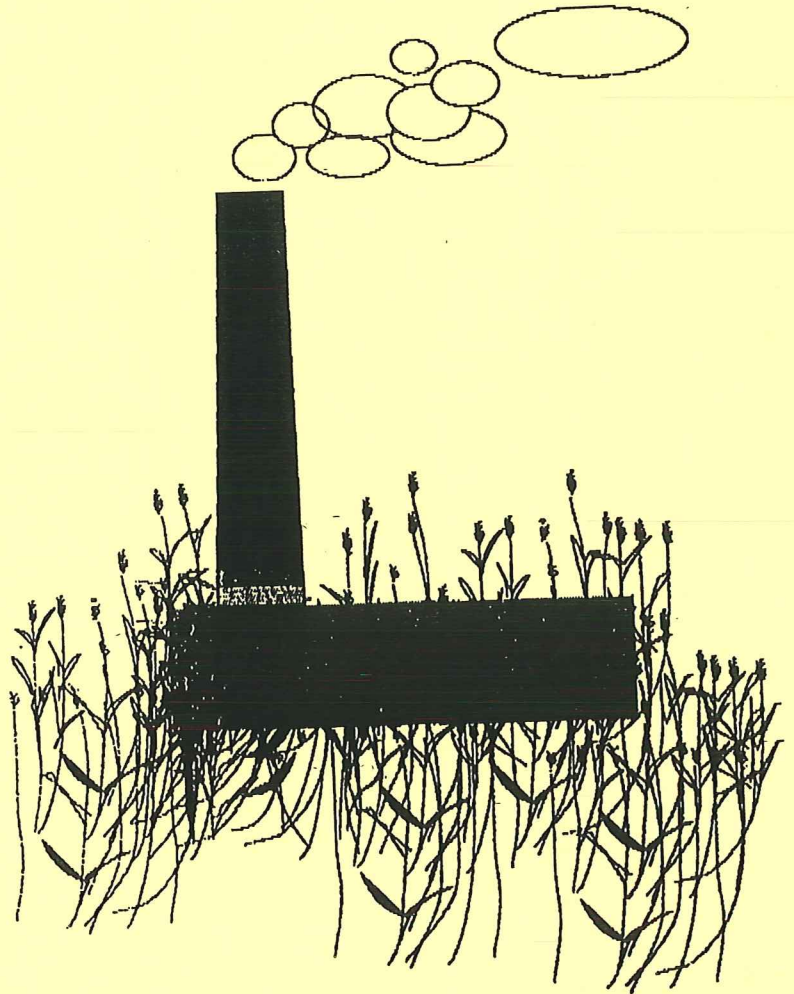


# Rönnebydalen meddelar

## Tillverkning och proveldning av rörflen- pulver - ett fullskaleförsök

*Production and combustion of Reed Canary Grass powder  
- a full scale trial*

Jan Burvall



Tillverkning och proveldning av rörflenpulver - ett fullskaleförsök

Av Jan Burvall

---

RÖBÄCKSDALEN MEDDELAR

Nr 1993:9

ISSN 0348 - 3851

Umeå 1993

ISRN NLBRD-M--93:9 --SE

# INNEHÅLL

	Sida
FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
1. INLEDNING	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Målsättning	5
2. MATERIAL OCH METODER	5
2.1 Pulvertillverkning	5
2.2 Proveldning av pulver	5
2.3 Metoder för bränsle- och askanalyser	7
2.4 Kartläggning av marknadens pulverbrännare	7
3. RESULTAT	7
3.1 Pulvertillverkning	7
3.2 Proveldning av pulver	12
3.2.1 Panneffekt och emissionsmätningar	18
3.2.2 Bränslekaraktärisering	23
3.2.3 Askkaraktärisering	24
3.2.4 Kartläggning av marknadens pulverbrännare	26
4. SLUTSATS	27
5. REFERENSER	28
6. SUMMARY	30

Bilagor 1 - 8

## FÖRORD

Föreliggande rapport är den 5:e rapporten från projekt Norrfiber i en serie som ges ut inom rapportserien Röbbäcksdalen Meddelar.

Norrfiberprojektet omfattar hela kedjan; växtförädling, odling, skörd, hantering, lagring, transport, förädling, förbränning samt bränsle- och fiberkaraktärisering. Denna rapport presenterar resultaten från ett fullskaligt malningsförsök med vårskördad rörflen med en efterföljande proveldning av det framställda pulverbränslet. Undersökningen har tillkommit för att öka kunskaperna om rörflen som bränsleråvara samt för att undersöka om det finns underlag för ekonomisk avsättning av energigräs i den pågående omställningen av det svenska jordbruket. Undersökningen har möjliggjorts genom anslag från Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) och NUTEK inom ramprogram energigräs.

Projektledare har varit Jan Burvall vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) vid Röbbäcksdalen i Umeå. Civ. ing. Karin Segerud NIRAK - energikonstult har bistått projektledaren med värdefull hjälp vid provmalning, proveldning samt utvärdering.

Vi har under projektets gång mött ett mycket positivt bemötande från olika företag och en välvilja att på bästa möjliga sätt hjälpa oss att genomföra delmomenten i projektet. Vi vill därför rikta ett särskilt tack till:

Roger Blom	Svensk Brikettenergi AB
Gunnar Dahlin	Drefviken Energi AB
Göran Ernstsson	Drefviken Energi AB
Gunnar Hadders	Jordbrukstekniska Institutet
Ulf Hagström	ÅF-Energikonstult AB
Tomas Isaksson	Södra Träpulver AB
Per Levén	ÅF- Energikonstult AB
Hans Pettersson	Drefviken Energi AB
Anders Runnérus	Svensk Brikettenergi AB
Clas Söderberg	Strand Eskilstuna
Samt övrig driftspersonal	Drefviken Energi AB

Röbbäcksdalen  
Oktober 1993

Rolf Olsson  
*Projektledare Norrfiberprojektet*

Jan Burvall  
*Delprojektledare*



## SAMMANFATTNING

Av Jan Burvall

Sveriges Lantbruksuniversitet Rönkäsdalen i Umeå

Föreliggande rapport redovisar dels ett *fullskaligt malningsförsök* med rörflen i en träpulverfabrik dels ett fullskaligt *funktionsprov* av rörflenpulvers möjligheter att hanteras och eldas i en kommersiell anläggning. Denna anläggning är ursprungligen byggd för oljeeldning och har konverterats för fasta pulveriserade bränslen (kol, torv, olivkärnor och olika träpulverkvaliteter). Med träpulver har pannan en effekt av ca 30 MW och den har två brännare på vardera ca 15 MW.

### *Fullskaligt malningsförsök*

Försöket visar att *vårskördat fälttorkat rörflen* har förutsättningar att användas som råvara vid pulvertillverkning. Rörflen kan pulveriseras *utan tillsatsvärme* för torkning och pulvret kan hanteras och lagras på samma sätt som träpulver.

Fukthalten hos pulvret uppgick till 8.4 % med en variation (st. avv.) på 0.55 %. Torkeffekten i kvarnen blev 1.4 % enheter. Referensbränslet träpulver har en fukthalt på ca 9 %, vilket är optimalt för den aktuella pannan.

Andelen finmaterial under 0.25 mm blev oväntat hög, 42 %, trots användande av 2 mm såll i hammarkvarnen medan träpulver gav endast 15 % finandel med samma såll. Snittat material är svårt att hantera och det krävs särskilda åtgärder beroende på låg skrymdensitet och valvbildningsproblem.

### *Fullskalig proveldning*

Rörflenpulvret transporterades med bulkbil till förbränningsanläggningen, korttidslagrades och transporterades sedan vidare till brännarna utan att några problem uppstod.

Vid provet förbrändes 55 ton rörflenpulver, vilket räckte för ca 9 timmars drift. Vid eldningsförsöket användes samma grundinställningar som vid träpulvereldning. Trots det korta provet konstaterades att rörflenpulver gick bra att förbränna utan några speciella intrimningar, vilket överträffande förväntningarna. CO-halten låg relativt stabil med ett timsmedelvärde på ca 150 ppm vid endast 1.6 % O<sub>2</sub>-halt, vilket är positivt ur bl.a. verkningsgradsynpunkt.

Förutom att rörflen har likvärdiga förbränningsegenskaper som trä, visade försöket att det är möjligt att uppnå ett bränsle med jämn kvalitet och tillräckligt goda flödesegenskaper. Detta konstaterades mot bakgrund av att pulverbränslesystem är känsliga för variationer i bränslet.

Två problemområden uppmärksammades dock under provet:

Askans egenskaper: Rörflenpulver har ca 10 ggr högre askhalt än träpulver. Gräsaskan är mycket rik på kisel, vilket medförde beläggningar på vissa ställen i pannan samt i de sk. tornens konvektionsytor. Beläggningarna är dock ej av sintrad karaktär och förefaller därför vara "sotningsbara" med de metoder som finns tillgängliga. Vidare uppstod problem med valvbildning av askan i stoftsändaren efter elfiltret beroende på de stora askvolymmer som erhöles.

NO<sub>x</sub>-emissioner: Rörflenpulvret gav relativt höga NO<sub>x</sub>-emissioner, 210 - 290 mg NO<sub>2</sub>/MJ, jämfört med det ur NO<sub>x</sub>-synpunkt bästa träpulvret som ger ca 70 - 100 mg NO<sub>2</sub>/MJ, vilket för övrigt är ett mycket lågt värde vid pulverledning utan NO<sub>x</sub>-reduceringsutrustning. Rörflen har en högre kvävehalt än trä men detta är troligen ej hela förklaringen. Den högre andelen finmaterial i rörflenet kan även inverka i form av en intensivare förbränning och därmed bildning av termisk NO<sub>x</sub>, vilket också styrks från eldningsförsök med olika träpulverkvaliteter.



# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Förädling av biobränslen till pulver har en rad fördelar, bl.a ett homogenerare bränsle som inte fryser ihop, möglar och förlorar substans under lagring. Pulvereldning har förbränningsmässigt stora likheter med eldning av flytande och gasformiga bränslen, vilket innebär att bränslehanteringen och förbränningen blir relativt okomplicerad jämfört med eldning av oförädlade bränslen i fluidbäddar och roosterpannor. Förbränning av biobränslebaserat pulver synes ha förutsättningar att öka i Sverige genom att flera kol- och oljeeldade anläggningar konverterats till biobränslebaserat pulver eftersom de fossila bränslena har höga miljöavgifter. Dessa konverteringar är särskilt intressanta genom att befintliga pannutrustningar ofta kan utnyttjas.

Rörflen som skördas på våren har en låg fukthalt på endast 10 - 15 %. Denna låga fukthalt är svår att uppnå vid sommar/höst skörd. Vidare har vårskördad rörflen den egenskapen att asksmältpunkten är hög och klor/alkaliinnehållet lågt till skillnad mot halm eller sommar/höst skördad rörflen (Burvall J., 1993). Dessa *förbättrade bränsleegenskaper* är mycket viktiga vid pulvereldning och gör därmed bränslet intressant att vidareförädla.

Mot den bakgrunden har projekt startats för att undersöka möjligheten att använda rörflen som bränsleråvara vid pulvertillverkning. Arbetshypotesen har varit att undersöka om det är tekniskt möjligt att framställa ett pulverbränsle utan den fördyrande och energikrävande torkprocessen som bl.a träpulvertillverkning kräver. Förhoppningen har varit att den låga fukthalten skulle uppväga rörflenets högre kostnad som råvara jämfört med billiga fuktiga biprodukter från sågverken. Rörflenet skulle på så sätt kunna utgöra ett komplement till träpulver om en utökning av biopulvermarknaden sker i framtiden.

Pulverbränsle av vårskördad rörflen har hittills visat sig vara en möjlighet att avsätta energigräs genom de övervägande positiva resultat som erhållits i projektets första etapp: Pulverbränsle från rörflen (Burvall, J. Segerud, K. 1993). I detta projekt genomfördes bl.a provmalningar av rörflen som visade att det var möjligt att framställa ett pulverbränsle med liknade fysikaliska och kemiska egenskaper som kommersiellt träpulver. Försöken visade också att vårskördat fälttorkat rörflen inte innebar några tekniska problem att finmala.

I nuläget är pulverframställning av rörflen av flera skäl bäst lämpat i småindustriell skala med en årlig produktion av 10.000 - 15.000 ton pulver (Segerud K. 1993).

Pulvereldning kräver ett väl definierat pulver där partikelstorleksfördelning och fukthalt är särskilt viktiga parametrar för att åstadkomma en bra förbränning.

Alla biobränslen däribland rörflen har en hög halt av flyktiga ämnen, vilket är en fördel vid pulvereldning ur flera synpunkter.

Askans egenskaper är viktiga att undersöka eftersom rörflen innehåller betydligt mer aska än träpulver. Askhalten i rörflen är dock ej högre än i torv som också eldas kommersiellt i pulverform.

## 1.2 Målsättning

I projektets målsättning ingår att genomföra ett fullskaligt malningsprov och en efterföljande fullskalig proveldningen av rörflenpulver. I projektet ingår också att göra en första översiktlig undersökning om rörflen ger några speciella problem jämfört med träpulver vid tillverkning av pulver samt vid efterföljande hantering och förbränning, samt omhändertagande av flyg- och bottenaska.

## 2. MATERIAL OCH METODER

### 2.1 Pulvertillverkning

I projektets inledning planerades att malningsprovet skulle förläggas till träpulverfabriken i Ulricehamn. Inledande försök med rörflen visade dock att problem uppstod i transportskruvarna där det hackade rörflenet fastnade.

Pulvertillverkningen förlades därför till Brikettfabriken i Norberg AB, som ägs av Svensk Brikettenergi AB. Företaget tillverkar briketter, pellets och träpulver. Pulvret har tillverkats i anläggningens hammarkvarn.

En kvantitet av ca 60 ton rörflen i högdensitetsbalar leverades i tåkta fordon till fabriken. Det vårskördade rörflenet kom dels från Uppsala skördat 1992 dels från odlingar i Eskilstuna som skördades 1993.

Följande delmoment har behandlats vid pulvertillverkning:

- Sönderdelning av balar
- Transport av hackat rörflen fram till kvarnen
- Malning
- Torkeffekt i kvarnen
- Hantering av pulver
- Lastning i pulverbil
- Arbetsmiljö

### 2.2 Proveldning av pulver

Proveldningen genomfördes i Drefviken Energi AB:s anläggning i Jordbro söder om Stockholm. Pannan har en effekt av ca 30 MW med träpulver. Proveldningen genomfördes i Panna 3. De två brännarna på vardera ca 15 MW, har levererats av Pillard Feuerungen GMBH. Dock har Drefviken Energi AB själva genomfört intrimningen. Brännarna sitter i toppen på pannan.



Jordbroanläggningen har ytterligare en panna (P4) klar för träpulvereldning till hösten 1993. Denna panna 4 har försetts med nya brännare från Petrokraft.

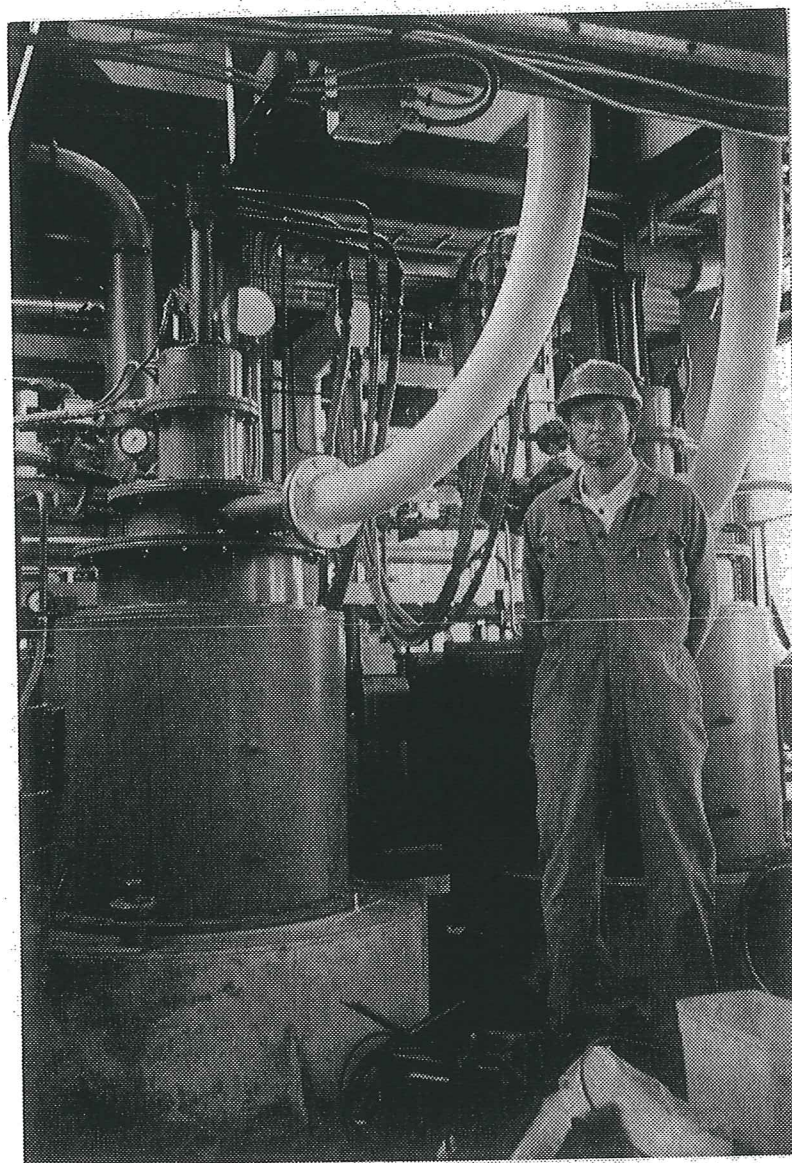


Bild 2:1. De två Pillard-brännarna i toppen på pannan. Pulverbränslet transporteras tillsammans med en del av förbränningsluften i de två ledningarna.

