



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Skogsbränsle och massavedsproduktion vid terminal

Karin Segerud

Skogsbränsle och massavedsproduktion vid terminal

Karin Segerud

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08/ 34 09 80

December 1983
ISSN 0348-758X

SUMMARY

Wood fuel and pulp wood production at terminals

The so called whole-tree method has during recent years replaced the conventional assortment method for thinning younger stands at several locations in Sweden. Unlimbed logs are processed at wood terminals into pulp wood and wood fuel.

Today the pulp industry is consuming the wood fuel itself, but when the whole-tree method is more widely introduced, a large amount of wood fuel will be available for other consumers, especially the town-heating companies.

The aim of this study has been to investigate

- Consumers quality demand on the wood fuel
- The necessary treatment of the wood fuel at the terminal to fulfil the demand of the consumers
- Payable price for wood fuel
- Rate of return for wood fuel and pulp wood production at separate terminals and at terminals located at pulp mills

One of the conclusions of this study is that production of wood fuel and pulp wood at the debarking station at the pulp mill is more economical than production at separate terminals.

Wood fuel is however inhomogeneous fuel, moisture content 35-60 %, ash content 2.5-4.5 %. Therefore wood fuel calls for more rigid fuel handling equipment than "fuel chips". Combustion furnaces and firing grates designed for fuel chips have turned out not to be quite suitable for wood fuel.

Another conclusion from the study is that if fuel oil firing is the alternative, investments in wood fuel firing boilers are economical, if wood fuel can be purchased at 450 SEK/ton DS. Coal and peat as alternatives brings the payable price on wood fuel down to 330 SEK/ton DS.

SKOGSBRÄNSLE - OCH MASSAVEDS- PRODUKTION VID TERMINAL

Karin Segerud

Värmeforsk.
Projekt B33. Optimal användning av skogsbränsle

1 Inledning och sammanfattning

Bakgrund

Allt pekar på att den sk träddelemetoden kommer att slå igenom inom skogsbruket och skogsindustrin. Metoden innebär kortfattat att träden, främst i gallringsbestånd, tas ut okvistade i hanterbara sektioner om 2-5 m långa träddelemar. Kvistning sker därefter centralt vid massaindustrin eller vid fristående terminal. Genom metoden erhålls förutom massaved en betydande kvantitet skogsbränsleråvara i form av kvistningsrester (och bark).

Avsättning för skogsbränslet finns idag inom den egna skogsindustrin. Efter omfattande energibesparande åtgärder samt ett bättre energiutnyttjande vid soda- och barkförbränning är, eller kommer, flertalet av dagens massaindustrier att vara självförsörjande.

En av förutsättningarna för en mer omfattande övergång till träddelemetoden är att finna avsättningar för skogsbränslet hos exempelvis fjärrvärmeverk. Vid kvistningsterminalen finns även möjligheten att förädla bränslet till exempelvis pellet och därigenom nå en annan användargrupp - fastigheter och mindre industrier.

Syftet med projektet har varit att studera följande

- Användarens, i första hand värmeverkens bränslekrav
- Nödvändig bearbetning vid terminal av kvistningsresterna för att tillgodose användarens bränslekrav
- Skogsbränslets betalningsförmåga (marknadsvärde)
- Bränslepellets betalningsförmåga
- Lönsamheten för skogsbränsle- (alternativt pellet-) och massavedsproduktion vid terminal eller skogsindustrin

Förutom kvistningsrester har även skogsbränsleproduktion ur hyggesrester studerats.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid

1 Inledning och sammanfattning	1-10
2 Träddelshantering	11
2.1 Inledning	11
2.2 Potential	13
2.4 Ekonomi	13
3 Terminaler för upparbetning av träddelar till massaved och skogsbränsle	14
3.1 Inledning	14
3.2 Fristående terminal för kvistning av träddelar i trumma	15
3.3 Fristående terminal för kvistning av träddelar i buntkvistare	28
3.4 Kvistning av träddelar vid massaindustrin	20
3.5 Råvaruflöde, produktion och lagerbehov vid kvistningsterminal	22
4 Hyggesrester	27
5 Terminal för upparbetning av hyggesrester till skogsbränsle	28
6 Bränslekvalité - användarens bränslekrav	30
6.1 Inledning	30
6.2 Erfarenheter av skogsbränsleeldning - nuläge	22
6.3 Användarens "önskade" bränslekrav	35
6.4 Bränslestruktur och kvalité hos "dagens" skogsbränslesortiment	35
6.5 Bränslekvalite/bränslekrav - nödvändig bearbetning och rening av skogsbränsle	38
7 Skogsbränslets betalningsförmåga	44
8 SYSTEMANALYS I - Skogsbränsle- och massavedsproduktion vid terminal	47
8.1 Inledning	47
8.2 Kostnad för träddelar, massaved och hyggesrester fri	49
8.3 Transportkostnad	52
8.4 Terminal - dimensionering och kostnader	52
8.4.1 Terminaltyper	52
8.4.2 Kapacitet och årsproduktion	54
8.4.3 Investeringskostnad	55
8.4.4 Driftdata och driftkostnader	56

