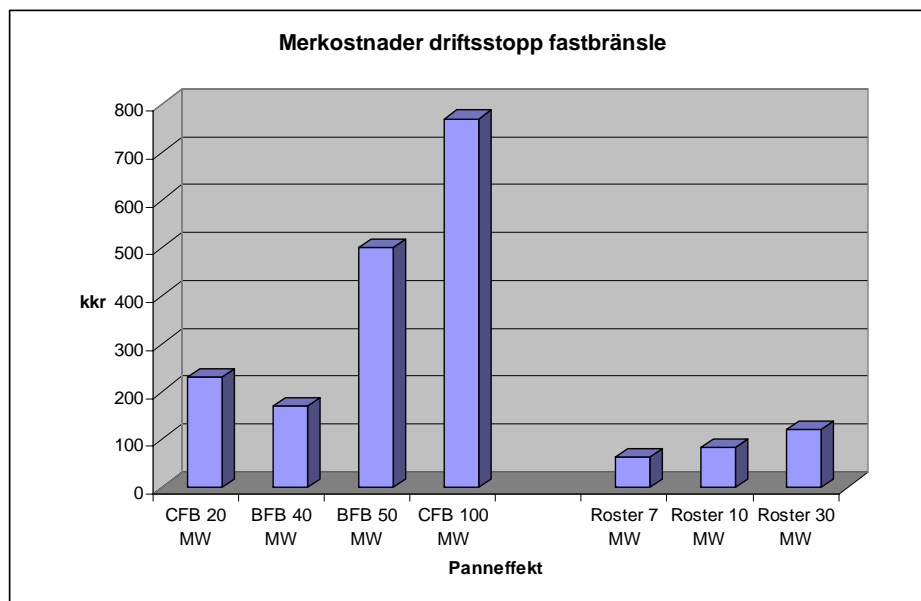
Resultat från forskning och driftserfarenheter från anläggningar i Finland (Orjala, et al; Orjala & Ingalsuo; Hämäläinen & Orjala, 2001) överensstämmer väl med de från Sverige. En torvinblandning på energibasis, 20 % med flis (wood chips) och 25 % torvinblandning med GROT verkar vara optimalt. Detta har givit positiva resultat både för bäddagglomerering och överhettarkorrosion.

## **4.2 Systemanalys**

### **4.2.1 Bäddsintring/agglomerering i panna**

Driftsstopp som orsakas av problem vid själva förbränningen uppgår till i genomsnitt ca 1 % av den totala driftstiden under ett år men får allvarliga konsekvenser om detta inträffar. Om anläggningen måste tas ur drift under något eller några dygn p.g.a. allvarlig bäddsintring orsakar detta dels kostnader att åtgärda problemen dels kostnader genom att energiproduktionen måste ersättas med andra dyrare energislag som olja eller el. Detta kan innebära merkostnader under höglastperioden på 0.7- 0.8 miljoner SEK/dygn för en kraftvärmeanläggning i en mellanstor svensk stad (100 MW) (figur 9) Ett stillestånd i den anläggningsstorleken innebär ett bortfall av 2.5 GWh biobränsle eller 24 billass/dygn. Även driftsavbrott i rosterpannor kan uppgå till betydande belopp för merkostnader med dyrare energislag (figur 9.)

I mindre pannor under 5 MW eldas torv och bibränslen oftast satsvis. Detta beror framförallt på att inmatningsproblem kan uppstå i mindre anläggningar (med mindre dimensioner på utrustning) när bränslen blandas. Av den anledningen har dessa anläggningar inte tagits med i undersökningen



**Figur 9 Exempel på merkostnader i kkr. (SEK) per/dygn vid driftstopp i fastbränslepanna. Avser fluidbäddar (CFB,BFB) samt rosterpannor.**

En bedömning utifrån intervjuer och litteraturundersökningar är att bibränsleledade fluidbäddpannor i genomsnitt en gång under året drabbas av så allvarlig sint-ring i bädden att anläggningen måste tas ur drift. Ett driftstopp p.g.a bäddhaveri tar i genomsnitt 3 dygn (beräkningsgrund i tabell 5.) att åtgärda innan pannan når maximal energiproduktion. Vid total bäddsintring måste pannan eldas ned och kylas så att den sintrade sandbädden kan bilas bort. Ny sand tillförs och pannan startas upp med olja innan bibränslen kan tillföras.