Valet av Jordbroanläggningen har motiverats av följande:

- Godkända mätutrustningar för  $SO_x$ ,  $NO_x$  finns installerade
- Börvärden och grundinställningar inför ett prov med rörflen underlättas av värdefulla erfarenheter från tidigare prov med olika träpulverkvaliteter, olivkärnor, torv och kol.
- Personalen vid anläggningen är positivt inställda till försök med olika pulverbränslen däribland rörflen.

Följande delmoment har behandlats vid eldningsförsöket:

- Hanteringsegenskaper hos pulvret i samband med lossning av pulverbil
- Hantering av pulver från silo till brännare
- Förbränningsegenskaper
- Effekt
- Driftparametrar; O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> och rökgastemperatur
- Miljöparametrar; SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO och HCl
- Bränslekaraktärisering
- Askanalyser
- Dokumentation av askan

### 2.3 Bränsle- och askanalyser

Följande metoder har använts vid pulver- och askanalyser:

Värmevärde	SS 18 71 82
Askhalt/oförbränt	SS 18 71 71
Fukthalt	SS 18 71 70
Halten flyktiga ämnen	ISO 562
Kol-väte-kväve	LECO
Svavel	SS 18 71 77
Klor	SS 18 71 85
Huvudelement	ICP
Spårelement	Atomabs/grafitugn.
Askans Smältförlopp	ASTM D 1857

### 2.4 Kartläggning av marknadens pulverbrännare

Det finns ett stort antal tillverkare av pulverbrännare i Skandinavien och Europa. Arbetet har syftat till att kontakta dessa och att få en första uppfattning angående möjligheten att använda rörflöden som pulverbränsle utifrån tillgängliga analysdata från pulvrets kemiska och fysikaliska egenskaper.

## 3 RESULTAT

### 3.1 Pulvertillverkning

#### Snittning

Högdensitetsbalarna revs i en inhyrd Farmhandrivare. Denna maskin var av en mindre typ än den som testades i tidigare projekt (Burvall, J., Segerud, K. 1993). Det snittade materialet var mycket torrt med en fukthaltsvariation inom 8.5 - 13 % (figur 3:1).

För att erhålla en rimlig kapacitet användes ett relativt grovt såll som gav snittat material med längd upp till 8 cm.



Det fanns inget färskt grönt gräs med i det vårskördade rörflenet. Det dammade mycket kraftigt vid snittningen av balarna. I en kommersiell tillverkning av pulverbränsle måste dammproblemen vid snittning lösas. Det finns flera tekniska lösningar som beskrivs i projektets första etapp (Burvall J., Segerud K., 1993). Dammproblemen måste noga beaktas också ur arbetsmiljösynpunkt.

Efter rivning stackades materialet under tak på en betongplatta. Därefter användes en baklastare med skopa för att överföra det snittade gräset till en självmatande kontainer för att senare transporteras till kvarnens doseringsficka. För att minska risken för hängning av gräset fylldes aldrig doseringsfickan helt utan materialet rasade direkt ner på fickans botten som var försedd med utmatningsskrub. Därefter transporterades gräset pneumatiskt till kvarnen.

### Finmalning

Innan fullskaleprovet genomfördes testades om det befintliga 2 mm sållet vid träpulvertillverkning kunde användas. Efter siktanalys konstaterades att detta såll gav större andel finmaterial ( $< 0.25$  mm) jämfört med malning av trä (*tabell 3:1*). Efter diskussion med driftledning och personal vid Drefviken Energi bestämdes att 2 mm sållet var lämpligt eftersom det kan vara en fördel att ha finfraktionen överrepresenterad i ett "nytt" bränsle, vars förbrännings-egenskaper är okända.

Det var dock överaskande att vi erhöll en större mängd finandel i denna kvarn med 2 mm såll än vid tidigare malningsprov med 1 mm såll i samma kvarntyp i Danmark (Burvall, J., Segerud K. 1993). Orsakerna till detta kan vara:

- Kvarnens kondition (slitagenivå)
- Materialets uppehållstid i kvarnen
- Matningshastigheten
- Torrare rörflen som därmed är sprödare

Kapaciteten i hammarkvarnen uppgår normalt till ca 4 ton /h vid tillverkning av träpulver med 2 mm såll. Vid tillverkning av rörflenpulver blev kapaciteten endast ca 2 ton/h, vilket beror på två orsaker. Den ena att kvarnen inte erhöll maximal matning genom den mycket låga skrymdensiteten i materialet. Den andra att kvarnens textilfilter måste blåsas rent betydligt oftare än vid träpulvertillverkning beroende på den höga andelen finmaterial. Efter kvarnen matades pulvret till utlastningssilon och sedan slutligen till lastbilens bulkcontainrar.

Provtagning genomfördes för att undersöka dels spridningen i torrhalter hos snittat materialet och i pulvret dels för att undersöka om det sker någon ytterligare torkning i kvarnen. Prov togs var 30:e minut först på snittat material innan kvarnen och därefter omedelbart på pulvret efter kvarnen. Denna provtagning genomfördes under hela malningsproceduren.

Av (*figur 3:1*) och (*tabell 3:2*) framgår att bränslets fukthalt reducerades i kvarnen med 1.4 % enheter. I (*figur 3:1*) framgår också att "torkeffekten" i

kvarnen är större ju lägre torrhalten är i ingående material. En torkeffekt vid malning konstaterades även vid tidigare försök i Danmark (Burvall J., Segerud K. 1993). Torkeffekten beror till största delen på friktion i materialet samt en fuktutjämning mellan material och luft, genom den stora luftmängd som passerar genom kvarnen. Spridningen (standard avvikelsen) i torrhalter är större i det snittade gräset, 0.83, än i pulvret där motsvarande värde är 0.55. Medelvärdet för fukthalten i snittat material uppgår till 9.8 % medan pulvrets fukthalt blev 8.4 % (tabell 3:2).

En hypotes är att en ytterligare fukthaltsutjämning sker i samband med lagring i silon, lastning i pulverbil, utlastning vid förbränningsanläggningen samt transport till brännaren.

*Tabell 3:1. Siktanalys av rörflen och träpulver framställt i en hammarkvarn med 2 mm såll i båda fallen. Sållning har genomförts med DIN-siktar i skakapparat under 5 minuter.*

*Table 3:1. Sieve analyses of RC-grass and wood powder manufactured in a hammer mill with 2 mm sieve in both cases. The sieve analysis has been made in DIN-sieves in a sieve equipment for 5 minutes.*

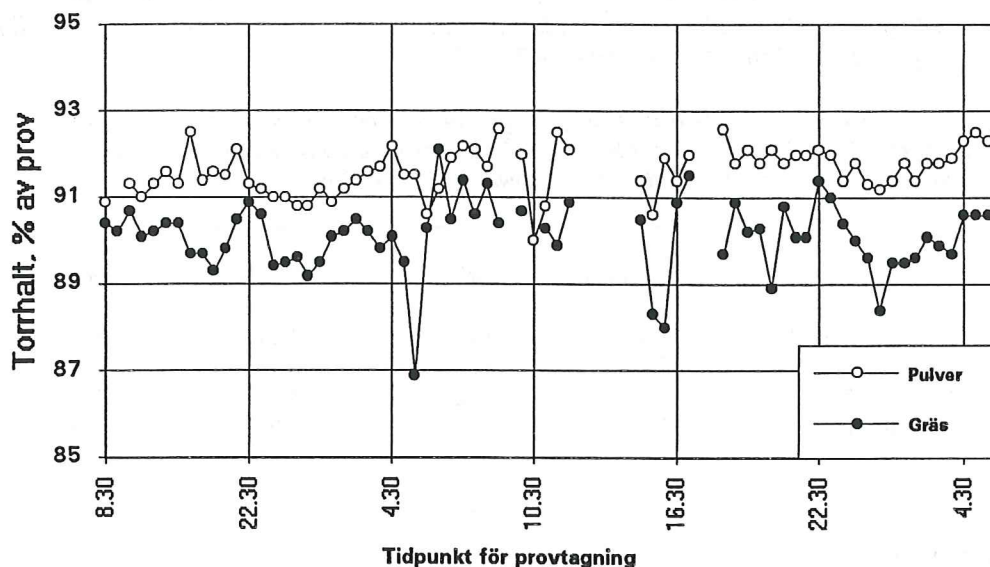
	siktar i mm						
	mindre än 0.25	0.25	0.315	0.50	0.80	1.0	2.0
Rörflenpulver (vikts %)	41.6	4.2	28.2	25.2	0.5	0.2	0
Träpulver (vikts %)	15.0	6.2	13.3	55.7	6.8	2.8	0.2

*Tabell 3:2. Statistisk behandling av fukthaltsvärden (i %) från analys av snittat gräs före kvarn och pulver efter kvarn.*

*Table 3:2. Statistical treatment of the moisture content values in % from analysis on cutted grass before the mill and on powder after the mill.*

	antal prov	medelv.	st. avvikelse	median	max	min
Pulver	67	8.38	0.5543	8.4	10	7.3
Rivet gräs	67	9.89	0.8324	9.8	13.1	7.9





Figur 3:1. Spridningen i torrhalter på prov tagna var 30:e minut på snittat respektive pulveriserat gräs. Omräkning till fukthalt:  $100 - \text{torrhalten}$  i %.

Figure 3:1. The variation of dry matter content in samples taken in 30:e minutes interval on cutted grass and powder. The drymatter content could also be calculated as moisture content:  $100 - \text{the drymatter content}$ .

### Lagring och transport

Lossning av pulvret från silon och lastning i bulkbilarna kunde genomföras problemfritt. Efter vägning av fordonen vid pulverfabriken konstaterades att rörflynpulver har 11 - 15 % lägre skrymdensitet än träpulver (tabell 3:3).

Laboratiemätningar av skrymdensitet hos pulver visade dålig korrelation till densitet i bulkbilarna (tabell 3:3). Detta visar behov av att ta fram relevanta analysmetoder för mätning av skrymdensiteten i laboratorium. Rörflynpulver har lägre energivärde (MJ/kg) än träpulver vilket medför att 21 - 25 % mindre energimängd transporteras i bilarna. Transportekonomi med rörflynpulver kan närmare studeras i följande rapport: Rörflynpulver i stora värmeverk (Segerud K. 1993).

**Tabell 3:3. Skrymdensitet i bulkbilar respektive laboratorieanalys i 500 ml mätglas (Burvall J., Segerud K. 1993). Energiinnehållet per m<sup>3</sup> och lass redovisas även, baserat på ett energiinnehåll för rörflenpulver på 4.2 MWh/ton och för träpulver 4.7 MWh/ton.**

**Table 3:3. The bulk density in bulk trucks compared to laboratory analysis in a 500 ml glass (Burvall J., Segerud K.). The energy content per m<sup>3</sup> and cargo are based on net. heating values as following: RC-grass powder 4.2 MWh/ton, wood powder 4.7 MWh/ton.**

	vikt (ton)	kg/m <sup>3</sup>	MWh/m <sup>3</sup>	MWh/lass
Bulkbil 1. rörflen (90 m3)	14.3	159	0.67	60
Bulkbil 2. rörflen: (144 m3)	25.2	175	0.74	106
Bulkbil 1. trä (90 m3)	16	178	0.85	75
Bulkbil 2. trä(144 m3)	30	208	1.0	141
<i>Lab. försök</i>				
Löst rörflen		196		
Hopskakad rörflen		265		
Löst trä		190		
Hopskakad trä		295		

### Sammanfattning av fullskaligt malningsförsök

Försöket visar att det är möjligt att tillverka rörflenpulver även i industriell skala. Hantering av snittat material innan malningen är dock ett besvärligt moment genom den låga skrymdensiteten och valvbildningsproblematiken. Kraftig dammning uppstod i den öppna snittarutrustningen. I en tilltänkt pulverfabrik för rörflen bör dessa problem minska genom sluten hantering i undertyck, finare snittning (2 - 3 cm) och pneumatisk transport av gräset hela vägen till kvarnen. Genom att materialet blandas i så många olika steg utjämnas de fukthaltsvariationer som finns mellan och inom balarna. Detta förutsätter dock att leverans av balar till eventuell kommersiell pulverframställning bör hålla en jämförbar kvalitet med de balar som användes i detta försök.

I kvarnen sker en torkningseffekt på i medeltal 1.4 %-enhet och en omblandning som resulterar i ett pulver med låg spridning av fukthalt. Kvarnens filter bör optimeras för att klara den högre finandelen (< 0.25 mm) i rörflenpulver. Eftersom inga problem uppstod vid hantering av rörflenpulver i anläggningen och vid lastningen av bilarna bör hanteringsegenskaperna kunna likställas med träpulver. Rörflenpulver har 11 - 15 % lägre skrymdensitet (\*) än träpulver. Detta är dock förvånande med tanke på den högre finandelen i rörflenpulvret. Troligen beror densitetsskillnaderna på partiklarnas form och utseende.

(\*) Skrymdensitet är samma begrepp som bulkdensitet



### 3.2 Provedning av pulver

#### Lossning av pulverbil

Lossningen sker så att komprimerad luft blåses in i respektive pulverbehållare på bilen. Pulvret fluidiserar och kan sedan sugas ut ur behållaren. Lossning av en pulverbil med träpulver tar normalt 1 till 2 timmar, vilket tidsmässigt även gäller för rörflen.



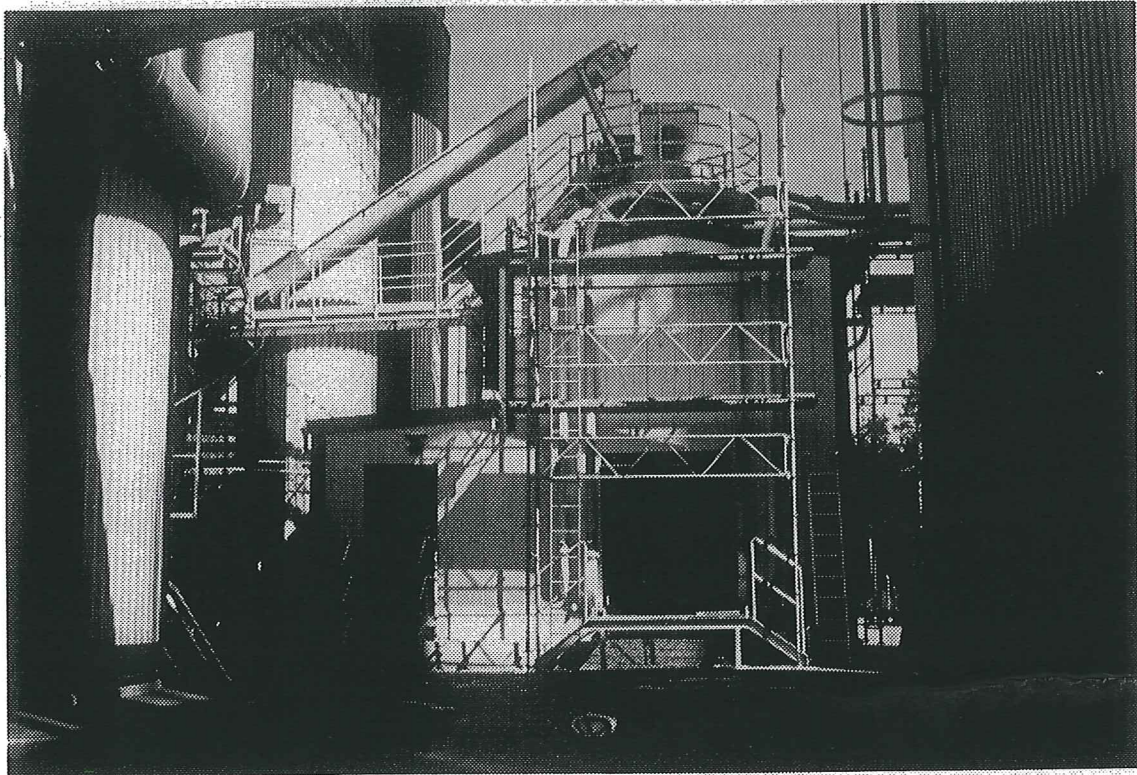
Bild 3:2. Lossning av rörflenpulver vid Jordbroanläggningen.

Pulvret transporteras sedan vidare till bränslesilon (*bild 3:3.*) och därefter går materialet vidare med bandtransportör till en mindre dosersilo (*bild 3:4.*). Från dosersilon skruvades sedan bränslet vidare till en slussmatare varefter ett pneumatiskt system tar vid för transport i två ledningar till brännarna.





**Bild 3:3. Bränslesilo vid Jordbroanläggningen. Silon rymmer 800 m<sup>3</sup> pulver. Parallellt med silon står akumulator tanken.**



**Bild 3:4. Dosersilo som rymmer 12 m<sup>3</sup> pulver.**





Bild 3:5. Vy över pannhuset vid Jordbroanläggningen.

#### Drift av pannan och iakttagelser under provet

Proveldningen planerades så att silon skulle innehålla träpulver för ca 12 timmars drift och när bränsle för 2 timmars drift återstod skulle rörflenpulvret fyllas i silon från pulverbilarna. Därigenom skulle en "glidande" övergång till rörflenpulver ske och minska risken för att trimma bort rörflenpulver i onödan innan de verkliga mätningarna skulle påbörjas. Genom den begränsade mängden rörflen skulle inte inställda börvärden från träpulvereldningen ändras.

På grund av olyckliga omständigheter avstannade träpulvereldningen innan pulverbilarna från Norberg anlant. Därför måste pannan startades upp på nytt kl 8.00 den 2:a Juni med rörflenpulver och stödolja, oljan kunde dock kopplas bort redan efter ca 45 minuter. En stabil förbränning med enbart rörflenpulver inleddes. Redan på ett tidigt stadium under provet konstaterades relativt höga  $\text{NO}_x$ -värden.  $\text{O}_2$ -halten justerades därför ner så långt som möjligt, 1.6 %  $\text{O}_2$ , tills en  $\text{CO}$ -halt på 100 - 200 ppm erhöles. Bränslet räckte till ca 7 timmars drift dag 1. Detta berodde på att pulverbilen inte hann leverera lasten till Drefviken innan bränslet tog slut. Av den anledningen startades pannan upp på nytt dag 2 med samma inställningar. Bränslet räckte då endast för ca 3 timmars drift.