Resultat - användarens bränslekrav och nödvändig bearbetning av skogsbränslet

I ett flertal av dagens värmeverk är hanterings- och förbränningsutrustning dimensionerade för ett skogsbränsle som kräver hög renhet, jämn styckestorlek och jämn fukthalt. Skogsbränsle från hyggesrester och kvistningsrester är ett betydligt mer inhomogent och förorenat material. Bearbetning och rening av detta bränsle för att uppfylla användarens krav är teknisk möjligt men kan idag inte ske till en realistisk kostnad. För en mer omfattande övergång till skogsbränslebaserad energiproduktion krävs en anpassning av hanterings- och förbränningsutrustning till mer inhomogena skogsbränslen. Vissa av användarens bränslekrav bör kunna uppfyllas med relativt enkla åtgärder vid terminal. Tabell 1 ger en bild av skillnaden mellan användarens "önskade" bränsle, dagens skogsbränsle från kvistnings- och hyggesrester samt en bedömning av rimlig kvalitet som kan uppfyllas vid terminalbearbetning av kvistnings- och hyggesrester.

Tabell 1

	Användarens "önskade" bränsle krav	Skogsbränsle från kvist- och hyggesrester	Skogsbränsle
<u>Fukthalt</u>			
Medelfukthalt, %	50	50	50
Fukthaltsvariation	40 - 55	35 - 60 (65)	35-55
<u>Bränslestruktur och fraktionsfördelning</u>			
	max 100 mm	> 100 3-5%	max 100 m
	finandel < 6 mm 10 % viktsandel av materialet	0-6 mm 25-30 % 6-12 mm 20-25 %	0-6 mm 25-30 % 6-12 mm 20-35 %
	Låg andel stickor och barr	hög andel stickor och barr	hög andel stickor och barr
<u>Föroreningar</u>			
Askhalt inkl jord, sand m m	1 vikts-%	2,5 - 6,5 %	2,5 - 3%
<u>Övrigt</u>			
	fritt från metall		
	fritt från stenar > 10 mm		

Fukthalt

Hög fukthalt vintertid, framför allt under snösmältningsperioden har rapporterats från bl a Gruvön och Dombäckterminalen. Det är främst bränslets finfraktion som binder den extra fukt som kommer från snö och is.

Termisk torkning är för närvarande ointressant pga höga investeringar och driftkostnader förutsatt att inte torkning av andra orsaker (ex torkning av sommaröverskottet) måste tillgripas.

Genom att pressa finfraktionen (i typ barkpress) finns goda förutsättningar att sänka bränslets genomsnittsfukthalt till uppskattningsvis 55%. Utgående från de lokala förutsättningarna bör även i de flesta fall möjligheten finnas att under period med hög fukthalt blanda in torrare bränslen typ snickeriavfall (eventuellt brunkol).

Torkning av bränslet i samband med förbränning är ytterligare ett alternativ. Lönsamheten för installation av bränsletork varierar och får bedömmas från fall till fall. Är bränslefukthalten hög under endast 1-2 driftmånader är det mycket tveksamt om bränsletorkning är ekonomiskt försvarbart pga höga investeringskostnader.

Bränslestruktur och fraktionsfördelning

Finfraktionsandel under 10% är för kostsamt att sälla bort då kvistningsrester och hyggesrester redan innan sönderdelning har en finfraktionsandel av ca 20% i form av barr, kvist- och barkbitar. Däremot bör bränsleproducenten kunna uppfylla användarens krav om styckestorlek av max 100 mm.

Föroreningar

För att hålla föroreningshalten på skogsbränslet inom acceptabla nivåer bör först och främst ansträngningar göras vid uppsamling och hantering i skogen och vid omlastning vid avlägg. En föroreningshalt av 2,5-3% (inkl den naturliga askhalten på ca 1,5%) på skogsbränsle bör vara möjlig att uppnå genom god disciplin.

Avskiljning av skrot och större sten kan åtgärdas vid terminalen med hjälp av magnetavskiljare, ljudfällor och olika typer av luftfraktioneringsmetoder.