För anläggningar som idag sameldar torv och bibränslen är risken för bäddhaveri minimal och det ekonomiska ”värdet” av detta kan uppskattas till ca 25 miljoner SEK/år eller 70-80 GWh/år som annars skulle ersättas med betydligt dyrare olja, el eller gas, se tabell 5 ”sameldningsanläggningar”.

Om de återstående fluidbäddanläggningarna som idag endast eldar bibränslen skulle övergå till sameldning med torv och därigenom minimera risken för bäddhaverier, skulle detta motsvara ca 70 GWh/år motsvarande ca 25 miljoner SEK för de dyrare energislagen vid driftsavbrott (dvs. jämförbara värden med sameldningsanläggningar), Tabell 5 ”bibränsleanläggningar”. Det skall dock tilläggas att dessa siffror bygger på underlag från några anläggningar som använts som underlag för uppskattningar och beräkningar av hela anläggningsbeståndet för fluidbäddar.

**Tabell 5 Merkostnader i kr och energibortfall i GWh med bibränslen vid driftsstopp under 3 dygn i fluidbäddanläggningar. Avser anläggningar i olika effektintervall uppdelade enligt; samtliga anläggningar, sameldningsanläggningar och bibränsleanläggningar.**

Anläggningar	Antal	Kostnad 3 dygn SEK	Bortfall 3 dygn GWh
<b>&gt;100 MW</b>			
Samtliga anläggningar	7	16.800.000	65.2
Sameldningsanläggningar	4	7.200.000	31.3
Biobränsleanläggningar	3	9.600.000	33.8
<b>50 – 100 MW</b>			
Samtliga anläggningar	11	21.000.000	50.2
Sameldningsanläggningar	7	13.200.000	31.7
Biobränsleanläggningar	4	7.800.000	18.5
<b>10 – 50 MW</b>			
Samtliga anläggningar	19	11.400.000	31.8
Sameldningsanläggningar	8	4.200.000	12.5
Biobränsleanläggningar	11	7.200.000	19.2

**Tabell 6 Procentuell andel av samtliga fluidbäddanläggningar i Sverige som använde och som regel sameldade torv och biobränslen år 2000.**

Storlek MW	%
>100	57
50-100	64
10-50	42

#### 4.2.2 Korrosion i överhettare

Beläggningar förorsakar förutom korrosion även förluster och minskad ångkapacitet. Graden av korrosion undersöks alltid i samband med revision under sommaren, då görs även eventuella byten av vitala delar. Driftserfarenheter från flera biobränsleeldade kraftvärmearläggningar visar en närmast katastrofalt kort livslängd (Värmeforsk-Drifterfarenhetsseminarium, 1998) hos överhettare, 3-4 år mot kalkylerade 15-20 år. Problemen orsakar sällan driftsstopp pga. haverier utan åtgärdas i samband med revision under sommarperioden.

I den enkätundersökning som genomfördes inom ramen för projektet kunde inte någon korrosion påvisas. Dessa anläggningar var emellertid koncentrerade från Uppsala och norrut. Information om korrosionsproblem i kraftvärmepannor i södra delen av Sverige har erhållits i litteraturundersökningar och genom ÅF-Energikonsult AB i Stockholm. Kartläggningen av korrosionsproblem i överhettarna visar stora variationer mellan anläggningarna. Problemen förefaller i nuläget

vara koncentrerade till Syd- och Mellansverige, vilket delvis kan bero på bränslets klor/alkaliinnehåll genom högre andel GROT (GRrenar Och Toppar) och även RT (returträ)-flis i bränslemixen.