Totalt eldades 55 ton rörflenpulver under de två dagarna. Pannan är försedd med inspektionshål på flera ställen i vilka flammen kan studeras. Närmast brännaren var flammen vit vilket tyder på en hög flammtemperatur. I botten på pannan byggdes kontinuerligt upp ett "fluffigt" lager av aska på några centimeter.



Rökgastemperaturen efter ekonomizern låg på ca 90 °C vid rörfleneldning och ca 110 °C vid träpulvereldning vid ca 25 MW i båda fallen.

#### Askans egenskaper

När pannan svalnat genomfördes en besiktning av dess innandöme (*bilaga 1*). Tyvärr kunde inte någon besiktning ske inne i pannan innan provet med rörflen genomfördes.

Prov togs på de beläggningar som med största sannolikhet uppstod från rörflenbränslet och askproven har analyserats. Resultaten visade att askan till övervägande del, ca 80 %, bestod av SiO<sub>2</sub>. Askan var ej sintrad utan mer av "fluffig och lätt blåsbar" karaktär. Gängse stoftreningsmetoder är troligtvis användbara.

Efter rörflenprovet eldades träpulver. I samband med detta konstaterades att askan från rörfleneldningen bildat valv vid stoftsändaren. Detta ledde till en glödbbrand i elfiltret.

Provet visar att rörflenets relativt höga askhalt och dess egenskaper kräver en betydligt längre driftsperiod för att undersöka vilka följder som askan får för anläggningens tillgänglighet, effektuttag, verkningsgrad mm.

Mikroskopanalys gjordes för att jämföra partiklar av rörflen- och träaska (*bild 3:6. och 3:7*). Av bilderna framgår att rörflenaskan har större partiklar med oregelbunden form som gör att de lätt kan haka i varandra utan att ligga tätt intill varandra. Detta förklarar till stor del askans "fluffiga" karaktär, låga densitet och benägenhet att bilda valv. Träpulverasaka har en mer mjölliknande konsistens. Beläggningar av aska har även uppstått i värmeöverföringsytorna i pannans konvektionsdel "tornen" (*bild 3:10.*). Det är oklart om askan enbart kommer från rörflen. Påslag på stagbultar i pannan borde dock enbart vara rörflenaska (*bild 3:9*).

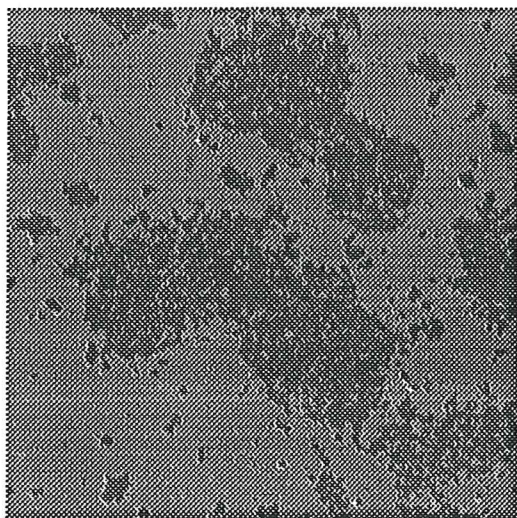


Bild 3:6. Träaska

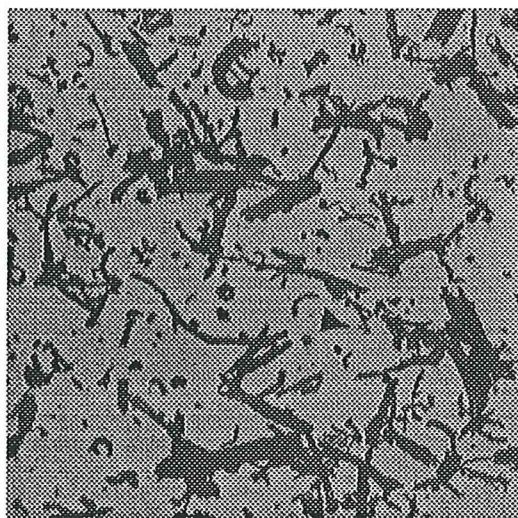
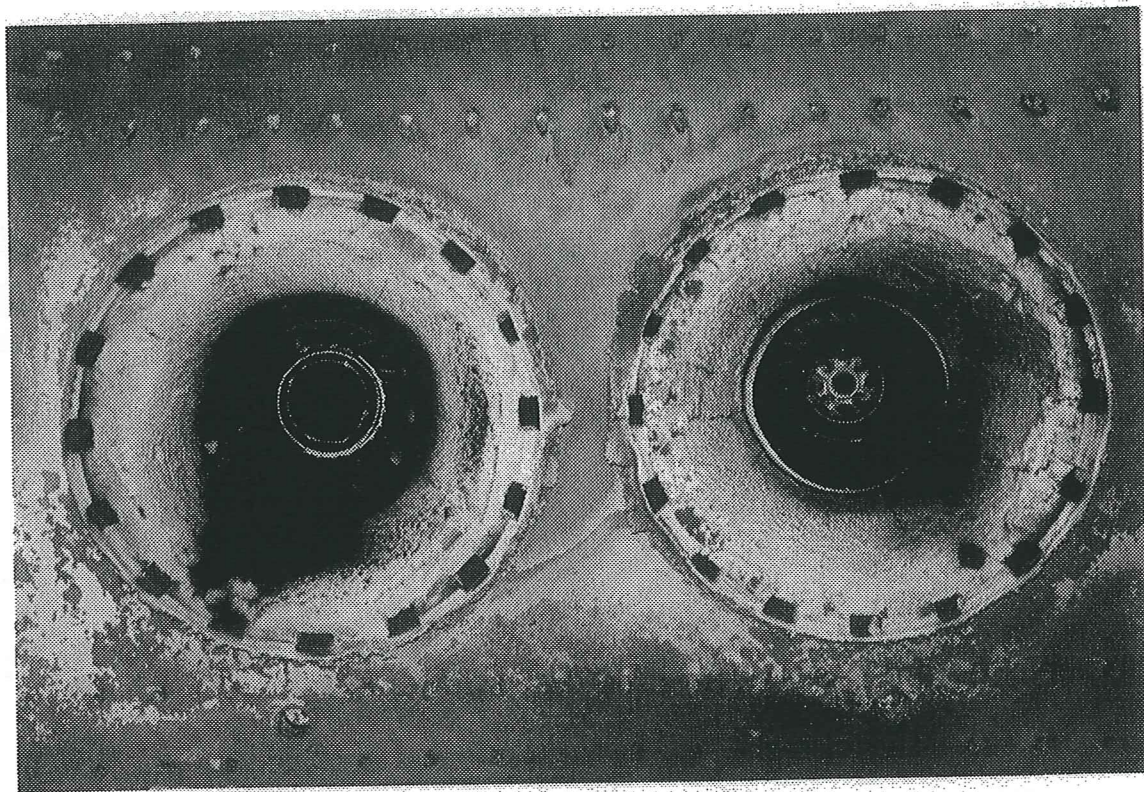
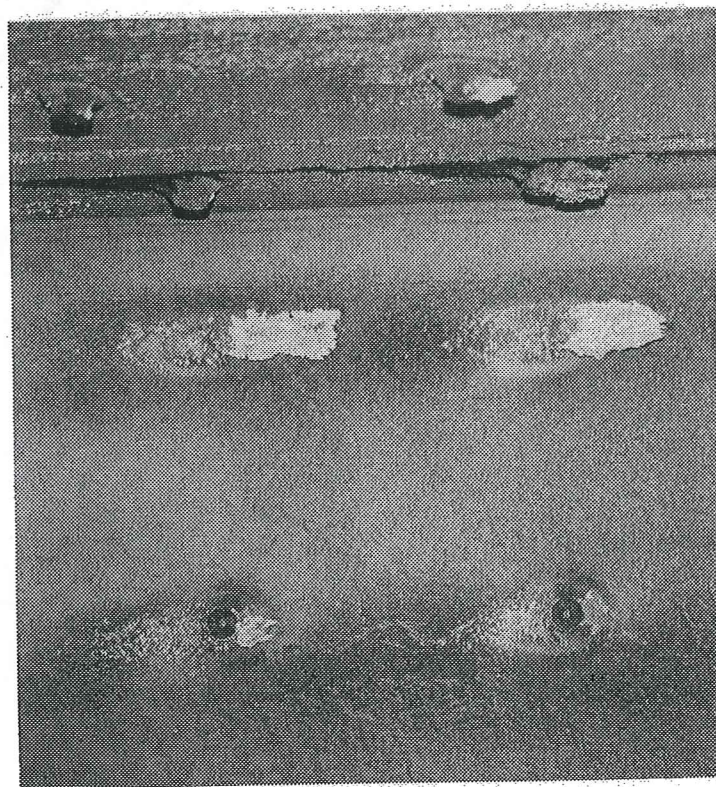


Bild 3:7. Rörflenaska



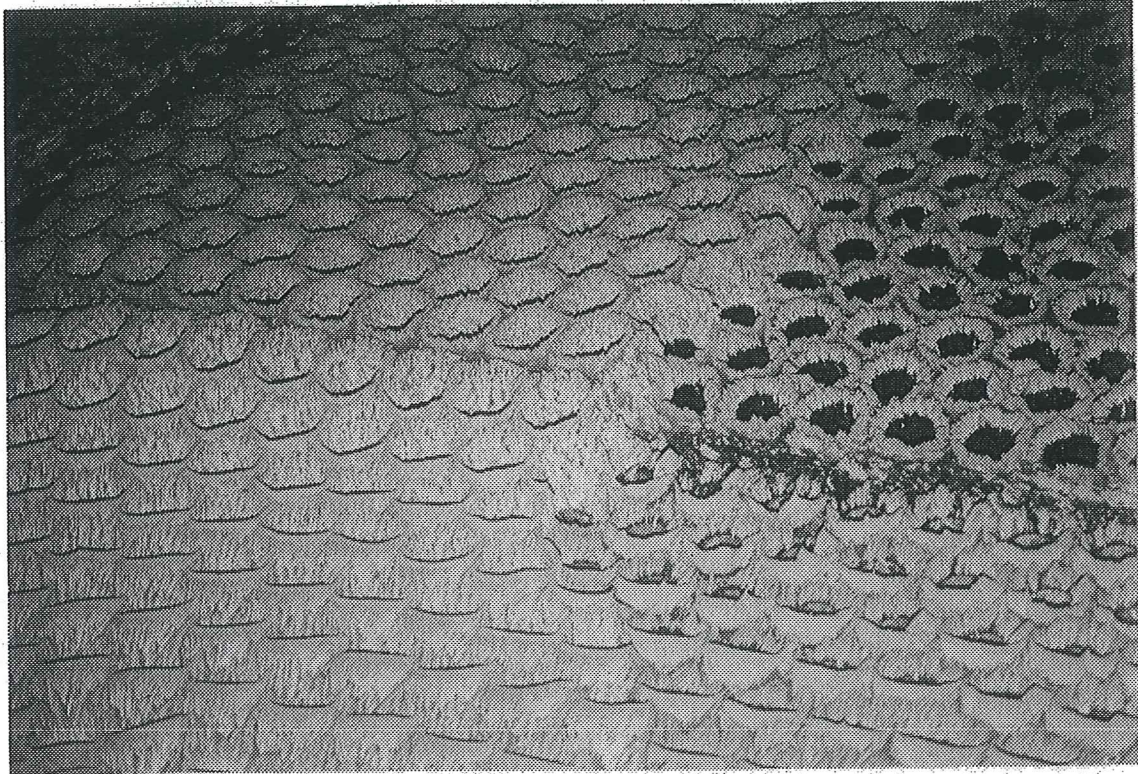


**Bild 3:8. Brännarna underifrån. Oljelans för stödolja sitter i den högra brännarens centrum.**

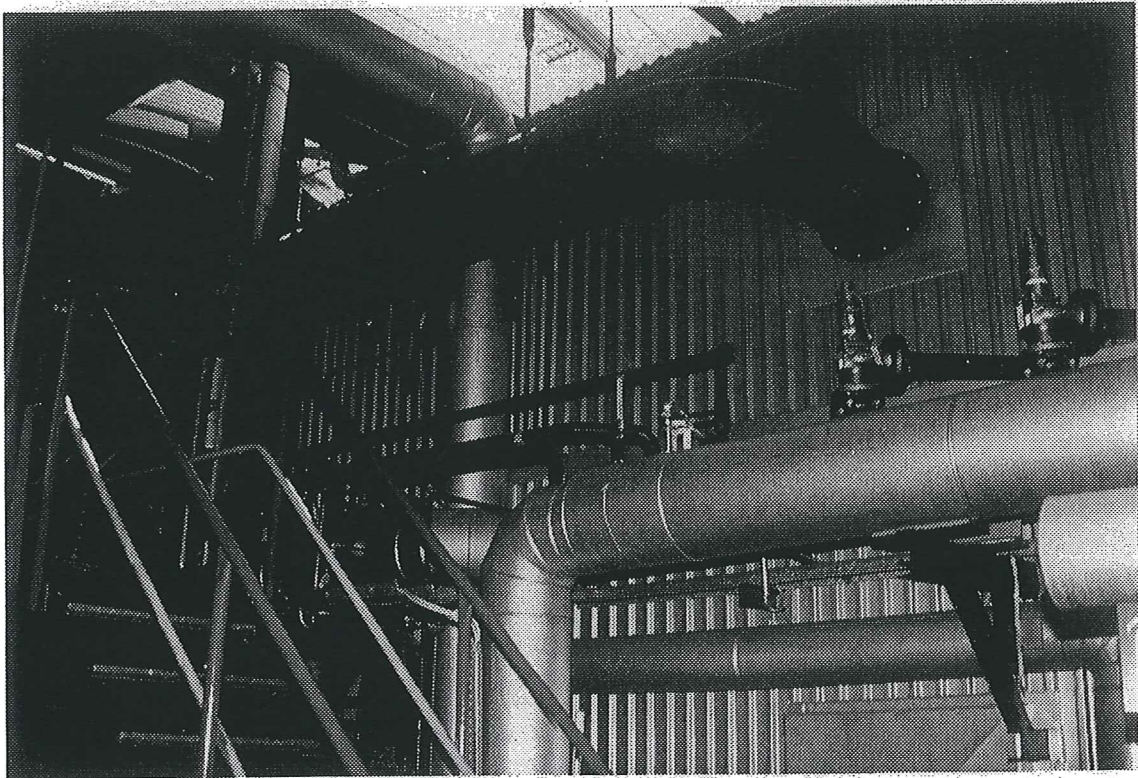


**Bild 3:9. Påslag av rörflenaska på stagbultar i pannan.**





**Bild 3:10. Påslag av aska på värmeöverföringsytor "torn 1" i konvektionsdelen.**



**Bild 3:11. Kulsotning i panntoppen**



### 3.2.1 Panneffekt och emissionsmätningar

Samtliga resultat redovisas i *figur 3:2* och *tabell 3:5*.

#### Effekt

Provet inleddes med ca 70 % last under de första två timmarna (60 r p m på matningsskruvarna till brännarna, vilket gav en panneffekt på ca 20 MW. Därefter ökades bränslematningen motsvarande fullast (80 r p m), vilket gav en effektökning till ca 26 MW. Med träpulver kan pannan maximalt prestera en effekt av 32 MW. Den lägre effekten med rörflen förklaras av att gräset har ca 12 % lägre energiinnehåll än trä i MWh/ton (*tabell 3:6*). En hypotes är att effekten bör kunna öka med rörflen om bränslematningen optimeras utifrån energiinnehållet i rörflenpulvret.

#### CO/O<sub>2</sub>

CO-värden är jämförbara med de värden som erhålls vid träpulvereldning. CO-halten är ca 150 ppm vid en O<sub>2</sub>-halt på 1.6 %, vilket är ett anmärkningsvärt lågt luftöverskott och därmed gynnsamt för en hög verkningsgrad. Vid träpulvereldning är O<sub>2</sub>-halten 4 - 4.5 %. Det är möjligt att erhålla en ännu lägre CO-halt vid trimning och/eller med ökad O<sub>2</sub>-halt vid rörfleneldning (det kan eventuellt ske på bekostnad av verkningsgraden).

#### SO<sub>x</sub>

Rörflen innehåller 0.1 % svavel, vilket gav emissioner på ca 30 - 45 mg SO<sub>2</sub>/MJ. En del av svavlet binds i askan som i huvudsak kalium- och kalciumsulfat. Att beräkna svavelbindningen i askan i detta prov är dock vanskligt eftersom provet var kort och att stödoljan, som användes inledningsvis, innehåller svavel. Provet visade även att en ökad eldstadsbelastning ger högre svavelutsläpp, vilket kan bero på minskad svavelbindning i askan vid högre temperaturer.

Eftersom rörflen är ett bibränsle erlaggs *ej svavelavgift*. Utsläppen är dock relativt låga vid en jämförelse med torv- och koleldning utan rökgasavsvavling. Av fasta bränslen ger trädbränslen de lägsta utsläppen som regel < 10 mg SO<sub>2</sub>/MJ. För nya koleldade anläggningar är utsläppskraven maximerade till 50 mg SO<sub>x</sub>/MJ. Vid sameldning av bibränslen och bränslen med högre svavelhalt, främst kol och torv, kan en avsevärd svavelreduktion erhållas, under vissa betingelser, genom innehållet av alkaliska ämnen i bibränslen som ger en svavelbindning i askan. (Nordin A., 1993).