Avskiljning av föroreningar i form av jord och sand medför en mer omfattande operation. Över 60% av föroreningshalten har lokaliserats till bränslets finfraktion. Denna utgör emellertid 25 till 30% av bränsledelen och gör att frånskiljning av hela finandelen inte kan försvaras ekonomiskt. Avskiljning av föroreningar i finfraktionen genom någon typ av luftfraktionering kan ske först efter torkning (alt. yttorkning) av bränslet då föroreningarna sitter anhängade på de fuktiga bränslepartiklarna. Torkning medför dock höga investerings- och driftkostnader.

Anpassning av hanterings- och förbränningsutrustning

På hanterings- och förbränningssidan bedöms de tekniska möjligheterna att anpassa sig till det mer heterogena och förorenade bränslet som goda. Förbränning i snabb fluidiserad bädd (cirkulerande) är ett exempel på teknik. Den specifika anläggningskostnaden är idag relativt hög för anläggningar under 15 MW men kostnaden förväntas sjunka. En anpassning och vidareutveckling sker även på snedrost- och cyklonugnsområdet, varför denna teknik på inget sätt bör uteslutas för mer förorenade bränslen.

För de nybyggda värmeverken märks idag en anpassning och förstärkning på bränslehanteringssidan. Ett nytänkande och tekniska förbättringar på hanteringssidan är dock välkommet, speciellt med sikte på att pressa de idag relativt höga investeringskostnaderna som för mindre anläggningar < 10 MW blir mycket kännbara.

Skogsbränslets betalningsförmåga

I jämförelse med fortsatt oljeeldning visar denna utredning att en konvertering till skogsbränsleeldning är lönsamt för ett värmeverk vid ett skogsbränslepris av ca 100 kr/MWh (fritt värmeverk). Skogsbränslets betalningsförmåga eller marknadsvärde måste emellertid jämföras med konkurrerande bränslen eller energikällor. Med all säkerhet kommer kol att vara prisledande för alternativa bränslen. Mindre värmeverk i inlandet kan idag (våren 83) erhålla kol för ett pris motsvarande 70-75 kr/MWh (fritt värmeverk).

En förutsättning för en ökad skogsbränsleanvändning är att skogsbränslepriset kan pressas ner till gällande (eller kommande) kolpriser vilket idag innebär att skogsbränslets betalningsförmåga är ca 330 kr/ton TS (motsvarande 73 kr/MWh baserat på 50% fukthalt). Om den föreslagna nya energiskatten på kol antas kommer skogsbränslets marknadsvärde att öka till 380 kr/ton TS (fritt värmeverk).

Betalningsförmåga för pellet

Tillverkning av pellet ur skogsbränsle medför höga merkostnader. Pellet är därför endast aktuellt i anläggningar där man idag förbrukar eldningsolja 1 för vilka en ombyggnad till eldning med oförädlad bränsle, typ skogsbränsle, maskintorv och kol blir olönsam, eller där de lokala förhållandena såsom platsbrist och problem med lagring av fuktigt bränsle försvårar konvertering till oförädlad bränsle.

För "små" användare, typ villor, saknas idag billiga och driftsäkra pelleteldningssystem. Idag är dessutom konvertering till el ett mer lönsamt alternativ för många villaägare.

För närvarande bedöms den stora potentiella pelletanvändargruppen finnas i tätare bebyggelse med en oljeförbrukning av 50-350 m³ eol per år.

Vid ett oljepris av 2300 kr/m³ eol visar denna utredning att konvertering från olja till pellet för anläggningar som förbrukar 50-350 m³ eol/år är lönsam vid ett pelletpris (fritt användaren) av 825 kr/ton TS (700 kr/ton vid 15% fukthalt). Omräknat i kr per MWh motsvarar pelletbränslets pris 70% av oljepriset.

Systemanalys I - Skogsbränsle och massavedsproduktion vid terminal

För att bedöma lönsamheten för massaved- och skogsbränsleproduktion (baserat på träddelar) vid terminal har kostnaderna för hela kedjan, dvs från skogen till avnämare av massaved och skogsbränsle studerats.

Utgångspunkt för systemstudien har varit

- träddelemetoden jämförs med motor- manuell sortimentmetod
- skogsbränslets betalningsförmåga (intäkter från bränsleförsäljning) har relaterats till nuvarande kolpris.

Systemets uppbyggnad har skisserats i figur 8.