Korrosionshastigheten i överhettarna minskar väsentligt genom sameldning med torv och kol. Livslängden på överhettarna ökar emellertid om temperaturen på ångan sänks, vilket dock leder till lägre elverkningsgrad (se Tabell 8). Vid sameldning med torv med maximal elproduktion kan den årliga besparingen till följd av antagen minskad korrosionshastighet med 25 – 50 % uppgå till:

Anläggning 120 MWt; 2.5 – 5 milj SEK  
 Anläggning 75 MWt; 2-3.5 milj SEK  
 Anläggning 30 MWt; 0.25 – 0.5 milj SEK

Torv används i mycket begränsad omfattning vid elproduktion i kraftvärmeanläggningar, endast 73 GWh jämfört med kol 2 026 GWh, Tabell 9. Detta beror bl.a. på kolets låga beskattning vid elproduktion och det höga energiinnehållet. Kol sameldas med biobränslen och ger liknande positiva effekter för minskade problem med överhettarkorrosion. Det finns ca 15 kraftvärmepannor som enbart använder biobränslen. Dessa pannor utgör en potential för sameldning med torv. Av dessa anläggningar kan antas (Hjalmarsson & Kjörk, 1998) att ungefär varannan har problem med överhettarkorrosion medan övriga rapporterar acceptabla eller minimala korrosionsproblem.

Sameldning med torv skulle i de återstående 7-8 anläggningarna ge en besparing, grovt uppskattat, på ca 10 respektive ca 20 miljoner SEK år vid 25 % respektive 50 % minskad korrosionshastighet, Tabell 7. Detta gäller dock vid driftsförhållanden med maximala ångdata. Genom att anläggningarnas maximala ångdata bättre kan utnyttjas vid sameldning innebär en högre elverkningsgrad på ca 2 % enheter och att elproduktionen därmed kan öka med ca 6 – 8 %. Det skall också tilläggas att dessa siffror bygger på underlag från några anläggningar som använts som underlag för uppskattningar och beräkningar av aktuella kraftvärmepannor. Optimeringar av el- och värmeproduktion är även en komplicerad process som styrs av många parametrar.

**Tabell 7 Minskade kostnader (Miljoner SEK/år) för överhettarkorrosion i olika anläggningar vid minskad korrosionshastighet. Detta avser driftsförhållanden med maximala ångdata.**

Antal kraftvärmeanl.	Effektkategori MW	Besparing minskad korr. hastighet MSEK/år	
		25 %	50 %
3	120	8	15
5	75	10	18
7	30	2	4

**Tabell 8 Ångtemperaturens betydelse för alfavärde, elverkningsgrad och totalverkningsgrad.**

Panneffekt MW <sub>t</sub>	Ångtemp ° C	Alfavärde	Elverk.grad %	Tot.verkgrad %
Panna 30	460	0.27	23.2	90.94
	510	0.30	24.7	90.86
Panna 75	470	0.34	27.5	91.38
	540	0.38	29.6	91.30
Panna 120	480	0.36	28.5	91.37
	540	0.40	31.0	91.29

**Tabell 9 Energislag för värme- och kraftvärmeproduktion år 2000 i Sverige. Källa Fjärrvärmeföreningen.**

Energislag	Använt bränsle för värmeproduktion GWh	Använt bränsle för el produktion GWh
Trädbränsle	12 858	1 062
Värmepump	7 089	
Avfall	5 416	74
Industriell spillvärme	3 503	
Hetvatten	3 056	
Naturgas	2 531	420
Olja	2 339	653
Torv	2 279	73
El	1 807	
kol	1 719	2 026
Tallbeckolja	1 477	3
Biogas	333	38
Gasol	217	3
Övrigt	2 038	95
Summa	46 694	4 446