#### NO<sub>x</sub>

Emission av kväveoxider blev relativt hög, 210 - 290 mg NO<sub>2</sub>/MJ för rörflen vid en jämförelse med de ur NO<sub>x</sub>-synpunkt bästa trädbränslet (*tabell 3:4*). Redan inledningsvis konstaterades de höga värdena och luftöverskottet (O<sub>2</sub>-halten) sänktes därför från ca 4 % till 1.6 %. Någon säkerställd minskning av NO<sub>x</sub> erhöles dock inte. Orsaken till emissionsnivåerna med rörflen kan bero på en rad faktorer såsom:

- *Kvävehalten* är generellt sett högre hos rörflen än i trädbränslen (tabell 3:6). En hög halt av kväve i bränslet behöver dock inte alltid leda till några större ökningarna av NO<sub>x</sub>. Vid träpulvereldning i Kalmar (30 MW) är NO<sub>x</sub>-emissionerna 90 - 100 mg NO<sub>2</sub>/MJ vid 0.16 % N-halt i bränslet. Vid träpulvereldning med 1.5 - 3.1 % N-halt i bränslet ökar NO<sub>x</sub>-emissionerna till ca 145 mg/MJ (Lindman E-K., Ingvarsson P. 1993), vilket är en måttlig ökning mot bakgrund av den stora skillnaden i kvävehalt.

- *Hög finandel* i pulvret och därmed en benägenhet till snabb antändning har även givit högre NO<sub>x</sub>-värden för träpulver (tabell 3:4). Försök vid VTT:s laboratorium i Jyväskylä Finland har visat att minskad spridning i partikelstorleksfördelning i pulver medför minskade NO<sub>x</sub>-emissioner (Huotari J. 1992).

- *Fukthalten* hos rörflen är däremot lämplig ur NO<sub>x</sub>-synpunkt (tabell 3:4). En låg mycket fukthalt ger intensivare förbränning med högre NO<sub>x</sub>-emissioner.

- *Eldstadsbelastning*, där mätresultaten också indikerar att NO<sub>x</sub> värden ökar vid ett högre effektuttag, vilket tyder på bildning av termisk NO<sub>x</sub> (Huotari J. 1989).

Reduktion av kväveoxider är även en fråga om *intrimming av brännaren* för det aktuella bränslet. *Pannans form, konstruktion, storlek och brännarplacering* har också stor betydelse för NO<sub>x</sub>.

Drefvikenanläggningen emitterar ca 10 kg/NO<sub>x</sub> per timma med det "bästa" träpulvret och ca 25 kg NO<sub>x</sub> per timma vid rörfleneldning. Kostnaden för NO<sub>x</sub>-emissionerna uppgår till ca 15 kr/MWh för trä respektive ca 40 kr/MWh för rörflen. Ytterligare försök med rörflen är därför både ur miljö- och ekonomiska skäl nödvändiga för att reducera NO<sub>x</sub>-emissioner så långt som möjligt.

*Tabell 3:4. NO<sub>x</sub>-emissioner vid Jordbroanläggningen med olika träpulverkvaliteter som funktion av panneffekt, olika fukthalter och partikelfördelning (vikts %). Mätvärden från provet med rörflen ingår även som jämförelse.*

*Table 3:4. NO<sub>x</sub>-emissions for the heating plant Jordbro, with different quality of wood powder and different output power, different moisture content and particle size distribution. Emission values for RC-grass are also given.*

Träpulver	1	2	3	rörflen
Effekt (MW)	20-30	20-32	21-29	20-26
Fukt %	6-9	4-5	2-4	8-9
Partikelfördelning > 1 mm (vikts %)	1	0	0.2	0
0.5 - 1mm	52	23	35	26
< 0.5 mm	47	77	64	74
NO <sub>x</sub> (mg/MJ)	70-100	120-180	ca 290	210-290



## HCl

Mätningar av saltsyra (HCl) har genomförts med anledning av att rörflen innehåller något mer klor än träbränslen (*tabell 3:6*). På grund av att träpulvereldningen avstannade tidigare än beräknat utfördes ej mätningar av saltsyra vid träpulvereldning för en jämförelse med rörflen. Mätresultaten under 65 respektive 95 minuter visar värden på 5.8 respektive 7.1 mg HCl/m<sup>3</sup> n torr gas för rörflen (*bilaga 1*). HCl mäts mycket sällan vid biobränsleeldning eftersom klorhalterna i allmänhet är låga i biobränslen med undantag av halm och gräs som skördas under sommaren.

Vid träpulvereldning i Hässelbyverket har HCl-halten vid ett måttillfälle bestämts till 7 mg/m<sup>3</sup> n med en klorhalt på 0.01 % i träpulvret (E-K Lindman, Ingvarsson P. 1993). De uppmätta värdena i Drefviken ligger därmed i nivå med träpulvereldning och HCl-emissionerna får betraktas som låga och utgör knappast något korrosions- eller miljöproblem.

## Förklaringar till mätparametrar

### CO<sub>2</sub>

Koldioxidhalten används som styrparameter av förbränningen tillsammans med syrehalten.

### CO

Halten kolmonoxid i rökgasen indikerar hur fullständigt förbränningen sker. Höga CO-halter kan leda till bildning av miljöfarliga föreningar bl.a. polyaromater PAH. CO-halten brukar vara ett "känslspröt" för driftpersonal att bl.a. minimera kväveoxidutsläpp och PAH samt att hålla en hög förbänningsverkningsgrad genom att luftöverskottet hålls så lågt som möjligt, dock utan att CO-halten blir oacceptabelt hög.

### NO<sub>x</sub>

Kväveoxider NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) bildas vid förbränning beroende dels på luftkvävet dels på det bränslebundna kvävet. Bidningsmekanismen för kväveoxider är dock mycket komplex och det satsas mycket forskning i Sverige och internationellt för att minska utsläppen (Hjalmarsson A. K., 1993). Kväveoxider (NO och NO<sub>2</sub>) reagerar framförallt med luftens fuktinnehåll och det bildas salpetersyra som verkar försurande. Övergödning av skog, sjöar och vattendrag kan även bli ett faktum i känsliga områden med hög belastning av NO<sub>x</sub> utsläpp. Kväveoxider (NO<sub>x</sub>) har därför belagts med en utsläppsavgift på 40 kr/kg NO<sub>x</sub>, där syftet är att det ska löna sig att minska NO<sub>x</sub>-utsläppen. NO<sub>x</sub> avgiften gäller pannor över 10 MW med en årlig produktion större än/likamed 50 GWh. Ett schablonvärde på 250 mg NO<sub>x</sub>/MJ kan användas om mätutrustning saknas. Större anläggningar väljer ofta att mäta utsläppen och optimera driften för minsta möjliga emissioner.

### SO<sub>x</sub>

Vid förbränning bildar bränslets svavelinnehåll i huvudsak SO<sub>2</sub> och en mindre mängd SO<sub>3</sub> i pannans omedelbara närhet. När dessa föreningar reagerar med luftens fuktighet bildas svavelsyrighet och efterhand svavelsyra som är starkt försurande. Svavelutsläpp har därför belagts med miljöavgift motsvarande 30 kr/kg S. Detta gäller fossila bränslen och torv och anläggningar med en effekt över 500 kW. Svavelhalten i biobränslen anses från myndigheternas sida som så låg att svavelavgifter inte är berättigade. Svavel är också ett växtnäringssämne så de ringa mängder av svavel som finns i biobränslen anses sålunda ingå i ett kretslopp.

## HCl

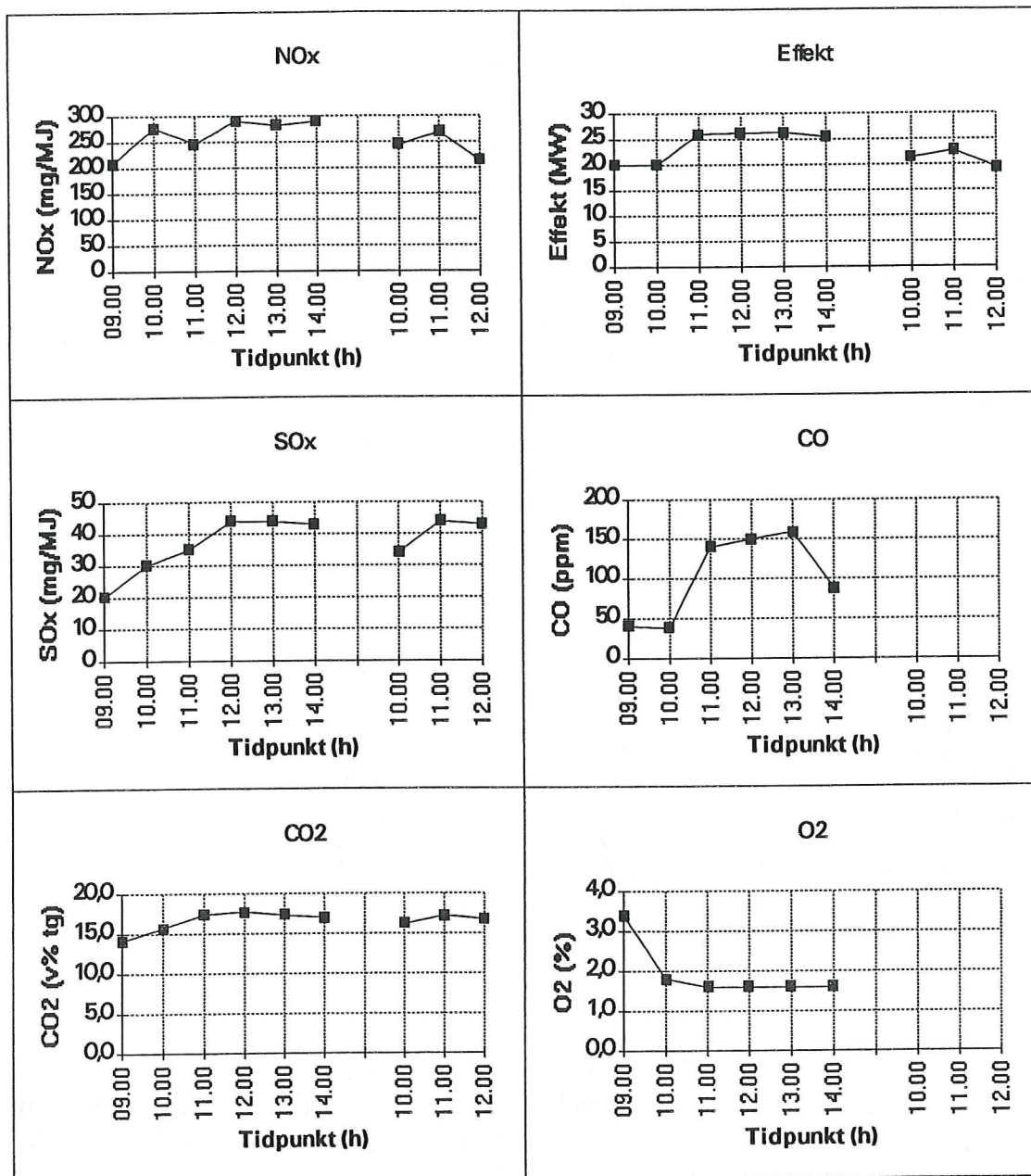
Alla fasta bränslen innehåller klor, allt från mycket låga halter 0.01 % (vissa träbränslen) upp till 1 % (vissa halmsorter). Klorinnehållet i bränslet binds till stor del i askan som kalium- och kalciumklorid vid förbränning men en del av klorer reagerar och bildar saltsyra (HCl). Saltsyra är mycket korrosivt och kan orsaka svår korrosion i anläggningen. En ogynsam förbränning kombinerad med klor i bränslet kan ge upphov till bildning av giftiga klorerade föreningar, däribland dioxiner.

*Tabell 3:5. Mätresultat från proveldning med rörflenpulver i panna 3 Jordbroanläggningen. Angivna värden är timsmedelvärden.*

*Table 3:5. The results from measuring of the emissions with RC-grass in furnace 3 Jordbro heating plant. The values are average values during one hour.*

Drefviken proveldning						
Tidpunkt	NO <sub>x</sub> mg/MJ	Effekt MW	SO <sub>x</sub> mg/MJ	CO ppm	CO <sub>2</sub> v% t.g	O <sub>2</sub> v%t.g.
09.00	208	20	20	40	14,1	3,4
10.00	277	20	30	38	15,7	1,8
11.00	247	26	35	140	17,4	1,6
12.00	291	26	44	150	17,7	1,6
13.00	282	26	44	159	17,3	1,6
14.00	290	25	43	88	17,0	1,6
10.00	245	21	34		16,2	1.6
11.00	268	23	44		17,2	1.6
12.00	215	19	43		16,8	1.6





Figur 3:2. Mätresultat från eldning med rörflenpulver i Jordbroanläggningen.

Figure 3:2. The measuring results from combustion test with RC-grass in Jordbro heating plant.

### 3.2.2 Bränslekaraktärisering

*Tabell 3:6. Bränsledata från generalprov av träpulver och rörflenpulver. Prover tagna i samband med proveldningen.*

*Table 3:6. The fuel characteristics from general samples of wood powder and RC-grass powder. The samples has been taken in conection to the combustion test.*

Analysparameter	träpulver Norberg	vårskördad rörflen
Eff. värmev. MJ/kg ts	18.7	16.9
Eff. värmev. MJ/kg	16.9	15.3
Eff värmev. MWh/ton	4.7	4.2
Torrhalt %	91.3	91.6
Fukthalt %	8.7	8.4
Askhalt %	0.9	8.0
Flyktiga ämnen %	76.6	69.5
Kol %	49.6	45.4
Väte %	6.6	6.1
Kväve %	0.18	0.62
Svavel %	0.01	0.10
Klor %	0.02	0.05
Kalium %	0.20	0.16
Kalcium %	0.10	0.19
Magnesium %	0.02	0.07
Natrium %	0.01	0.01
Kisel %	0.15	3.2
Askans beg. smält. °C IT	1180	1500
Hörn avr. °C ST	1210	1570
Halvsmält °C HT	1220	1600
Helt smält °C FT	1230	1600

Analysresultaten visar att både rörflen- och träpulvret uppvisar bränsleegenskaper som ligger mycket nära de genomsnittliga värden som finns framtagna för dessa bränslen (*tabell 3:7*). De värden som främst skiljer rörflen från trädränslen och som är av stor betydelse vid pulvereldning är den högre askhalten, kiselhalten, kvävehalten, svavelhalten och asksmälttemperaturen. Vårskördad rörflen har betydligt högre asksmälttemperaturer än trädränslen, vilket med största sannolikhet utesluter risk för slaggbildning.



**Tabell 3:7. Bränsldata hos rörflen i jämförelse med andra biobränslen.**  
 Angivna värden avser medelvärden för de olika sortimenten.  
 Elementarsammansättning, halten flyktiga ämnen och askhalt  
 avser % av torrsubstans.

**Table 3:7. The fuel characteristics for RC-grass compared to other biofuels.** The values are average values for the different sorts of fuels. The main composition of elements, volatile matters and ash are given as dry matter.

Analysparameter	rörflen vår	rörflen sommar	halm vete	träd- bränsle	stykke- torv
Eff. värmev. MJ/kg ts	17.2	17.2	17.4	19.2	21.5
Eff. värmev. MJ/kg	14.3	14.3	14.4	8.5	12.0
Fukt %	14	15	15	50	40
Aska %	6	7	7	1.5	4
Flyktiga ämnen %	74	72	73	80	70
Kol %	45	45	46	50	55
Väte %	5.3	5.4	5.5	6.0	5.6
Kväve %	1.0	1.4	0.5	0.3	1.5
Svavel %	0.1	0.17	0.15	0.05	0.25
Klor %	0.05	0.6	0.5	0.02	0.05
Kalium %	0.2	0.8	0.8	0.2	0.05
Kalcium %	0.2	0.4	0.4	0.3	0.5
Magnesium %	0.05	0.2	0.1	0.05	0.05
Natrium %	0.01	0.01	0.1	0.01	0.01
Kisel %	2.3	1.5	1.8	0.4	0.8
Askans beg. smältt. °C	1460	1080	930	1150	1100

### 3.2.3 Askkaraktärisering

Den träaska som ingår i jämförelsen med rörflen är ett generalprov från kontinuerlig drift vid Jordbroanläggningen under mars 1993 med träpulver från Norberg (tabell 3:8). Träaskan innehåller betydligt mer oförbränt än rörflenaskan. Askhalt i bränsle och halten oförbränt måste dock ställas i relation till varandra respektive bränslets energiinnehåll. Halten oförbränt i såväl flyg- som bottenaskan är dock relativt låg och tyder på förhållandevis god utbränningsgrad hos rörflenbränslet.

Rörflenaska innehåller mycket höga kiselhalter. Träaskan innehåller mer alkaliska ämnen och pH-värde blir därför högre. Densiteten i rörflenaska respektive träaska från stoftsändaren uppvisar små skillnader, medan rörflenaskan i pannan har avsevärt lägre densitet. Innehållet av ur miljösynpunkt skadliga tungmetaller är jämförelsevis låga i de undersökta askorna (Burvall J. et al., 1992).

**Tabell 3:8. Analyser av flyg- och bottenaska från pulverförbränning. Proven är tagna vid stoftsändaren efter elfiltret. Träaska avser ett generalprov medan rörflen avser medelvärde av 3 prov. Samtliga resultat är angivna i torrsbstans.**

*Table 3:8. Analysis of fly- and bottomash from powder combustion. The sampels has been taken from the dust distribution after the electrical filter. The wood ash is a general sampel and the RC-grass values are average values from 3 different sampels. All results are given as dry matter.*

Analysparameter	träaska flyg	rörflenaska	
		Flyg	botten
Eff värmev. MJ/kg	8.5	2.0	
Fukthalt %	0.7	1.0	
Oförbränt 550 °C %	23	7.7	3.0
Oförbränt 1000 °C %	35	10.0	
Kol %	28	6.5	
väte %	0.1	0.1	
kväve %	0.2	<0.01	
Svavel %	1.5	0.72	
Klor %	--	0.63	
Aluminium %	0.93	0.3	1.0
Järn %	1.3	0.2	0.5
Kisel %	4.7	36	37
Mangan %	2.1	0.3	0.1
Kalcium %	21	4.0	2.5
Magnesium %	3.0	1.1	0.9
Natrium %	0.8	0.3	0.3
Kalium %	3.9	1.3	1.4
Fosfor %	1.4	0.7	0.4
Kadmium ppm	27	5	
Bly ppm	83	24	
Arsenik ppm	<4	<0.2	
kvicksiver ppm	0.15	<0.4	
pH	13.0	10.2	
Ledningstal mS/cm	900	104	
Densitet g/1000 ml	320	290	195



### 3.2.4 Kartläggning av marknadens pulverbrännare

Följande tillverkare/generalagenter har tillfrågats och samtliga har svarat efter brevkontakt (*bilaga 2*).