Den totala systemkostnaden har indelats i:

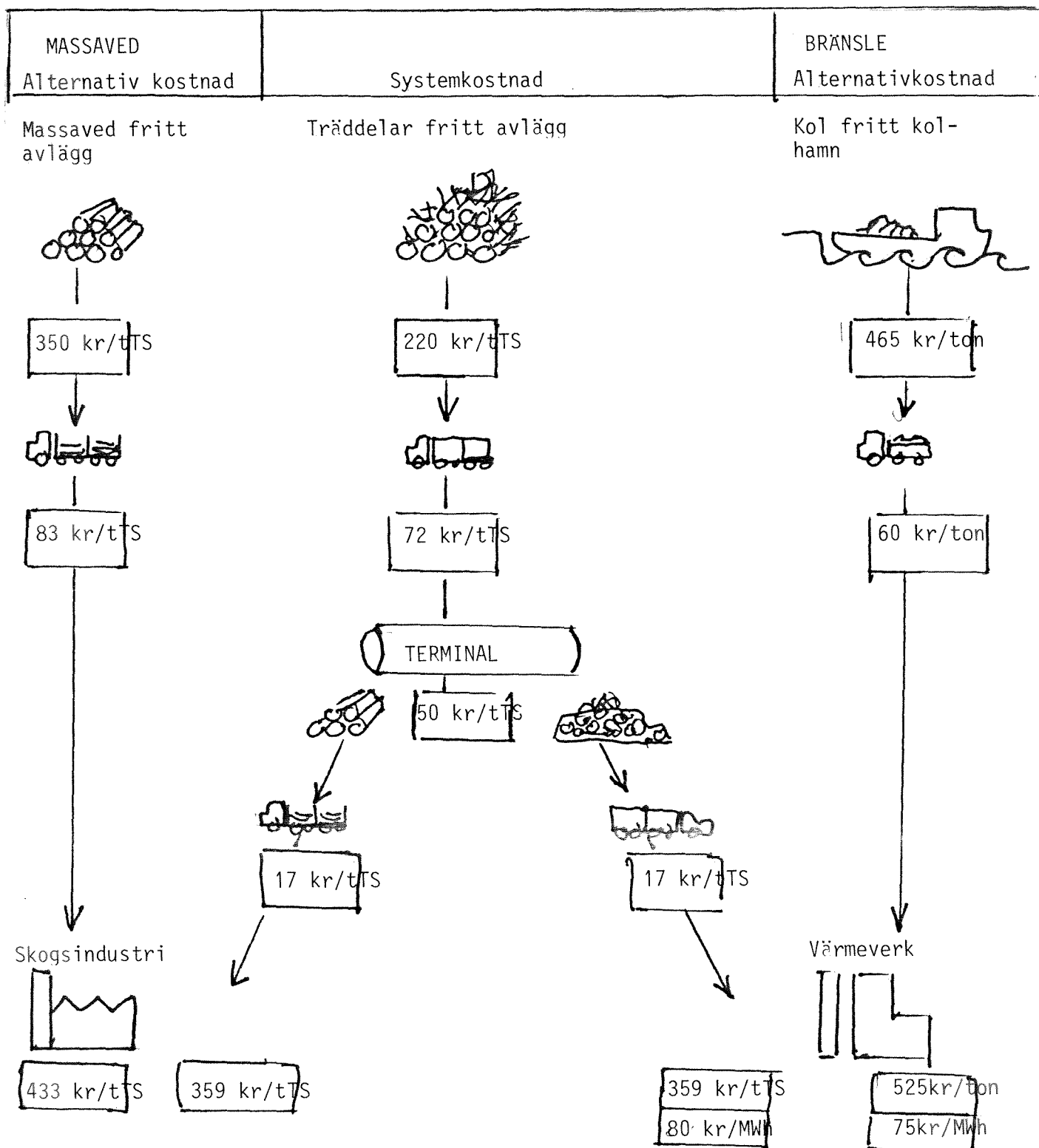
- Kostnad för träddelar fritt avlägg
- Kostnad för transport av träddelar till terminal/skogsindustri
- Driftkostnad för upparbetning av råvaran till massaved och skogsbränsle inkl lagringskostnad och rejektförlust
- Kostnad för transport av massaved till skogsindustrin resp skogsbränsle till värmeverk (eller annan avnämare)

Lönsamheten presenteras i form av systemets pay-offtid, vilken definieras som investering genom summan av intäkter från massaved- och skogsbränsleförsäljning.

Intäkter av massavedsförsäljning har relaterats till de officiella massavedspriser som förelåg för avverkningssäsong 82/83.

Intäkter av skogsbränsleförsäljning har relaterats till ett kolpris fritt hamn av 465 kr/ton vilket medför ett kolpris av 525 kr/ton (75 kr/MWh) fritt värmeverk vid ett transportavstånd av 20 mil.

Figur 8. Systemets uppbyggnad



Nettointäkt massaved $433 - 359 = 74$ kr/tTS
 Nettointäkt bränsle $75 - 80 = (-) 5$ kr/MWh

Fem olika typer av terminaler (A-E) jämförs i systemanalysen.