## 5 SLUTSATS OCH DISKUSSION

Undersökningen har visat att sameldning av torv och trädbränslen har positiva effekter för att minimera askrelaterade driftsproblem. Detta gäller särskilt i fluidbäddpannor genom avsevärt minskad risk för bäddagglomerering och därmed kostsamma driftsstopp. I kraftvärmeverken minskar korrosionshastighet betydligt i överhettare vid maximala ångdata. Sameldning ger därmed bättre förutsättningar för maximal elproduktion i kraftvärmeanläggningar än enbart biobränslen, vilket kan innebära ca 6 – 8 % högre elproduktion. Hittills visar resultaten att dessa positiva effekter kan uppnås redan vid en torvinblandning, på basis av energiinnehållet, på ca 3% med trädbränslen. Vanligen behövs dock ca 10-30% torvinblandning med trädbränslen på energibasis.

Betydelsen av torv som sameldningsbränsle är särskilt viktigt för biobränslen med besvärliga askegenskaper däribland vissa trädbränslen t.ex. GROT och bark samt bränslen från jordbruket. Det är även dessa sortiment som utgör grunden för en kraftig framtida expansion av biobränslen. Framtida forskning får visa hur stora andelar torv och andelar av bränslen från jordbruket som krävs för att uppnå positiva effekter i förbränningsanläggningarna.





# REFERENSER

- Burvall J., Öhman, M., 2000. Undersökning av bäddagglomerering och beläggningstillväxt vid sameldning av torv och trädbränslen.  
<http://www.torvforsk.se/burvall.htm>,
- Fjärrvärmeföreningen statistik 2000 publicerad nov 2001. ISSN 1401-9264  
[www.fjarrvarme.org](http://www.fjarrvarme.org)
- Henderson, P., Kjörk, A., Ljung, P., Nyström, O., Skog, E. 2000. Överhettarkorrosion i bioeldade anläggningar – Status. Värmeforskrapport nr 700.
- Hjalmarsson, L., Kjörk, A. 1998. Korrosion i överhettare vid biobränsleledning. Värmeforskrapport nr 623.
- Hämäläinen, J., Markku Orjala, VTT Energy. 2001. Characterization of combustion behaviour of wood-based fuel to increase power plant availability. Paper for The First Biennial Meeting of The Scandinavian-Nordic Section of the Combustion Institute, Gothenburg, Sweden 18 – 20 April 2001.
- Lundholm, K. 2001. Experimental Studies on the Role of Peat Fuel in Preventing Bed Agglomeration During Fluidized Bed Combustion of Biomass Fuels. Degree Project in Engineering Chemistry, 20 p.
- Nordin, A., Levén, P., 1997. Askrelaterade driftsproblem i biobränsleeldade anläggningar. Sammanställning av svenska driftserfarenheter och internationellt forskningsarbete. Värmeforskrapport nr 607.
- Nordin, A., On the Chemistry of combustion and gasification of biomass fuels. 1994. Biomass and Bioenergy, 6,339-347.
- Orjala, M\*) , Ingalsuo, R \*) , Paakkinen, K\*), Hämäläinen, J\*), Mäkipää M\*\*), Oksa, M\*\*), Malkow, T\*\*\*), Fordham, R.J\*\*\*\*), Baxter, D\*\*\*\*)  
How to control superheater tube corrosion in FB boilers which use wood and wood waste as fuel  
\*) VTT Energy, Jyväskylä, Finland  
\*\*) VTT Manufacturing Technology, Espoo, Finland  
\*\*\*) European Commission, Institute of Advanced Materials, JRC Petten, The Netherlands Corresponding author: Markku Orjala, VTT Energy.
- Orjala, M., Ingalsuo, R, Patrikainen, T., Mäkipää, M. & Hämäläinen, J.  
Combustion of Wood Chips, Produced by Different Harvesting Methods, In Fluidised boilers, VVT
- Orjala, M & Ingalsuo, R. Sulphur Dioxide Reduction in Co-firing of Peat and Wood in Fluidized-bed Boilers