Petrokraft (*bilaga 3*)

Schoppe (*bilaga 4*)

Burmeister & Wain (*bilaga 5*)

Pillard (*bilaga 6*)

Saacke/Coen (*bilaga 7*)

Energima/Studsvik VTS (*bilaga 8*)

#### Sammanfattning av brevsvår

Den allmänna uppfattningen är att rörflen borde kunna eldas som pulver. Den relativt höga fukthalten ca 10 % anser några av tillverkarna vara i högsta laget, vilket kan ge problem att erhålla en optimal förbränning (Petrokraft) (Burmeister & Wain). En brännartillverkare (Pillard) anser dock att 15 % fukthalt inte bör vara något problem.

Rörflenets höga andel flyktiga ämnen anses som positivt och därmed är kravet på fina partiklar mindre. Rörflenets höga askhalt innebär att askutmatning i botten på pannan kan bli nödvändig. Eldstadsbelastningen bör inte vara allt för hög eftersom rörflenets relativt höga kvävehalt leder till förhöjda NO<sub>x</sub>-emissioner (Petrokraft). En tysk tillverkare (Schoppe) anger att om pulvret mals finare finns det möjlighet att användas i brännare ner till 200 kW. Det är dock oklart om fukthalten är tillräckligt låg.

#### Sammanfattning av proveldning

Försöken visar att rörflen hittills uppvisat liknande egenskaper som träpulver vid lossning av fordon, korttidslagring i silo och matning till brännarna. Proveldningen genomfördes under totalt 9 timmar, vilket är alldeles för kort provtid för en fullständig utvärdering av ett "nytt" bränsles förbrännings-egenskaper.

Trots den korta provtiden konstaterades att rörflenpulver kunde förbrännas utan några speciella intrimningar, d.v.s. att rörflenbränslet synes ha likvärdiga förbränningsegenskaper med träpulver. NO<sub>x</sub>-emissionerna blev höga jämfört med det ur NO<sub>x</sub>-synpunkt bästa träbränslet. Rörflenets relativt höga askhalt och askans benägenhet att avsättas i panna och värmeöverföringsytor, samt valvbildningsproblem i askmatningsutrustning måste noga beaktas.

#### 4. SLUTSATS

Utförda fuktionsprov med fullskalig pulvertillverkning och en efterföljande proveldning har givit *övervägande positiva resultat*. Pulverbränsle med energigräset rörflen som råvara kan vara en möjlig väg till ekonomisk avsättning i pulvereldade anläggningar.

Kalkyler från tidigare undersökningar (Burvall J., Segerud K. 1993), (Segerud K. 1993) visar att rörflenpulver har förutsättningar att konkurrera med i första hand kol och olja. Det finns även förhoppningar om att rörflen skall kunna vara ett komplement och/eller konkurrent till träpulver om produktionskostnaderna för rörflen kan pressas ytterligare och om högre avkastning i skördarna uppnås. Regional tillgång och efterfrågan på pulverbränsle har också betydelse för prisbilden.

Försöken i Norberg och Jordbro har, trots ett kort prov med förhållandevis små materialflöden, givit värdefull information.

\* Rörflenpulver har *hittills* uppvisat liknande egenskaper som träpulver vid olika hanteringsmoment och vid korttidslagring.

\* Rörflenpulver har *hittills* visat att det kan hanteras och förbrännas med gott resultat i Jordbro med samma grundinställningar som gäller för träpulver.

Det är i första hand två problemområden där fördjupad kunskap är nödvändig:

\* De relativt höga  $NO_x$ -emissionerna, i förhållande till de bästa träpulverkvaliteterna, måste reduceras genom optimeringar av både förbränning och pulverkvalitet. Annars urholkas betal förmågan för rörflen genom  $NO_x$ -avgifterna.

\* *Askans egenskaper* och dess betydelse för anläggningens tillgänglighet och prestanda måste undersökas vidare. Driftproblem och tillkommande kostnader kan annars bli ett faktum.

Trots de övervägande positiva resultaten från provet, återstår det dock fortsatta forskningsinsatser för att visa att rörflenpulver har samma attraktionskraft som träpulver. Förslag till fortsatta insatser bör därför omfatta ( i 5 punkter):

1. Optimeringar av styrparametrar för pannan mot bränslet för att i första hand reducera  $NO_x$ . Det vore även av intresse att testa brännare med successiv tillförsel av luft eventuellt också att tillföra kalla rökgaser till den hetaste zonen. Detta för att reducera mängden  $O_2$  i förbränningsförloppets hetaste områden.

2. Kartläggning av sållningsutrustning och provsållning av rörflenpulver i syfte att nedbringa spridningen i kornstorleksfördelning och undersöka förbränningsegenskaper/emissioner vid olika pulverfraktioner.



3. Dimensionering och utformning av stofffilter/kringutrustning för att klara rörflens askmängder och askans speciella egenskaper. Kombinerar med grundläggande laboratorieundersökningar av askans egenskaper.

4. Undersökningar vilka sotningutrustningar som är nödvändiga för att hålla panna och konvektionsdelar fria från processtörande beläggningar.

Sammantaget kräver detta en längre eldningsperiod förslagsvis minst 2 till 3 veckor. Genom den avsevärda tillgång på rörflenspulver som därmed krävs, skulle försöket underlättas av en utrustning för pulvertillverkning i anslutning till förbränningsanläggningen.

5. Framtida undersökningar bör också omfatta och belysa hur långt ner i effektnivå som rörflenspulver kan användas. Gränssättande faktorer är *troligen* fukthalten och den förhållandevis rika askmängden i rörflen, men det förstnämnda kan eventuellt kompenseras av gräsets lättantändlighet. Genom de kontakter som skapats genom kartläggningen av marknadens pulverbrännare, finns goda förutsättningar för en ytterligare fördjupning och eventuella försök med rörflenspulver.

## 5. REFERENSER

Burvall J. 1992. Delrapport - Rörflen bränslekaraktäristik. Stiftelsen Lantbruksforskning projektnr. 917206.

Burvall J et. al. 1992. Undersökning av kemisk sammansättning och kornstorleksfördelning i torvaskor från kommersiell förbränning. Värmeforskrapport nr 439.

Burvall J. Segerud K. 1993. Pulverbränsle från rörflen. Röbbäcksdalen Meddelar 1993:8., Stiftelsen Lantbruksforskning rapportserie.

Hadders G. 1992. Erfarenheter från skörd och sönderdelning av vårskördad rörflen. Stiftelsen Lantbruksforskning rapportserie.

Hjalmarsson A. K. 1993. Kornstorlekens betydelse för verkningsgrad och utsläpp av NO<sub>x</sub> vid pulvereldning. Värmeforskrapport nr 468.

Huotari J. 1989. Staged combustion of pulverized peat in a 5 MW single burner furnace. VTT, Combustion and thermal engineering laboratory.

Huotari J. 1992. Föredrag - förbränning och bränsleförädling. Kvarnenrådet energigräseminarium. Umeå 14-15 oktober 1992.

Levén P. 1983. Kolpulvereldning i mindre eldstäder. Kol-hälsa-miljö. Statens Vattenfallsverk.

Lindman E.- K., Ingvarsson P. 1993. Konvertering till pulvereldning med biobränslen. Värmeforskrapport (manuskript).

Nordin A. 1993. On the chemistry of combustion and gasification of biomass fuels, peat and waste: environmental aspects. ISBN 91-7174-805-9.

Segerud K. 1993. Rörflenspulver i stora värmeverk. Stiftelsen Lantbruksforskning rapportserie.



## SUMMARY

In this report a full scale milling trial using Reed Canary grass and a full scale function test of the powder produced is presented. The milling trial was carried out in a wood powder mill and the function test in a commercial heating plant. This heating plant was originally buildt for combustion of oil and later converted to solid pulverized fuels ( coal, peat, oliveseeds, and different qualities of wood powder). Using wood powder the boiler has an effect of ca 30 MW, delivered by two burners of ca 15MW each.

### Full scale milling trial

The trial shows that springharvested and fielddried Reed Canary grass can be used as a raw material for powder manufacturing. It can be milled, handled and stored the same way as wood powder.

The moisture content of the powder was 8.4 % with a variation ( st. dev.) of 0.55 %. The drying effect of milling was 1.4%. The wood powder used as reference fuel has a moisture content of ca 9% which is optimal for the for the boiler used.

In the Reed Canary grass powder the content of fine material ( smaller than 0.25 mm ) was 42% which is unexpectedly high considering that the sieve in tha hammermill was 2 mm. Using wood and the same sieve gave 15 % fine material in the wood powder. When the grass material is cut handling problems occur due to low density and plug formation and measures has to be taken to deal with this.

### Full scale combustion

The Reed Canary grass powder was transported to the heat plant by road,(big lorries), and short-time stored before further transportation to the burners. No specific problems could be seen.

At the test 55 tons of Reed Canary grass powder was used, which was sufficient for about 9 hours of combustion. The combustion parameters for the boiler were set the same way as when burning wood powder. Although the test was short , it can be stated that Reed Canary grass can be combusted without trimming the boiler. This was better then expected. The CO- content of the flue gas was relatively stable with a mean value over the hour of 150 ppm at 1.6% O<sub>2</sub> content. This is positive e.g. for the boiler efficiency.

Besides showing that Reed Canary grass has combustion properties similar to wood, the test also showed that it is possible to produce a fuel with an even quality and satisfying fluid properties from Reed Canary grass. This can be concluded since the systems for powder fuels are sensitive to fuel variations.

Two problem areas were noted during the test.

Ash properties : Powder from Reed Canary grass contains ten times as much ash as wood powder. The grass ash has a high silica content, which gave

deposits at some positions in the boiler and on the convection surfaces. The ash does not show any tendency to melt so it seems like conventional soot blowing techniques can be used to deal with the problem. There were also problems transporting the ashes out of the electric filters caused by the large volumes of ashes.

NO<sub>x</sub> - emissions: Reed Canary grass powder gave fairly high emissions of NO<sub>x</sub>, 210-290 mg/MJ, compared to the wood powder quality with the lowest NO<sub>x</sub> - emissions. The best wood powder from this point of view, emitted 70-100 mg/MJ, which is a very low value for powder combustion without a catalyst. Reed Canary grass has a higher content of nitrogen than wood, but this is probably not the only explanation. Trimming the boiler to suit the actual fuel influences the reduction of nitrogen oxides. The construction, form and size of the boiler as well as the the location of the burner inside the boiler also affects NO<sub>x</sub> -emissions. The high amounts of fine material in Reed Canary grass powder can also increase emissions. In test combustions of different wood powder qualities it has been shown that the size distributon of the powder affects the NO<sub>x</sub> -emissions. Fine material gives a more intense combustion and thereby more formation of thermic NO<sub>x</sub>.





1993-06-09

**MÄTNING AV HCl-HALTEN I RÖKGAS FRÅN P3**

- Uppdragsgivare:** Jan Burvall  
SLL  
Röbäcksdalen  
Box 4097  
904 03 UMEÅ
- Mätdatum:** 930601--02
- Mätningen utförd av:** Ulf Hagström, ÅFE-Stockholm AB.
- Bränsle:** Rörflen som pulverbränsle. Beträffande kornstorleksfördelning, fukthalt, effektivt värmevärde, askhalt, asksammansättning m.m. hänvisas till SLL.
- Förbränningsystem:** Proven kördes i P3 vid Jordbro värmeverk, Drefvikens Energi AB. Normalt eldas konventionellt träpulver, vilket gjorde att det malda rörflenet på ett enkelt sätt kunde köras in i befintlig silo och vidare med befintligt transportsystem till brännarna. De två brännarna på vardera cirka 15 MW, har levererats av Pillard Feuerungen GMBH, men till största delen trimmats in av Drefvikens Energi AB själva.
- Mätpunkt:** I rökgaskanalen efter elfiltret.
- Provtagningsystem:** Rökgasen filtrerades och fick därefter bubbla igenom två tvättflaskor (A + B) fyllda med destillerat vatten till en volym av vardera cirka 30 ml samt ytterligare en tvättflaska (C) som var tom, i syfte att samla upp eventuellt medryckt fluidum.



1993-06-09

Rökgasen torkades sedan med blågel före gasuret där utsugen gasmängd registrerades. Mättiden var 65 respektive 95 minuter för försök 1 och 2.

**Analys av HCl-halt:** Provlösningen från tvättflaskorna B + C slogs samman till ett prov. De båda proven (A och B + C) analyserades med hjälp av titring med en 0,01 M silvernitratlösning enligt SS 02 81 36.

**Resultat:** Totalt gjordes två identiska försök med följande resultat:

Utsugen gasvolym:

- försök 1 0,069 m<sup>3</sup>n torr gas

- försök 2 0,099 m<sup>3</sup>n torr gas

HCl-mängd:

- prov 1 0,4 mg

- prov 2 0,7 mg

Detta ger följande medelhalt av HCl i rökgasen för respektive försök:

**Försök 1** 5,8 mg HCl/m<sup>3</sup>n torr gas

**Försök 2** 7,1 mg HCl/m<sup>3</sup>n torr gas

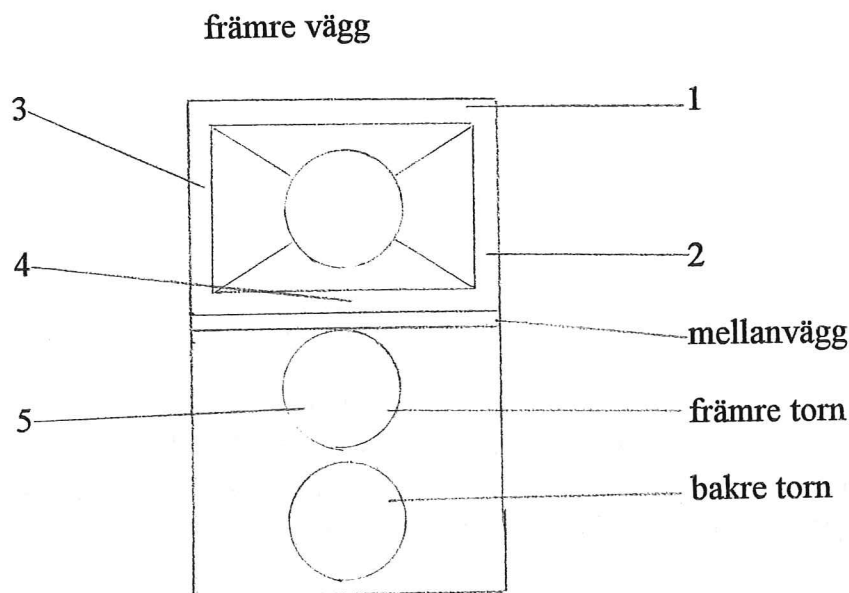
Stockholm som ovan

Ulf Hagström  
ÅF-Energikonsult Stockholm AB



Iakttagelser av pannans innandöme samt provtagning av aska efter eldningsprov med rörflempulver  
*Utförd av Ulf Hagström ÅF-Energikonsult*

Vy ovanför



- Prov
1. - kant nedre vägg
  2. - ytskikt mitt på vägg
  3. - kant nedre vägg
  4. - kant framför mellanvägg
  5. - "skägg" främre torv

### Okulära iakttagelser

- \* Tratten fylld till ca 1/3 av aska, normalt nästan tom vid träpulvereldning.
- \* Främre väggs kant fylld, 3 - 5 dm aska, övriga kanter 0.5 - 2 dm.
- \* Samtliga beläggningar/askor på kanterna och i tratten, av "fluffig" lätt "blåsbar" karaktär.
- \* Främre vägg och de båda sidoväggarna belagda med ett tunt svart ytskikt (lätt att skrapa bort) samt ovanpå detta ett kornigt grått askskikt (ca 1/3 av den totala ytan) som också gick lätt att skrapa bort.



Handläggare  
Per Levén  
Tfn 08-657 14 14

Datum  
1993-03-03

Vår ref  
PLE/sap

### **Pulvereldning - Biobränslen - Rörflen (Phalaris arundinacea L)**

Inom Lantbruksuniversitetets verksamheter i Umeå och Uppsala pågår sedan några år (samarbete med Lantbrukarnas Riksförbund - LRF) forskning och utveckling bland annat inom områdena sådd, skörd och eldning av grässorter lämpade för energiproduktion.

Denna forskning bedrivs av flera skäl. En viktig anledning är att tillgodose det allt mer ökande intresset för öppna landskap. Många anser, att när jordbruksmark av ekonomiska skäl avställs för spannmålsproduktion i Sverige och övriga Europa (EG), bör marken i gör-ligaste mån brukas på sådant sätt att sädesproduktionen åter kan startas utan komplicerad och dyrbar stubbrytning, som blir aktuellt vid trädplantering.

Utvecklingen har hittills varit positiv, bl a vid pulvereldning. Därför gäller det nu att undersöka vad den kommersiella marknaden har att erbjuda inom pulverbrännarområdet, som skulle kunna användas. Tanken är att brännare för kol-, torv- och trädpulver (m m) skulle kunna komma till användning utan eller med modifieringar av konstruktionerna.

Här bifogas ett faktablad för att ge en viss uppfattning om nu aktuella rörflensdata tillsammans med uppgifter om några andra inhemska bränslen för jämförelse.