- A. Fristående terminal för upparbetning av träddelar

till massaråvara och skogsbränsle

Kvistningen sker i trumma eller buntkvistare. Massaråvaran levereras till skogsindustrin i huvudsak som obarkad rundved (osorterad). Endast en mindre andel (bräckage) sönderdelas till massaflis.

- B. Fristående terminal för upparbetning av träddelar

och hyggesrester till massaråvara och skogsbränsle

Terminalen är av samma typ som terminal A men har kompletterats med en kross för grovsönderdelning av hyggesrester

- C. Upparbetning av träddelar i anslutning till

befintlig barkanläggning vid industrin - fall I.

Kvistning sker separat i trumma eller buntkvistare. Kvistad massaved matas in tillsammans med övrig massaved i befintlig barkanläggning. Upparbetning av kvistningsrester till skogsbränsle sker enligt samma metod som för terminal A och B.

- D. Upparbetning av träddelar i anslutning till

befintlig barkanläggning vid industrin - fall II.

Teknisk utformning enligt terminal C men med dubbla årskapaciteten.

- E. Fristående terminal för upparbetning av

hyggesrester till skogsbränsle

Vid en antagen kostnad för träddelar av 220 kr/ton TS (92 kr/m³ f bio) fritt avlägg vilket har jämförts med en kostnad för massaved av 350 kr/ton TS (155 kr/m³ f p.b.) fritt avlägg samt en ersättning för skogsbränsle fritt värmeverk motsvarande 75 kr/MWh visar systemstudiens resultat att:

- System A - "Fristående terminal för upparbetning av träd-
delar är ej lönsam"
- System B - "Terminal för upparbetning av träd-
delar och
hyggesrester" uppvisar bättre resultat men är ej
lönsam
- System C - "Upparbetning av träd-
delar vid industrin -
fall I" är lönsam
- System D - "Upparbetning av träd-
delar vid industrin -
fall II" har god lönsamhet
- System E - "Upparbetning av hyggesrester till skogsbränsle"
är lönsam

Upparbetning av träd-
delar vid industrin medför lägre kostnader
och är därför mer lönsam än träd-
delshantering vid fristående
terminal. Den högre lönsamheten beror av att:

- Omlastning och transport av massaved från terminal till
skogsindustrin bortfaller.
- Personalbehovet reduceras.
- Befintlig maskinpark, personalutrymmen, verkstad m m kan
utnyttjas.

Upparbetning vid industri förutsätter dock att utrymme för
utbyggnad av kvistningsutrustning m m finns vid barkanlägg-
ningen (och lagerutrymme för de mer skrymmande träd-
delarna).

En fördubbling av bearbetningskapaciteten medför minskad kapi-
tal- och driftkostnad per ton TS producerat. Till viss del
"äts" denna vinst upp på grund av ökade transportkostnader för
träd-
delar för system D

Resultatsammanställning - Systemanalys I

System/terminal	A	B	C	D	E
Investering (Mkr)	10,0	12,0	5,5	9,0	6,5
Nettointäkter (Mkr/år)					
massaved	+ 1,19	+ 1,16	+ 2,52	+ 5,43	-
skogsbränsle (td)	- 0,90	- 0,90	- 1,05	- 2,09	-
skogsbränsle (hr)	-	+ 0,82	-	-	+ 1,79
Summa netto- intäkter	+ 0,29	+ 1,08	+ 1,47	+ 3,34	+ 1,79
Pay-offtid (år)	34	11	3,7	2,7	3,6

Systemanalys II - Pellet- och massavedsproduktion vid terminal

Vid terminaler för massaved- och skogsbränsleproduktion kan anläggningen utökas med en linje för pelletproduktion.

Förädling av skogsbränsle till pellet skall främst ses som ett alternativ i de fall avsättning av skogsbränsle till typ värmeverk inte finns inom rimligt avstånd.

I systemanalys II har lönsamheten för massaved- och pelletproduktion beräknats för fem olika typer av terminaler. Utformning, råvara och kapacitet för massaved- och skogsbränsleproduktion är identiska med terminal A-E i systemanalys I.

Systemens lönsamhet redovisas i form av det totala systemets pay-offtid, vilket definieras som den totala investeringskostnaden för terminalen genom summan av intäkterna från massaved- och pelletförsäljning.

Intäkterna från pelletförsäljning har relaterats till ett pris av 825 kr/ton TS fritt användaren.