- Raymond, R., Bish, D.L., Cohen, A.D., 1988. Inorganic constituents of peats. In mineral matter and ash deposition from coal, Proc. Int. Conf. Santa Barbara, California.
- Rönquist, E-M. 2000. Överhettarkorrosion i bioeldad panna – teorier och prov i Västermalmsverket, Falun. Värmeforskrapport nr 708.
- Samulsson R., Burvall, J. Igsell, P. 1998. The importance of characterisation of fuel parameters in the investigation of combustion and gasification processes of biofuels. Proceedings from Biomass for Energy and Industry CARMEN 10 th European conference, Wurzburg.
- Schuster R., Lundborg R. 2000. “Möjligheter till förbättrad drift av skogsindustrins barkpannor genom optimerad förbränningsteknisk styrning” Värmeforsk.
- Skrifvars B-J, Zevenhoven, M., Backman, R., Öhman, M., Nordin, A. 2000. Effect of fuel quality on the bad agglomeration tendency in a biomass fired fluidised bed boiler. Värmeforskrapport nr 684.
- Steinvall, P., Nyström, J., Nyström, O., Svensson, S-Å. 1999. Teknik och ekonomi för att förbereda nya bibränsleldade värmeverk för elproduktion. Värmeforskrapport nr 675.
- Steinvall, P., Johansson, K., Svensson, S-Å. 2002. Optimala ångdata för bibränsleldade kraftvärmeverk. Värmeforskrapport nr 770.
- Stridsberg, S. 1990. Uppföljning av driftskostnader II, mars 1990. Värmeforskrapport nr 378.
- Värmeforsk-Driftserfarenhetsseminarium 19-29 mars 1998, Norrköping.  
www.varmeforsk.se
- Värmeforsk- Förbränningssymposium 1998, 28-29 oktober Göteborg.  
www.varmeforsk.se
- Zethraeus D.B. “Förbränning Orienteringskurs”. Högskolan i Växjö.
- Zevenhoven, M. PhD-thesis, 2001, Åbo Akademi
- Öhman, M. PhD-thesis, 1999, Umeå University
- Öhman, M., Nordin, A., 2000. Bed agglomeration characteristics during fluidized bed combustion of biomass fuels, Energy & Fuels, 2000, 14, 169-178
- Öhman, M., Nordin, A., Brus, E., Skrifvars, B.J., Backman, R. 2001, Förbrukning av bäddmaterial i bibränsleldade fluidbäddar p.g.a bäddagglomereringsrisk – beläggingsbildning och möjligheter till regenerering, Rapport SVF-739

# Bilaga 1

## Kartläggning av förbränningsanläggningar

B; biobränsle, K: kol T; torv, TB:Tallbäckolja, A:Avfall

Anläggning	Eldningsteknik	Bränsle	Panneffekt MW	Torvmängd Värme GWh	Torvmängd EI GWh
	Pulver >100 MW				
Uppsala	pulver	T, B, K	320	470	40
Hässelby	pulver	B	300		
Hälsingborg	pulver	B, K	185		
Jönköping	pulver	B	150		
Västerås	pulver	TB	100		
	Pulver 10-100 MW				
Drevviken	pulver	B	70		
Kalmar	pulver	B	35		
Luleå	pulver	B	25		
Enköping	pulver	B	20		
Göteborg	pulver	B	20		
Söderhamn	pulver	B	17		
Upplandsväsby	pulver	B	15		
Hallstahammar	pulver	B	10		