Vi räknar tills vidare med att rörflen och liknande produkter i första hand skall lämpa sig för malning, hantering, distribution och eldning på likartat sätt, som skett sedan många år vid bland annat Marconianläggningen i Mölndal. Liknande system med mångårig praktisk erfarenhet





1993-03-03

finns också till exempel i Tyskland men då företrädesvis för sten- och brunkol.

Vi räknar med att under de närmaste utvecklingsetapperna kommer eldstädernas effekt inte att överstiga 80 MW<sub>th</sub>. Vår bedömning är, att de brännarstorlekar, som blir aktuella i första hand, ligger inom området 0,5-10 MW. Givetvis ser vi fram emot att få ta del av Era synpunkter, önskemål och krav.

I detta skede skulle vi vilja inleda med följande frågor:

- Vilken maximal fukthalt kan få förekomma i rörfbensbränslet, när en acceptabel förbränningsgrad och CO-emission eftersträvas (fukt 14 % och flykthalt 74 %, se vidare bilagan - vårskördad rörfben)?
- Vilka krav ställs på partiklarnas storlek, form och storleksfördelning med hänsyn till för Er aktuella brännare och finns krav på eldstadsstorlek, form m m för erhållande av god utbränning?
- Vilka effekter/effektområden förekommer, planeras eller kan bli aktuella för pulverbrännare inom Ert företags verksamhetsområde?

Synpunkter, svar och frågor kan ställas till undertecknad och/eller Forskningsingenjör Jan Burvall, Lantbruksuniversitetet i Umeå (SLU), Box 4097, 904 03 Umeå, telefon 090-13 53 10, telefax 090-12 67 30.

Med intresse emotser vi Era synpunkter och vidare meddelanden.

Med vänlig hälsning

ÅF-ENERGIKONSULT STOCKHOLM AB

Per Levén

Bilaga  
Faktablad



Please refer to  
Per Levén  
Tfn +46 8 657 14 14

Date  
April 6, 1993

Dr.-Ing. Fritz Schoppe  
Gustav-Adolf-Strasse 5  
D-8192 GERETBRIED 2  
Deutschland

## **Pulverized fuel firing - biomass - reed canary grass (Phalaris arundinacea L)**

Dear Dr.-Ing. Fritz Schoppe,

Research and development has been going on for some years within the Swedish University of Agricultural Sciences in Umeå and Uppsala (in co-operation with the Swedish Farmers Association) in areas such as sowing, harvesting and burning of different types of grass suitable for energy production.

There are several reasons for this research. An important motive is to meet the increasing interest in keeping the landscape open. When the use of the agricultural land for economical reason is changed from crop cultivation to biomass production in Sweden and the EC, it is considered that the soil must as far as possible be used in such a way that crop production can be restarted easily. This means without the use of complicated and expensive stump pulling, which is needed in the case of tree cultivation.

The experiences from development of pulverized firing of reed canary grass have been positive. It is now important to examine the experiences from the commercial technologies for pulverized fuels. The idea is to use existing burners for different pulverized fuels such as coal, peat and pulverized wood also for pulverized reed canary grass with or without modifications of the constructions (designs). In the appendix information is presented to give an idea of the composition of reed canary grass together with some other Swedish domestic fuels as comparison.

Currently the reed canary grass and similar products are expected to be most suitable for grinding, handling, distribution, firing and burning in a similar





April 6, 1993

way as has been used at the Marconi Plant in Mölndal, Sweden, since many years. There are similar systems in for example Germany with many years of experience, but mostly for hard coal and lignite.

The sizes of the furnaces are not expected to exceed 80 MW<sub>th</sub> over the next phase of development. We expect the sizes of the burners in most cases to be between 0.5-10 MW. We are of course interested in you opinion about sizes of furnaces and burners.

We have some initial questions:

- What is in your opinion the maximum moisture content that can be accepted in the fuel of reed canary grass to achieve an acceptable combustion efficiency and CO-emission (the moisture content is 14 % and the volatile content is 74 % in spring harvested reed canary grass, see the appendix).
- What are the limits for your burner on size, shape and the size, distribution of the particles? Are there any requirements on the size and shape of the furnace etc to obtain high combustion efficiency?
- What burner sizes are available for pulverized fuels from your company today and planned for the future?

If you have any ideas, answers and questions, please contact Mr Per Levén or Mr Jan Burvall, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 4097, S-904 03 UMEÅ, Telephone +46 90 13 53 10, Fax +46 90 12 67 30.

We look forward to hearing from you.

Yours sincerely

Per Levén

PS. Bitte, antworten Sie gerne auf Deutsch, wenn es Ihnen besser passen. DS.

405890.PLE  
GRASS



ELDNINGSANLÄGGNINGAR FÖR OLJA, GAS OCH PULVERBRÄNSLEN

Vår referens/Our reference

Referensnummer/Reference No.

A1A/fr

Ort/Location

Datum/Date

Göteborg

1993-03-31

Er referens/Your reference

Per Levén

AF-Energikonsult Stockholm AB  
Box 8133

104 20 STOCKHOLM

PULVERELDNING - BIOBRÄNSLEN - RÖRFLEN

Vi tackar för Ert brev av 1993-03-22 och vill gärna lämna våra kommentarer till Era frågor.

Vår uppfattning om rörflenet utnyttjande inom energisektorn är positiv. Fördelarna med odling och skördningsteknik bör gynna rörflenet mot andra odlade biobränslen.

Nackdelen med rörflen vid pulvereldning är dock den höga askhalten samt kvävehalten och den något höga fukthalten. Se även kommentar nedan. Asksmältningstemperaturen är acceptabel vid vårskörd. Med tanke på den något förhöjda halten av kväve och aska i sommarskörden är det i förbränningshänseende fördelaktigare med vårskörd.

Ni nämner i Ert brev att expansionen av rörflenseldning i pulverform ligger mellan 0,5 och 10 MW. Petrokraft har under en 10-årsperiod utvecklat ett förbränningssystem, PFES (Petro Pulver Energi System) som lämpar sig för ett effektområde från ca 10 till 100 MW.

Fukthalt och fraktionsfördelning

För att uppnå en optimal förbränning bör fukthalten ej överskrida 7 %. Detta innebär att mald rörflen skall torkas med hjälp av konventionell materialtork eller med rökgasmatad kvarn.

Max fraktion skall vara 1,0 - 1,2 mm beroende på eldstadsmått och 70 - 80 vikts-% mindre än 0,5 mm.

Aska

Den höga askhalten i rörflenet förutsätter att någon form av askutmatning arrangeras i pannbotten. Av denna anledning kan det vara lämpligare med en toppeldad panna.

... 2

Postadress	Besöksadress	Telefon	Telex	Bankgiro	Bank	Stockholm
Ingenjörsfirman Petrokraft AB Box 52090 S-400 25 GÖTEBORG	Gråddgatan 12 GÖTEBORG	031-83 06 80 Telefax 031-40 16 59	27401 petro s	420-7197 Postgiro 62 66 50-6	Nordbanken 3059 7700974	Skagersvägen 27 S-121 42 JOHANNESHOV 08-81 92 25/81 92 80





-2-

AlA/fr

Göteborg

1993-03-31

Panna

Med hänsyn till den relativt höga halten av kväve i rörfilen bör eldstadsbelastningen vara låg, ca  $250 \text{ kW/m}^3$ , för att minimera  $\text{NO}_x$ -emissionen. Flamlängden blir något längre än vid oljeeldning. Detta kan innebära att pannans effekt reduceras.

Vi hoppas detta brev kan vara Er till hjälp i fortsatta diskussioner och verksamhet.

Med vänlig hälsning

**PETROKRAFT AB**

Anders Adolfsson

Dr.-Ing. Fritz Schoppe Kohlenstaubtechnik GmbH & Co. KG  
Gustav-Adolf-Straße 5, 8192 Geretsried 2

AF - Energikonsult

Box 8133

S - 10420 Stockholm

zu Hd. ~~Frau~~/Herrn: Per Levén

Abteilung: \_\_\_\_\_

Ihre Zeichen: \_\_\_\_\_

Ihre Nachricht vom: April 6, 1993

Unser Zeichen: Dr. Sch/zi

Unser Sachbearbeiter: Dr. Schoppe

Telefon: 081 71/5 1001-04

Telefax: 081 71/5 1005

Telex: 5 26 383 schop-d

Geretsried, den 29. April 1993

Pulverized fuel firing

Biomass

Reed canary grass

Sehr geehrter Herr Levén,

besten Dank für Ihre Anfrage, die ich mit großem Interesse gelesen habe.

Wir haben in den letzten 3 Jahren viele Feuerungsversuche mit ähnlichen Produkten gemacht. Die Ergebnisse lassen sich einheitlich wie folgt zusammenfassen:

#### 1. Technische Ausrüstung

Unsere technische Ausrüstung ist für derartige Produkte gut geeignet, innerhalb der nachstehend beschriebenen Grenzen.

Dies gilt insbesondere für unsere

- Brennstaubdosierung
- Staubbrenner
- staubgefeuerte Kessel.

Deutsche Bank AG, Bad Tölz  
8 646 283 (BLZ 700 700 10)

Postgirokonto: München  
754 51-809 (BLZ 700 100 80)

Rechtsform Kommanditgesellschaft: Sitz Geretsried (AG München HRA 62566)  
Pers. haftende Gesellschafterin: Dr.-Ing. Fritz Schoppe Kohlenstaubtechnik GmbH, Sitz: München (HRB 73625)  
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Fritz Schoppe



Probleme gab es lediglich beim Silo:

- a) Der normale Silo mit konischem Auslauf konnte verwendet für:
- Kohlenstaub aller Sorten
  - Klärschlammstaub
  - feingemahlener Kaffeesatz etc.
- b) Spezialsilo mit mechanischem Zwangsaustrag wurde verwendet für:
- Holzschleifstaub
  - Staub aus gemahlene leichten Pflanzen
  - leichte, staubförmige Rückstände aus der Lebensmittelindustrie

## 2. Verwendungsgebiete

Wir haben die vorgenannten Brennstoffe wie folgt eingesetzt:

- verschiedene Kohlenstaubsorten für Trockner- und Flammrohrkessel,
- Holzschleifstaub für Trockner- und Flammrohrkessel
- die anderen Produkte in mehrtägigen Versuchsläufen an Flammrohrkesseln

Hinsichtlich  $SO_2$  und  $NO_x$  waren alle Brennstoffe ganz unproblematisch.

Ganz anders war es jedoch mit  $CO$ , und zwar insbesondere bei der Befeuerung von Flammrohrkesseln.

Wenn die Brennzeit die verfügbare Aufenthaltszeit im Flammrohr einschließlich der hinteren Wendekammer überschreitet, gelangt das noch brennende Überkorn in den ersten Rohrzug. Hier werden die Abgase abgekühlt, und die Reaktion wird verlangsamt. Hierdurch kommt es zur Bildung von  $CO$ .

Für Flammrohrkesseln üblicher Größe bis ca. 10 MW pro Brenner liegt die kritische Grenze der CO-Bildung bei Korngrößen wie folgt:

- Braunkohlenstaub .....0,25 mm
- Holzschleifstaub .....0,5 mm
- Biomasse .....0,6 - 0,7 mm

Die untere Leistungsgrenze von Flammrohrkesseln mit diesen Brennstoffen liegt je nach Art des Brennstoffes bei 1 - 3 MW, darunter muss mit erhöhter CO-Bildung gerechnet werden.

### 3. Anwendungsgebiete von Flammrohrkesseln

Wir haben gefunden, daß diese Brennstoffe sehr gut geeignet sind für Heizungszentralen, Heizwerke und Heizkraftwerke und für gewerbliche Dampferzeugung oberhalb etwa 6 - 7 MW.

Wegen der geringen Gehalte dieser Brennstoffe an SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> glauben wir, daß alle diese Brennstoffe für solchen Kesselbetrieb sehr gut geeignet sind.

### 4. Kleinkessel

Bei hinreichend feiner Ausmahlung können mit den genannten Staubsorten auch Kleinkessel betrieben werden, bis herunter zu ungefähr 200 KW. Wir haben einen solchen Kessel auf unserem Versuchsstand, ebenso einen Kessel 3,5 MW. Aus den Messungen an beiden Kesseln lassen sich Grenzen nach oben und nach unten sehr gut extrahieren.



5. Ausmahlung

Mit den angegebenen Korngrößenverteilungen auf Ihrem Datenblatt bin ich nicht zufrieden. Der Korngrößenanteil über 0,6 - 0,7 mm muß weitgehend vermieden werden, um die Bildung von CO zu vermeiden.

Wenn Sie auf der Suche nach einer geeigneten Mühle sind empfehle ich Ihnen, sich in Verbindung zu setzen mit

Herrn Michel Deleuze  
Heurbel S.A.  
16 Quai Churchill  
B - 4020 Liège

Herr Deleuze ist Direktor und zuständig für den Bereich der Staubfeuerungen.

Heurbel hat bei ABB-Raymond in Chicago eine für diese Zwecke besser geeignete Mühle gefunden und eine Reihe von Versuchen und Weiterentwicklungen ausgeführt. Zwischen Heurbel und ABB gibt es darüber Verwertungsverträge. Zuständig für den Einsatz dieser Mühlen in dem Gebiet von Biomasse usw. ist Heurbel.

Ich empfehle, Herrn Deleuze anzurufen unter Bezugnahme auf mich.

Mit freundlichen Grüßen

DR.-ING. FRITZ SCHOPPE  
KOHLENSTAUBTECHNIK GmbH & Co.KG

*Schoppe*

**BURMEISTER & WAIN ENERGI A/S**

ÅF Energikonsult  
att.: Per Levén  
Box 8133  
S-104 20 Stockholm

23 Teknikerbyen  
DK-2830 Virum  
Telephone 42 85 71 00  
Telefax 42 85 79 33  
Telex 37451 energ dk  
Teletex 123705 BWE  
Direct dial 42851767  
Reg. No. 62964

The Lentjes Group

Your ref.

Our ref. LNP/MoM

Ext. No.

1993.04.02

**Beträffande brev daterat 1993.03.22**

---

Som svar på frågorna på sid 2 i nämnda brev vill jag meddela följande:

- Man bör nog eftersträva en fukthalt mindre än 10% vid inträdet i parman. Om fukthalten är högre kan det vara nödvändigt med särskilda åtgärder t.ex. keramisk inklädnad av delar av förbränningsutrymmet.
- Vid eldning med torv och tränbränsle är vårt önskemål att 95% av partiklarna är mindre än 450  $\mu$ .
- BWE marknadsför pulverbrännare i storleksområdet 20-50 MW.

Med vänlig hälsning  
BURMEISTER & WAIN ENERGI A/S

  
Lennart Persson





## TELEFAX

Nachricht Nr./message No. *1396/93* Datum/date *29.4.93* Seiten/pages *4*  
von/from *Gerhard Endres* Abt./dept *R+D*  
an/to *AF-Energiekonsult, Attn. Mr. Per Levén* Abt./dept  
Betr./subject *Your letter: Pulverized fuel firing - biomass - reed canary grass dt. April 7, 1993*

Dear Mr. Levén,

we refer to your letter dated of April 7th, 1993, concerning biomass firing systems, and want to give you some answers on the questions. Basically we use the same burner type and size for any type of pulverized fuel, the differences are mainly influenced by the fuel dosing- and conveying system, i.e. by the air volume flow used for fuel transportation from dosing system to burner.

Difficulties on the combustion side have not to be expected for any of the mentioned biomass fuels, the critical point is the dosing accuracy resulting from the particle size distribution due to bad grindability and from the relatively low specific weight of the fuels.

A moisture content in the range of 15% will not result in decreasing combustion efficiency if the furnace dimensions are acceptable for pulverized coal firing, but a reduction of NOx - formation in comparison with heavy oil or pulverized coal can be expected.

The very high volatile content will improve ignition behaviour and thus allow relatively high air staging ratio with positive effect on NOx - avoidance.

Unfortunately you did not specify the application for the reed canary grass, so we resume recent applications of biofuels for different purposes: In Sweden we have converted several MESA - Rotary kilns ( for reburning of lime washes in the paper industry ) to our three - circuit burner type VR for liquid and solid fuels firing bark powder in cooperation with FLÄKT. We also have converted one MESA - kiln to petcoke firing using the same burner type and one to generator gas firing ( from biomass ) together with GÖTAVERKEN.

For Drefvikens Energi AB, Haninge, we have converted one district heating water boiler to combined or single pulverized and/or liquid fuel firing with two burners type GF - LN, allowing use of coal, wood- and bark powder, peat, heavy fuel oil and optionally gas, total capacity 40 MW firing oil or gas, 26,5 MW firing coal or biomass.

For UKAB, Uppsala, we have delivered two hot gas generators for coal- o peat firing with a capacity of 7 MW each.

For boiler use the biggest burners for coal operation ( also allowing use of biofuels ) with nominal capacity of 33 MW each have been delivered for a thermal oil plant in Taiwan.

We think that resulting flame length will limit single burner installations in the range of 30 - 35 MW.

As all our burners are tailor-suited for the special requirements we are able to offer boiler- and combustion chamber burners for any type of solid fuel in the range between 3 and 30 MW without any doubt and capacities exceeding these very rough limits after some further considerations.

Rotary kiln burners type ROTAFLAM firing pulverized fuels have been delivered for capacities between 3 MW and 150 MW.

Concerning particle size distribution it must be said that straw or grass or bark powder behave completely different from coals due to the particle structure, inner surface, volatile release etc. and that their fineness can not be used in the same way for prediction of combustion.

Even for " conventional fuels " like coal recent research work has show that besides standard fuel properties as there are e.g. grinding fineness, moisture content, volatile content, ash content a lot of, partly still unknown, other properties are influencing the route and quality of combustion sometimes leading to surprising deviations from combustion prediction.

For additional information we enclose an extract of our reference list for burners for pulverized wood and bark.

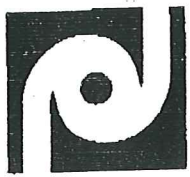
We thank you very much for contacting us and ask for your patience for the delayed answer caused by easter holiday and business absence from office.