Resultatsammanställning - Systemanalys II

System/terminal	A	B	C	D	E
Investering (Mkr)	20	27	15	24	21,5
Nettointäkter (Mkr/år)					
massaved	+ 1,19	+ 1,16	+ 2,52	+ 5,43	-
Pellet	+ 3,56	+ 3,85	+ 3,79	+ 8,04	+ 10,4
Summa netto-intäkter	+ 4,75	+10,45	+ 6,31	+13,47	+10,4
Pay-offtid (år)	4,2	2,6	2,5	1,8	2,1

Resultatet av Systemanalys II gav, att en förädling av skogsbränsle till pellet medförde att den totala lönsamheten för terminalerna ökade i samtliga fall. Resultatet från systemanalys I och II är inte helt jämförbara.

- I kalkylerna ingår inte kostnader för marknadsföring, försäljning och administration. I motsats till försäljning av skogsbränsle där en eventuellt två avnämare (kunder) är aktuellt krävs för pellet i storleksordningen 50 till 100 avnämare, vilket leder till ökade kostnader för pellet-alternativet.
- Vid tillverkning och försäljning av pellet är det rimligt att anta att avsättning för maximal produktion kan ske först efter tre till fyra år. Detta leder till lägre intäkter för de första driftsåren.
- Den potentiella användargruppen av pellet utgör en relativt liten grupp dvs endast förbrukare av eldningsolja 1 med en årlig förbrukning av över 50 m³ olja. Inom vissa regioner av landet kan det därför bli problem att finna avsättning för pellet inom rimligt avstånd.
- Moms har inte inkluderats i försäljningspriset. För närvarande är inhemska bränslen momsbelagda, vilket främst drabbar användargrupper typ fastigheter.

Rapportens uppläggning

Kapitel 2 - ger en allmän orientering om träddelelsmetodens fördelar och potential

Kapitel

3.1 - 3.4 - teknisk beskrivning av olika typer av terminaler för kvistning av träddelel

Kapitel 3.5 - råvaruflöde och lagerbehov. Värmeverkenl bränslebehov varierar under året emedan skogslndustrinl massavedslbehov är konstant. Vid skogslbränsle- och massavedslproduktion ur träddelelkrävs lagring av bränsleöverskottet från sommarperioden alternativt anpassning av produktionen efter värmeverkenl behov. Alternativa lösningar och kostnader för lagerfrågan behandlas i kapitlet.

Kapitel

4 och 5 - redovisar potential, kostnader och teknik för utvinning och sönderdelning av hyggesrester

Kapitel 6 - behandlar användarenl bränslekrav och bränsleproducentenl tekniska möjligheter att rena och anpassa bränslet till önskadel bränslekrav

Kapitel 7 - skogslbränsletl betalninglformåga

Kapitel 9 - bränslepelletl betalninglformåga

Kapitel

8 och 9 - lönsamhet för skogslbränsle- (alternativt pellet) och massavedslproduktion vid terminal

2 Träddelshantering

2.1 Inledning

Den sk träddelmetoden har under de senaste åren väckt intresse hos såväl skogsbruket, massaindustrin och energisektorn. Metoden innebär kortfattat att träden främst gallringsträd tas ut okvistade i hanterbara sektioner om 2-5 m långa träddelar. Kvistning sker därefter centralt vid massaindustrin eller vid en fristående terminal. Med metoden erhålls från intressenterna följande fördelar;

- Skogägaren: Genom metoden bortfaller kvistning vilket är ett kostsamt och ur arbetssynpunkt betungande arbetsmoment. Intresset för träddelsmetoden i jämförelse med den konventionella sortimentmetoden gäller främst förstagallringsobjekt där det uttagna virket av naturliga skäl är av klenare dimensioner och därmed belastas med proportionellt höga kvistningskostnader. Kvistningskostnad per m^3 som funktion av träd-dimension beskrivs i diagram 1. Idag överstiger kostnaden för förstagallring ofta intäkterna vid försäljning av virket. Följden har blivit att gallring på ett flertal håll har blivit kraftigt eftersatt.
- Massaindustrin: Det senaste årens råvarubrist har medfört att massaindustrin har tvingats importera massaved (och massaflis) för höga kostnader. Träddelsmetoden har därför i uteslutande fall väckt intresse hos industrin. Förhoppningarna har dels gällt att metoden skall stimulera skogsägarna till ett ökat virkesuttag. Genom metoden har förhoppningen även varit att massavedsutbytet per skogskubikmeter skall öka. 10 till 20 % har angetts som riktvärde.
- Energisektorn: Träddelsmetoden medför även att ca 35-40% av uttagen kvantitet erhålls som skogsbränsle i form av kvistningsrester (och bark). Ett bränslesortiment som vid konventionell avverkning lämnas kvar i skogen. En naturlig avnämnare för bränslet är givetvis skogsindustrin. Omfattande energibesparande åtgärder samt ett bättre energiutnyttjande vid soda- och barkförbränning har emellertid medfört att ett flertal av dagens massaindustrier är självförsörjande. En mer omfattande övergång till träddelsmetoden medför att en stor kvantitet skogsbränsle kommer att finnas tillgänglig för den övriga energisektorn, ex vis för fjärrvärmeproduktion.