Anläggning	Eldningsteknik	Bränsle	Panneffekt MW	Torvmängd Värme GWh	Torvmängd EI GWh
	CFB/BFB>100MW				
Västerås	CFB	B, T	170	9	
Örebro	CFB	B, T, K	165	256	21
Norrköping	CFB	B, K	125		
Skellefteå	CFB/BFB	B, T	98 +25	Ej tillg	Ej tillg
Brista	CFB	B	122		
Växjö	CFB	B, T	100	25	
Nyköping	BFB	B, K	100		
	CFB/BFB 50-100MW				
Karlskoga	BFB	B, T	45 + 45	194	
Södertälje	BFB	B, T	80	281	
Karlstad	CFB	B	80		
Gävle	BFB	B, T	70	3	
Jönköping	BFB	B	70		
Eskilstuna	CFB	B	57		
Uddevalla	CFB	B, T	50	83	
Mölndal	CFB	B, T	50	169	
Kristianstad	BFB	B	50		
Östersund	CFB/BFB	B, T	25 +25	50	
	CFB/BFB 10-50 MW				
Härnösand	BFB	B, T	38	20	
Sandviken	BFB	B, T	17 +17	99	
Sala	BFB	B	32		
Ängelholm	CFB	B	15+15		
Nässjö	BFB	B	30		
Falun	BFB	B	30		
Gällivare	BFB	B, T	25	104	2
Trollhättan	CFB	B	25		
Lycksele	BFB	B, T	20	19	
Boden	CFB	B, T	20	15	
Fagersta	BFB	B, T	25	32	
Västervik	BFB	B	20		
Sundsvall	CFB	B	20		
Eksjö	BFB	B	12 +7		
Sollefteå	BFB	B, T	16	Uppgift saknas	
Hedemora	BFB	B	15		
Malå	BFB	B	15		
Avesta	BFB	B	15		
Kramfors	BFB	B, T	12	24	

Anläggning	Eldningsteknik	Bränsle	Panneffekt MW	Torvmängd Värme GWh	Torvmängd EI GWh
	Spreaderstoker 10-100 MW				
Borås	Spreaderstoker	B	2 x 43		
Enköping	Spreaderstoker	B	30		
Katrineholm	Spreaderstoker	B	20		
	Roster 5 –100 MW				
Härnösand	Rörlig rost	B, T	20	35	
Malmö	Rörlig rost	B	50		
Kiruna	Rörlig rost	B,T,A	6+6+34		
Hudiksvall	Rörlig rost	B,T	50	53	
Umeå	Rörlig rost	B, T	32	38	
Mjölby	Rörlig rost	B	15+12		
Silverdalen	Rörlig rost	B	19		
Kalix	Rörlig rost	B, T	7 +10	6	
Hofors	Rörlig rost	B	15		
Rättvik	Rörlig rost	B	5+5+5		
Ljusdal	Rörlig rost	B, T	11	4	
Ljungby	Rörlig rost	B, T	9+6	36	
Svenljunga	Rörlig rost	T	10.5		
Strömsund	Rörlig rost	B	10		
Bollnäs	Rörlig rost	B	10		
Säter	Rörlig rost	B	5+5		
Kungälv	Rörlig rost	B	9		
Hultsfred	Rörlig rost	B	8		
Hässleholm	Rörlig rost	B	8		
Ronneby	Rörlig rost	B	6		
Västervik	Rörlig rost	B	6		
Surahammar	Rörlig rost	T, B	5.5	25	
Älmhult	Rörlig rost	B	5		
Haparanda	Rörlig rost	B, T	5	46	



## **Bilaga 2**

**Följande anläggningar har intervjuats i undersökningen:**

- 1 Bodens Energi AB
- 2 Hudiksvall, Birka Energi AB
- 3 Härnösand Energi (HEMAB)
- 4 Kalix, Vattenfall Fjärrvärme AB
- 5 Sandviken Energi AB
- 6 Skellefteå Kraft AB, Hedensbyn
- 7 Umeå Energi AB, Ålidhemsanläggningen
- 8 Vattenfall AB, Boländerna (Fd.Uppsala Energi AB)