Best regard

PILLARD FEUERUNGEN GmbH

*Herrn Müller S. i. A. D.*





# PILLARD

## EXTRACT OF REFERENCES

BURNER FOR PULV. WOOD AND PULV. BARK

02.03.1993, PAGE 1

CARRIER / PLANT COUNTRY / CUSTOMER	KILN / PRODUCT PROD. CAPACITY	REFERENCE	NO.	TYPE	CAPACITY TEMP. / PRESS.	FUELS	DATE OF ORDER	CODE
<b>CHILE</b>								
COMP. MAN. PAPELES Y CAR LAJA CHILE FLÄKT, VÄXJO	ROTARY KILN LIME WASHES	BURNER	1	VR-3K	30 GJ/H	PULV. BARK HEAVY FUEL OIL	12.85	FLÄLADRE
COMP. MAN. PAPELES Y CAR LAJA CHILE FLÄKT, VÄXJO	ROTARY KILN LIME WASHES	BURNER	1	VR-3K	54 GJ/H	PULV. BARK HEAVY FUEL OIL	12.85	FLÄLADRE
* TOTAL CHILE			: 2 *					
<b>FRANCE</b>								
BOIS DERDULES ROCHEFORT FRANCE	BOILER STEAM 13 T/H	BURNER	1	GT	36 GJ/H	PULV. WOOD HEAVY FUEL OIL	1969	FRANCE
COOP. DU CALAVON MAUBEC FRANCE	HOT GAS GEN.	BURNER	1	GT	21 GJ/H 850 OC	PULV. WOOD HEAVY FUEL OIL	1980	FRANCE
FORMICA QUILLAN FRANCE	BOILER 8 GJ/H	BURNER	1	GT	33.5 GJ/H	PULV. WOOD HEAVY FUEL OIL PHENOL. WATER	1977	FRANCE
ISOROY LABRUGUIERE FRANCE	BOILER STEAM 20 T/H	BURNER	4	GT	56 GJ/H	PULV. WOOD HEAVY FUEL OIL NATURAL GAS	1970	FRANCE
ISOROY AUXERRE FRANCE	HOT GAS GEN.	BURNER	2	GT	54.4 GJ/H 800 OC	PULV. WOOD HEAVY FUEL OIL	1983	FRANCE
ISOROY LABRUGUIERE FRANCE	BOILER STEAM 25 T/H	BURNER	4	GT	70 GJ/H	PULV. WOOD HEAVY FUEL OIL NATURAL GAS	1970	FRANCE



REFERENCES BURNER FOR PULV. WOOD AND PULV. BARK

02.03.1993 , PAGE 2

CARRIER / PLANT COUNTRY / CUSTOMER	KILN / PRODUCT PROD. CAPACITY	REFERENCE	NO.	TYPE	CAPACITY TEMP. / PRESS.	FUELS	DATE OF ORDER	CODE
SABDEC ST. JEAN D ANGELY FRANCE	BOILER 7 GJ/H	BURNER	1	GT	29,3 GJ/H	PULV. WOOD HEAVY FUEL OIL	1973	FRANCE

\* TOTAL FRANCE : 14 \*

SWEDEN

ASSI KRAFTLINER PITEA SWEDEN	ROTARY KILN LIME WASHES	BURNER	1	VR-3K	126 GJ/H	PULV. BARK HEAVY FUEL OIL	2.87	 LOYDRE-KÖ
MODD HUSUM SWEDEN	ROTARY KILN LIME WASHES	BURNER	1	VR-3K	80,4 GJ/H	PULV. BARK HEAVY FUEL OIL	7.88	 HUSORE2
SÖDRA SKOGSÄGARNA MÖNSTERAS SWEDEN FLÄKT INDUSTRI	ROTARY KILN LIME WASHES	BURNER	1	TS	93 GJ/H	TALL OIL PULV. BARK DIGESTER GAS	3.86	FLAMODRE-KÖ

\* TOTAL SWEDEN : 3 \*

\*\* TOTAL ALL COUNTRIES : 19 \*\*



ÅF-Energikonsult Stockholm AB  
Box 8133  
104 20 STOCKHOLM

Vår ref.:/Our ref. Ulf Åkerteg  
Eder ref.:/Your ref. Per Levén  
Eder order:/Your order  
Datum:/Date 1993-09-23

## Betr. Pulvereldning - Biobränslen - Rörflen

Översänder material enligt överenskommelse gällande pulvereldning. Varje anläggning måste beräknas och anpassas gällande panna/eldstad. Översänder data på flamdiameter och längder för eldning gas och olja. Eldningslågan på pulvereldning blir cirka 1 meter längre än bifogat diagram.

Vi har arbetat med pulvereldning sedan 1981, då vi installerade 2 st Coen-brännare på Marconicentralen i Västra Frölunda.

Idag säljer vi en tysk brännare av fabrikat Saacke, som är en modernare typ av brännare.

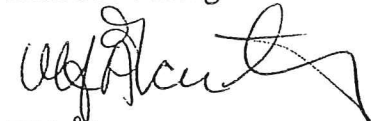
Fråga 1 Fukthalt. Fukthalten för pulvereldning bör ej överstiga 8-9 %.

Fråga 2 Krav på partiklar. Se vår specifikation sida nr 1 (träpulver).

Fråga 3 Effektområden. Enbrännardrift maxeffekt 2,3 - 20 MW.

Med vänlig hälsning

ELDAB Energi



Ulf Åkerteg

Bilagor:

Broschyrmaterial: Vårt leveransprogram/ SKB-brännare/ Eldningsteknik på ELDABs sätt/ Del av anbudsspecifikation med flödesschema pulvereldning  
Datablad: SKB brännare/ flamdimension, flamdiameter och förbränningslufttryckfall/ Träpulver, bränslemängd vid olika effekter

Kopia på bif. material: Jan Burvall, Lantbruksuniversitetet i Umeå

---

**Tekniska data, förutsättningar**

---

**Panna**

Tillverkare:	Maskinverken
Antal pannor:	1 st
Typ av panna:	Vattenrörspanna
Panntyp:	Hetvattenpanna
Bredd:	4500 mm
Djup:	2800 mm
Höjd:	6600 mm
Eldstadstryck:	Övertryckseldad
Brännarplacering:	Toppmonterad
Antal brännare/panna:	2 st
Luft temperatur:	25°C
Medium:	Hetvatten
Temperatur:	190°C
Tryck:	11,8 bar
Kapacitet:	22 MW träpulver, 30 MW olja

Bränsle:	Träpulver
Effektivt värmevärde vid konstant tryck:	18,7 MJ/kg
Vikt m <sup>3</sup> :	210 kg
Siktning i %:	100 % < 1,0 mm
	75 % < 0,5 mm      Enligt analys träpulver
	37 % < 0,25 mm
	6 % < 0,12 mm
Fukt i %:	cirka 5,0 %
Aska i %:	cirka 0,8 %

Bränsle:	Olja EO 5		
C	87,9 vikts%	Hi	41,5 MJ/kg
H	12,3 vikts%	Densitet	932 kg/m <sup>3</sup>
N	0,35 vikts%	(vid 15°C)	
S	0,57 vikts%	Viskositet	38,4 cst
H <sub>2</sub> O	<0,1 vikts%	(vid 80°C)	

Spänning, kraft:	400 V, 50 Hz
Spänning, manöver:	220 V, 50 Hz



Art.nr.	Beskrivning	Antal
1.	Duo-block två-bränslesystem.	
1.01	Pulverbrännare, fabrikat Saacke, typ: SKBO 150 med kvotregleringsventil, ställmotor och komplett länksystem. Driftsätt, modulerande Max träpulver/h = 2310 kg/h per brännare Min träpulver/h = 600 kg/h per brännare Luftfaktor, 1,4 på beräknad last. Max olja 1750 kg/h per brännare Min olja 440 kg/h per brännare Reglerområde: 1:4	2 st
1.03	Luftregister, typ: GM150 med ställbar rotationsriktning.	2 st
1.05	Sekundärluftskåp befintligt. Till varje brännare monteras separata spjäll.	2 st
1.07	Differenstryckvakt primär-/sekundärluft.	2 st
1.09	Tryckvakt sekundärluft.	2 st
1.11	Manometer sekundärluft.	2 st
1.13	Ventiler, självstängande för sekundärluft.	2 st
2.	Flödesreglerventiler för träpulver - olja bestående av: Kvotregleringsventil med ställmotor, typ: VRKK-R, med oberoende ställkurvor pulver/luft/olja.	2 st
2.01.01.2	Servomotor.	2 st
2.07	Länksystem luft - träpulver - olja.	2 st
2.10	Oljelans typ Z10 ångatomiserad	2 st
	Gaständare gas/elektrisk typ ZAKL	2 st
	Tändtransformator	2 st
	Magnetventil för tändgas	4 st
	Avstängningsventil tändgas	2 st
	Stålmantlade slangar för olja/ånga	4 st

Art.nr.	Beskrivning	Antal
	<p>Oljearmaturer bestående av:            Pneumatiska ställdon on/off            Filter            Avstängningsventiler            Manometer            Termometer            Oljemängdsmätare typ ringkolv med lokal indikering</p>	<p>befintlig            befintlig            befintlig            befintlig            befintlig            2 st</p>
	<p>Utrustningen skall anslutas till oljesystemet med påstick</p>	
	<p>Ångatomisering bestående av:            Pneumatisk ventil ånga            Backventil            Avstängningsventil            Manometer            Tryckvakt            Reducerventil            Filter            Pneumatisk renblåsningsventil</p>	<p>befintlig            befintlig            befintlig            befintlig            befintlig            befintlig            befintlig            befintlig</p>
3.01	<p>Sekundärluftsfläkt            Differenstrycksreglering monteras till befintligt spjäll.</p>	<p>Befintlig            1 st</p>
3.02	<p>Anpassning av sekundärluftstrumma</p>	
3.03	<p>Blåsmaskin för träpulver, kapacitet cirka 2000 m<sup>3</sup>/h, 750 mbar, motor 55 kW, ljuddämpare, luftfilter, säkerhetsventil med T-rör, backventil, vibrationsdämpare och ljudisolationshuv.</p>	<p>2 st</p>
3.04	<p>Transportrör för träpulver buffertkärn - brännare.            Längd 50 m.</p>	<p>2 st</p>
3.05	<p>Doseringssystem för två linjer, bestående av:   <b>Mellanlagringssilo</b>, volym 40 m<sup>3</sup>, diam 3,5 m, mantelhöjd 4,1 m, försedd med stativ, manlucka på taket, manlucka på konan, säkerhetsventil, anslutning för påfyllningsrör, lejdare från byggnadens tak.            Silon placeras i av beställaren uppfört doseringshus.</p>	<p>1 st</p>



---

Art.nr.	Beskrivning	Antal
---------	-------------	-------

---

**Explosionsbleck**, fabrikat Rembe (AB GF Swedenborg Ingenjörfirma). Avlastningsarea 1,5 m<sup>2</sup> (3x0,5m<sup>2</sup>). Explosionsblecken är placerade högst upp på silomanteln. För att utföra service på dessa finns en gångplattform av gallerdurk med räcke. Denna plattform omfattar ca. 1/3 av silons omkrets.

**Dammfilter**, av fabrikat ITK. Pulsrensats 88 m<sup>2</sup> kassetfilter. Vid inspektion eller byte av filterkassetten drages dessa ut åt sidan.

**Nivåvakt**, 4 st Movipro RLI typ roterande paddelvakter för indikering av fullnivå, lågnivå, överfyllnadsskydd samt låglågnivå.

**Valvbrytning/utmatningsutrustning** bestående av:

Valvbrytningsskruv samt rotor med drift, kuggväxelmotor 11 kW.

1 st utloppsschakt med fotoceller för start och stopp av valvbrytningsrotorn.

**Avstängningsspjäll**, Tomal typ 620 kättingmanövrerat.

**Doserare**, Tomal typ. 627 i specialutförande för träpulver.

Drift: SEW kuggväxelmotor R72DV132M4, 7,5 kW med separat kylfläkt.

Doseringsmotorn är frekvensstyrd med frekvensomformare avsedd för 0/4-20 mA styrsignal. Vidare ingår signalomvandlare vilket medger kvotning av styrsignalen på potentiometer. Styrutrustningen är inbyggd i automatiksskåp.

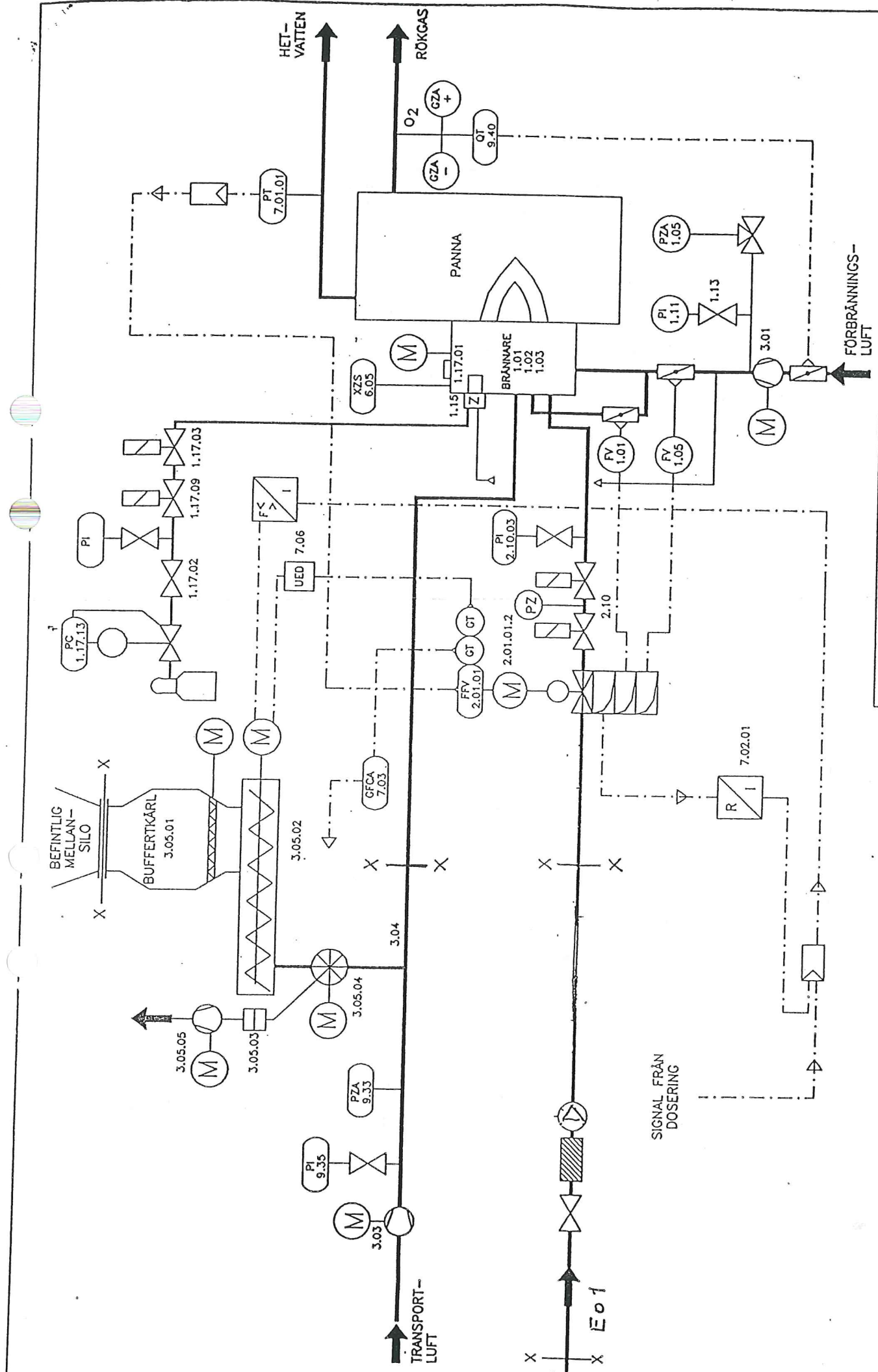
**Utloppsschakt**, med inspektionsglas samt avluftningsschakt för läckluft.

**Cellmatare**, Westinghouse AS300, monterad på stativ.

**Injektor**, placerad under cellmataren avsedd för att minska trycket under cellmataren. Därmed reduceras läckluftens mängd. Injektorn bidrar även till att föra in träpulver i ett jämt flöde i transportledningen. Injektorns munstycke är justerbar.

**Transportfläkt**, Ventur högtrycks radialfläkt HDN14/5 för transport av läckluften upp till silotoppen. Gnistfritt utförande. Rör, slangar och ventiler för läckluft.