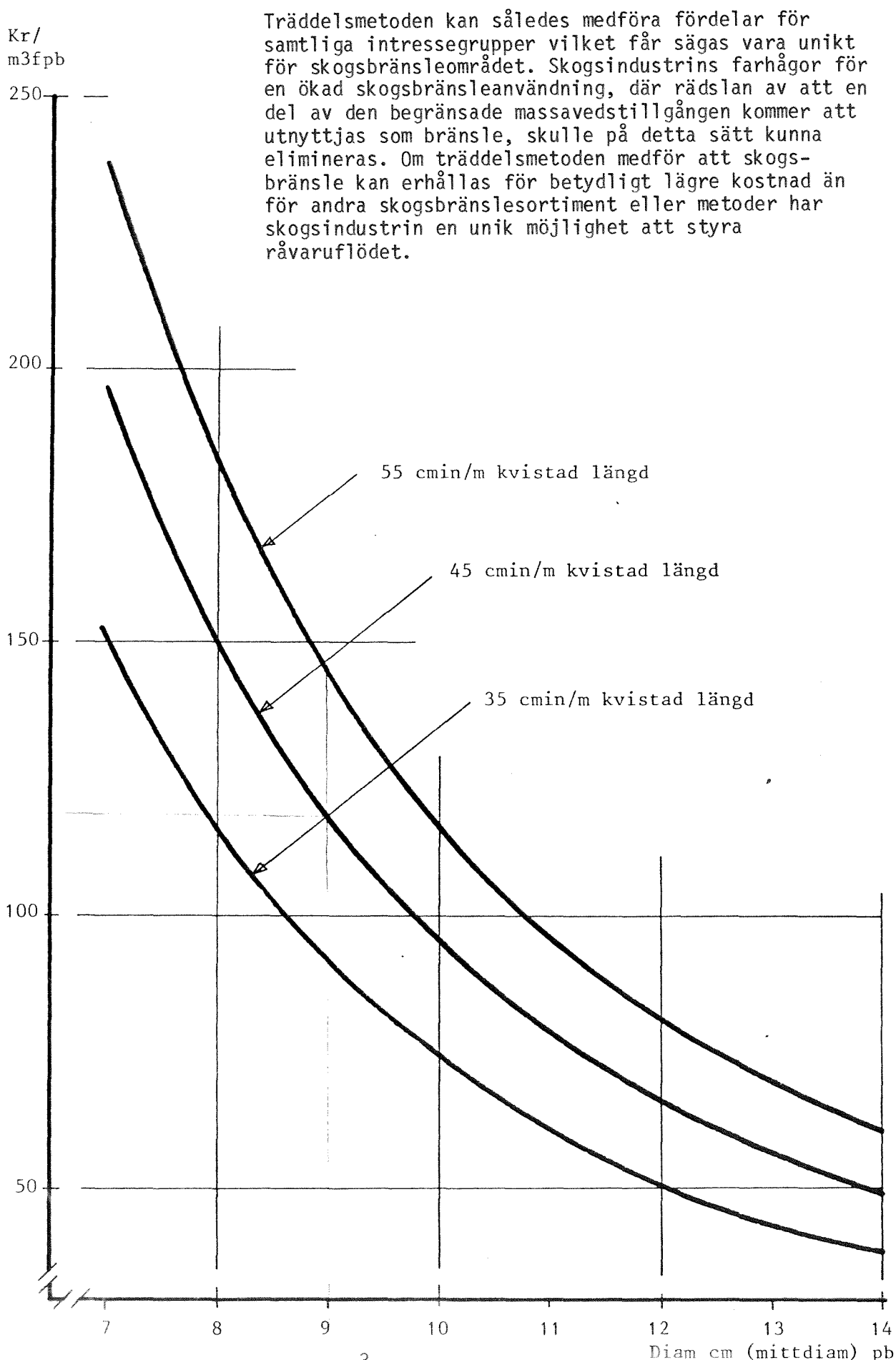


Diagram 1. Kvistningskostnad per m³ fpb rundvirke, beräknad på 1-m sektioner vid olika mittdiameter. Kostnad per minut = 1:67 kr.
Ref: Yngve Jonsson, Skogsarbeten.