Art.nr.	Beskrivning	Antal
	<b>Elutrustning</b> , bestående av komplett automatikskåp monterat på doseringssilons stativ för ovanstående.	
5.79	<b>Automatik för brännare</b>	
	Automatikskåp för brännare av stålplåt, lackerat, med låsbar dörr, komplett kopplat för två brännare. Kontaktormotorskydd, kontaktorer, signallampor och manöverbrytare. Skyddsklass IP55 Eldningsautomatik	1 st
	Infraröd flamdetektor, typ: IRIS 3000. Larmhantering med förstafelsindikering	2 st
6.01	Styrsystem för styrning och reglering av panna. Siemens Simatic S5-135U med operatörspanel OP 30 för betjäningar översiktbild, gruppbild, larmhantering m.m	1 st
7.01.01	Tryckgivare	1 st
	Befintliga drift- och maxvakter användes.	
9.33	Luftvakt för transportluft.	1 st
9.34	Temperaturvakt på transportledning	1 st
9.35	Manometer med ventil för transportluft 0-400 mbar.	3+3 st
9.40	O <sub>2</sub> -reglering för varierande bränslekvalite. Mikroprocessorstyrd analys- och reglersystem med integrerad PI-reglering. O <sub>2</sub> -indikering 0-21 Vol%. Skrivarutgång 0/4-20 mA Reglerutsignal 4-20 mA Mätsond av typ zirkoniumoxid för insitumätning. Komplett inbyggd i skåp.	1 st



FLÖDESSCHEMA  
PULVER ELDNING

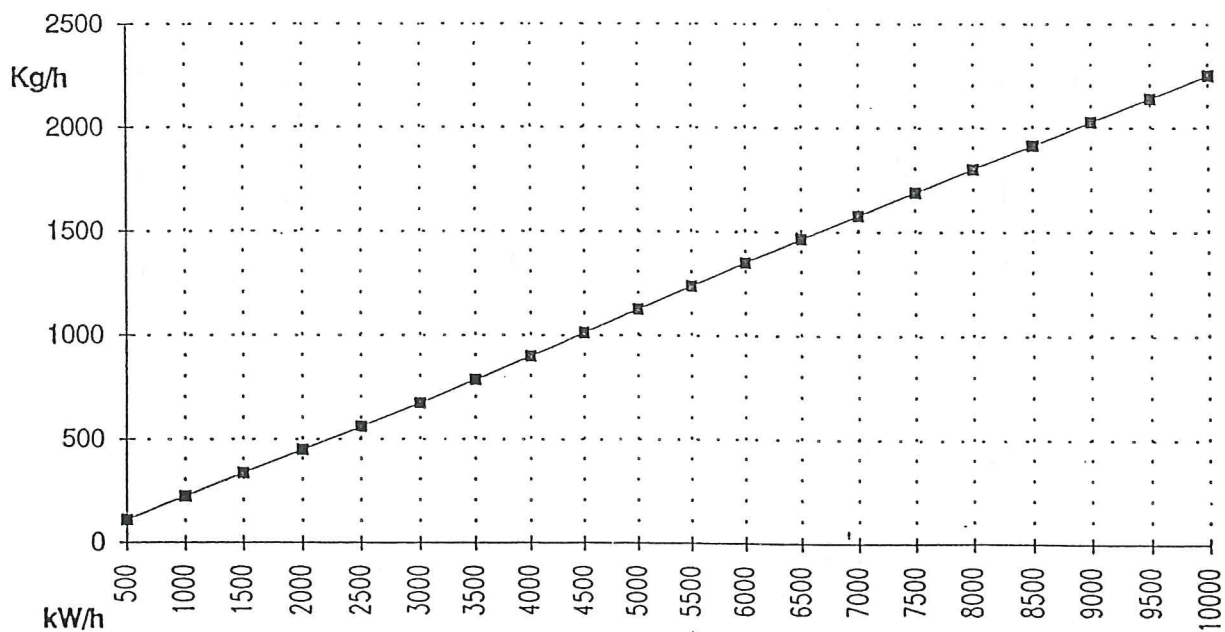
ELDAB energi  
LÄRLINGSGATAN 3 BOX 81  
S-444 21 STENUNGSUND  
TEL.0303/80565

SIGNAL FRÅN  
DOSERING



# TRÄPULVER

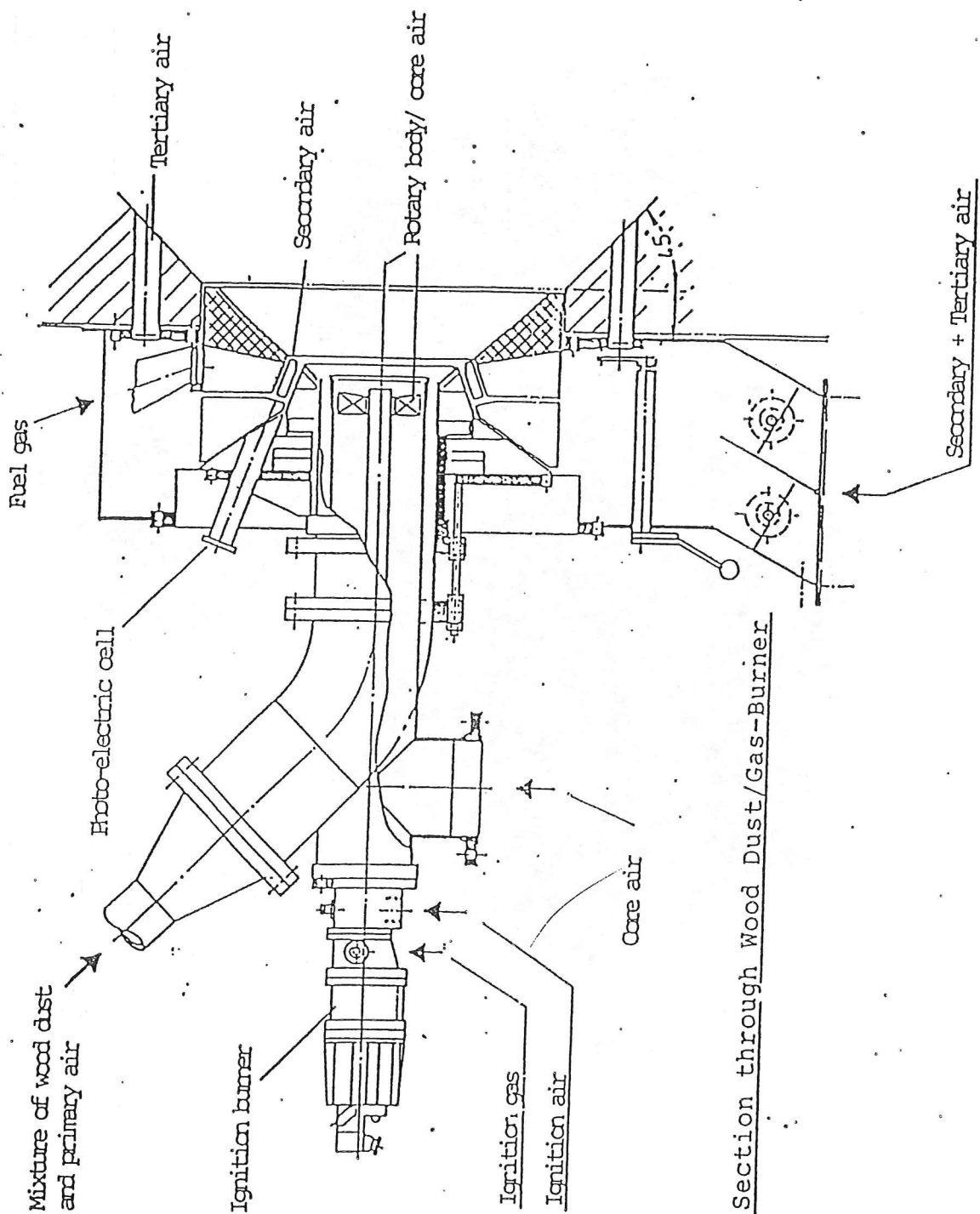
BRÄNSLEMÄNGD VID OLIKA EFFEKTER.  
VÄRMEVÄRDE 18,36 Mj/kg (5,1 kW/kg)  
PANNVERKNINGSGRAD 85%



**SAACKE**

Wood Dust/Gas Burner

Typ:  
SKB 30-100 II\_D  
Anderungen vorbehalten



Part Section through Wood Dust/Gas-Burner

Erstaussgabe  Folgeausgabe

Sci. Normmerk nach DIN 34-1 beachten!

A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H  
I  
J  
K  
L  
M  
N  
O  
P  
Q  
R  
S  
T  
U  
V  
W  
X  
Y  
Z

Ausgabe: 10.11.13  
Gez.: *Handwritten signature*

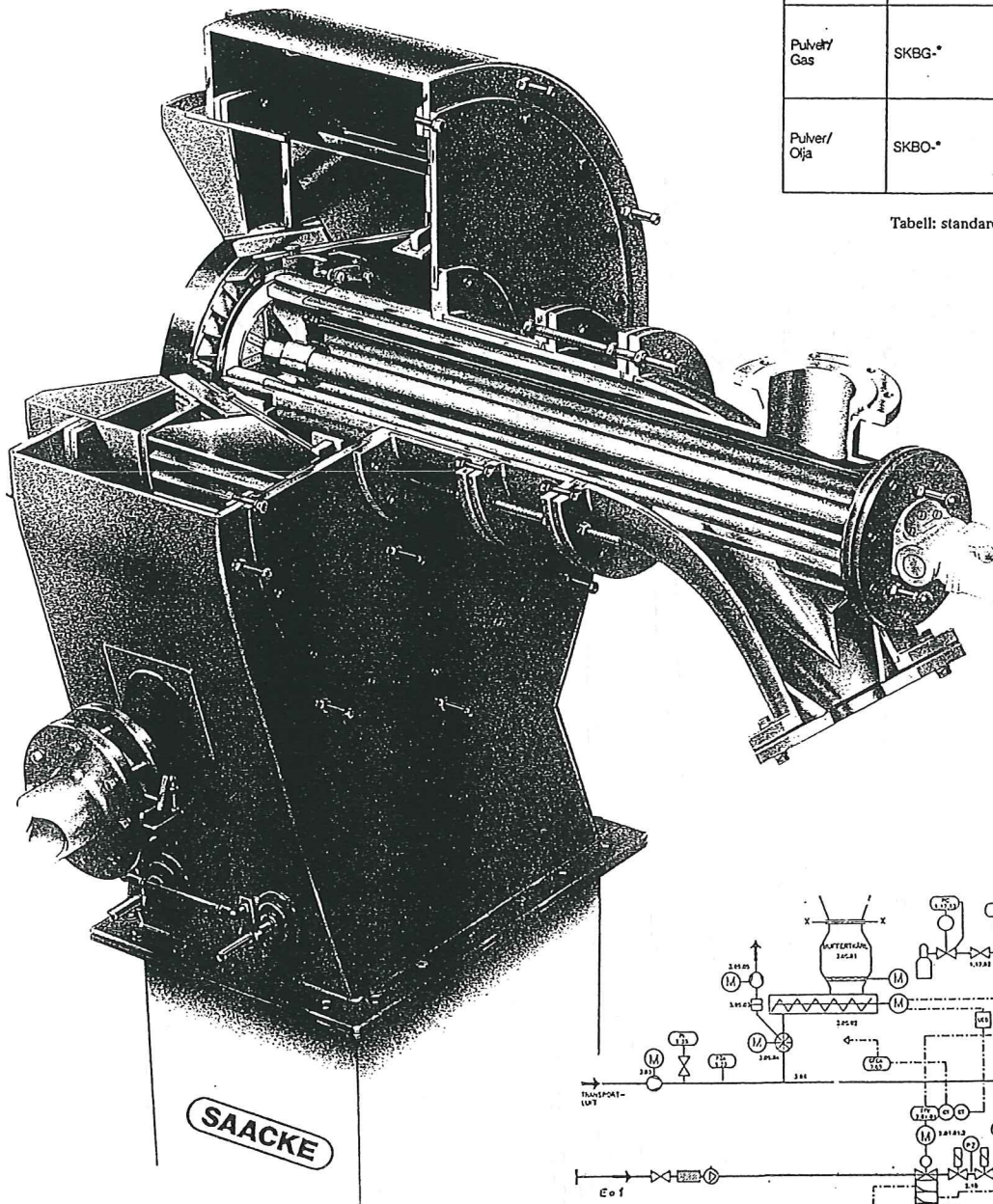
Telefon (04 21) 64 93-1  
Telegr. SAACKEBRENNER  
Telefax 244 230

**SAACKE**  
GmbH & Co. KG

Südweststraße 13  
Postfach 210261  
2800 Bremen 21

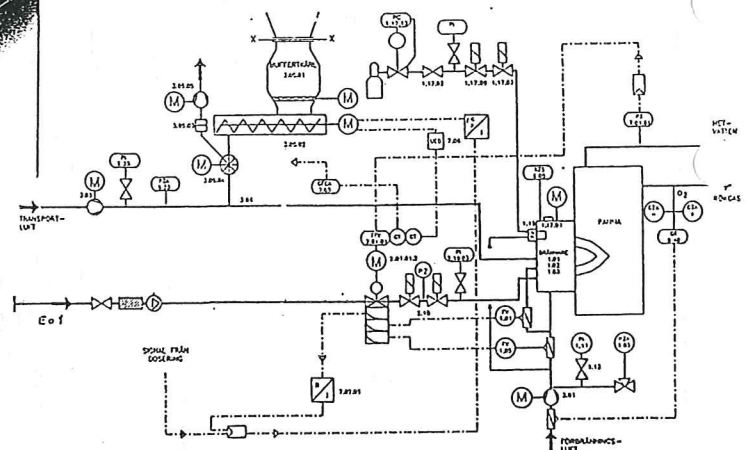
Zutreffend Ersatz für

# Pulverbrännare SKB



Bränsle	Effektområde MW	2,3	3,5	4,5	5,8	7,0	9,3	11,6	17,5		
		Brännarstorlek		20	30	40	50	60	80	100	150
		Brännartyp									
Trä-, kolpulver Brunkol/ Stenkol	SKB										
Pulver/ Gas	SKBG.*										
Pulver/ Olja	SKBO.*										

Tabell: standardstorlekar



## ELDAB ENERGI

Box 81, 444 21 STENUNGSUND 0303-80565 Fax 0303-88732



# energima

## PULVERBRÄNNARE

En kort beskrivning av pulverbrännare för trä och kolpulver.

Vår pulverbrännare med storlek av 500 kW till 10 MW har följande data.  
Pulverbrännarens luftflöden är uppdelade i fyra delar.

1. Transportluft	1000 mmvp (Pulvertransportlängden inverkar på trycket)
2. Pressluft	900 mmvp över registret
3. Primärluft	150 mmvp över registret vid maxlast
4. Sekundärregistret	100 mmvp över registret vid maxlast

Brännaren är av typ fribrinnande men en liten brännardysa monteras framför brännaren.  
Brännarens reglerområde är c:a 4, det vill säga att en 10 MW brännare reglerar från 2.5 till 10 MW.

Brännarna över 1 MW förses med ett Tryckluftautomiseringsoljemunstycke, som används till start av brännaren och kan även användas som lastbrännare om pulverförsörjning ej finns tillgänglig.

Brännare under 1 MW förses med ett tryckoljemunstycke med samma funktion som brännaren över 1 MW.

I tändsystemet för brännare används gasoltändning.

Vid förbränning av pulver behövs ingen stödolja.  
Flamman är stabil och homogen över hela lastområdet.

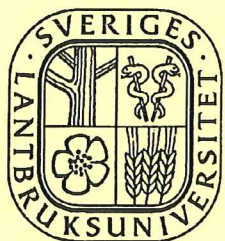
Bränsle/Transportluft är av typ högdensitet, det vill säga att luft/bränsleförhållandet är c:a 1 kg luft 3,5 kg bränsle beroende av bränsletyp. Det gör att förbränningen kan liknas vid oljeförbränning med god utbränning.

Dosering av pulver sker med en horisontal cellmatare som är varvtalsstyrd beroende av Effektuttaget.

Varvtalet styrs med en Frekvensomformare, som får sin impuls från en potentiometer monterad i ställmotorn för inställning av förbränningsluften som får sin öka/minska signal från framledningstemperatur eller ångtryck.

## I *Röbäcksdalen Meddelar* nyligen utkomna nummer:

- 1992:9  
Växtskydd  
Gösta Vestman.  
Bladfläcksjukdomar i norrländska kornsorter - sortjämförelser i fält 1987-91.
- 1992:10  
Växtodling  
Lennart Lomakka.  
Odlingsförsök med rörflen till biobränsle och fiberråvara.
- 1992:11  
Bioenergi  
Jan Burvall.  
Möjligheten att reducera svavelutsläpp genom sameldning av torv och energigräs.  
Proveldning vid Åsele energiverks 3.5 MW rosterpanna.
- 1992:12  
Husdjur  
Växtodling  
Trädgård  
7:e regionala lantbrukskonferensen för norra Sverige den 17-18 mars 1992, Umeå.  
Föredragen i sammandrag.
- 1992:13  
Trädgård  
Erland Svensson †, Elsa Viklund, Elisabeth Öberg.  
Förökning och distribution av träd och buskar utvalda för norrländska förhållanden.
- 1992:14  
Allmänt  
Martin Wik.  
Sammanställning av utgivna nummer 1992 samt Publicerat från Röbäcksdalens verksamhetsområde 1992.
- 1993:1  
Växtodling  
Anne-Maj Gustavsson och Sven Andersson.  
Sortförsök med kom, havre och ärtor i norra jordbruksförsöksdistriktet 1983-1992.
- 1993:2  
Husdjur  
Gun Bernes.  
Grovfoder till getter - en litteraturöversikt.
- 1993:3  
Husdjur  
Gun Bernes.  
Vinterlamm - hö eller ensilage till slutuppfödningen.
- 1993:4  
Husdjur  
Gun Bernes.  
Hö och tallris som grovfoder i intensiv getmjölkproduktion.
- 1993:5  
Växtskydd  
Susanne Hoffman.  
Biologisk bekämpning i växthus.
- 1993:6  
SLL  
Husdjur  
Carina Johansson, Robert Samuelsson och Jerker Öhman.  
Torbjörn Pettersson.  
Jämförelse av metoder för energianvändning av norrländskt kom.
- 1993:7  
Växtodling  
Lennart Lomakka.  
Skördetidsförsök i norra Sverige i korn och ärtblandsäd för våtkonservering.
- 1993:8  
Bioenergi  
NIRAK  
Jan Burvall, Karin Segerud.  
Pulverbränsle från rörflen.
- 1993:9  
Bioenergi  
Jan Burvall.  
Tillverkning och proveldning av rörflenpulver - ett fullskaleförsök.



**Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap**  
**Avdelningen för växtskydd**  
*Swedish University of Agricultural Sciences*  
*Dept. of Agricultural Research for Northern Sweden*  
*Section of Chemistry and Biomass*

Senast utgivna nummer se omslagets insida

---

## DISTRIBUTION

SLU Info, Röbbäcksdalen

Box 4097

904 03 UMEÅ

Tel. 090-13 53 10    Telefax 090-12 67 30

SLU Repro UMEÅ 1993

UMEÅ 1993

ISSN 0348-3851

ISRN NLBRD-M--93:9--SE

---