2.2 Potential

Stiftelsen Skogsarbeten har på uppdrag av SCPF studerat i vilken omfattning träddelelsmetoden skulle kunna tillämpas. Med utgångspunkt från en årsavverkning på 70 milj m³sk och efter vederbörliga ekologiskt och ekonomiskt betingade reduceringar blev resultatet att inemot halva massavedsmängden skulle kunna tas ut som okvistade träddelelar. Metoden skulle sålunda fullt utbyggd kunna ge 7,5 milj m³f skogsbränsle (ca 1,3 milj m³ olja) samt ett extra tillskott av 2 milj m³ massaved per år utöver ett ordinarie massavedsuttag enligt sortimentmetoden. Bedömningen är baserad på att metoden kan konkurrera och utnyttjas även vid slutavverkning. Vid slutavverkning sker träddelelsstillämpningen genom att endast massavedsdelen tas ut okvistad. Timmerandelen kvistas således i skogen.

Träddelelsmetoden - när och i vilka sammanhang kan metoden konkurrera med konventionell sortimentmetod?

2.3 Ekologiska effekter

Dess tillämpning begränsas som tidigare angetts av ekologiska och ekonomiska skäl.

Ekologi: Hur påverkas marken och tillväxten när en stor kvantitet av kvist och topprester bortförs från växtplatsen. Frågan har analyserats och debatterats livligt det senaste året. Skogsägare och skogsindustrin har varit mycket angelägna om att få ett snabbt besked från forskarna. Om den ekologiska effekten kan ett entydigt svar lämnas först om tio till trettio år då effekter så som försämrade återväxt kan mätas och kvantifieras. I SLUs skrift "Information från projekt skogsenergi, nr 1.83" behandlas dessa frågor samt en presentation av preliminära resultat från pågående projekt. En grov uppskattning ger idag att 25-30% av skogsarealen bör undantas från träddelelsmetoden.

2.4 Ekonomi

Påståendet "med träddelelsshantering får man skogsbränsle på köpet" är inte rättvisande. Träddelelsmetoden skall betraktas som en metod där ett kostsamt kvistningsmoment i skogen bortfaller. "Kvistningsvinster" skall ställas mot en ökad kostnad för skotning, lastning, transport och bearbetning av träddelelar vid terminal (eller massaindustri), samt hantering, lastning och transport av massaved och skogsbränsle till användarna. Till den så kallade "kvistningsvinster" hör även faktorer som bättre skogsvård och ett högre massavedsutbyte. Faktorer som idag är svåra att kvantifiera. Kostnader och lönsamhet för träddelelsmetoden analyseras i kapitel 8.2. Systemanalys I.

3 Terminaler för upparbetning av träddelar till massaved och skogsbränsle

3.1 Inledning

En strukturering av dagens förekommande metoder för trädelsupparbetning kan ske enligt;

- Nytt renseri avsett för träddelar finns idag vid Billerud anläggningar i Gruvön.
- Inblandning av träddelar tillsammans med rundved i befintlig barkanläggning förekommande bl a i Iggesund. En 10 till 15 % trädelsinblandning kan ske utan en allt för stor kapacitetssänkning på barktrumman.
- Kvistning och barkning i trumma vid terminal sker bland annat i Lycksele. I trumman bearbetas även hyggesrester och stubbar i syfte att rena och grovsönderdela skogsbränslet. En liknande anläggning har även byggts i Dombäck i MoDo-Cells regi. Under våren 83 kommer ytterligare en anläggning att tas i drift i Boden. Anläggningen har kompletterats med en grovkross för bearbetning av hyggesrester. Samtliga anläggningar har projekterats av KMW-Mekan, Örnsköldsvik.
- Kvistning av träddelar i mobil buntkvistare sker sedan något år tillbaka vid Frövifors. Buntkvistaren har utvecklats av Hydrovåg AB. Tillverkningen har övertagits av AC Invest Produkt AB.

3.2 Fristående terminal för kvistning av träddelar i trumma

Teknisk beskrivning av KMW-Mekans "Terminator" - se figur 1.

Transport av träddelar från lossningsplatsen eller råvarulagret sker med frontlastare. Träddelarna tillförs trumman via ett vippbart bord, från vilket materialet matas in i trumman (1). Redan i stupet börjar träddelarna vältras runt vilket medför att löst sittande föremål, såsom sand, sten, snö och is lossnar. Föroreningarna bortförs genom hål i trummantelnns första del och går till deponering (2). Genom trumlingen, främst genom att träddelarna vältras mot varandra och i viss mån mot trummanteln, sker kvistning och barkning. Grenar, kvistar och bark bortförs kontinuerligt genom slitsar i trummans bortre del (3). Kvistningsrester (och bark) samlas upp på en transportör under trumman och transporteras vidare för ytterligare sönderdelning i rivare eller hammarkvarn. Kvistad och barkad rundved och grövre grenar matas kontinuerligt ut genom trummans gavel till flisning (massaflis).

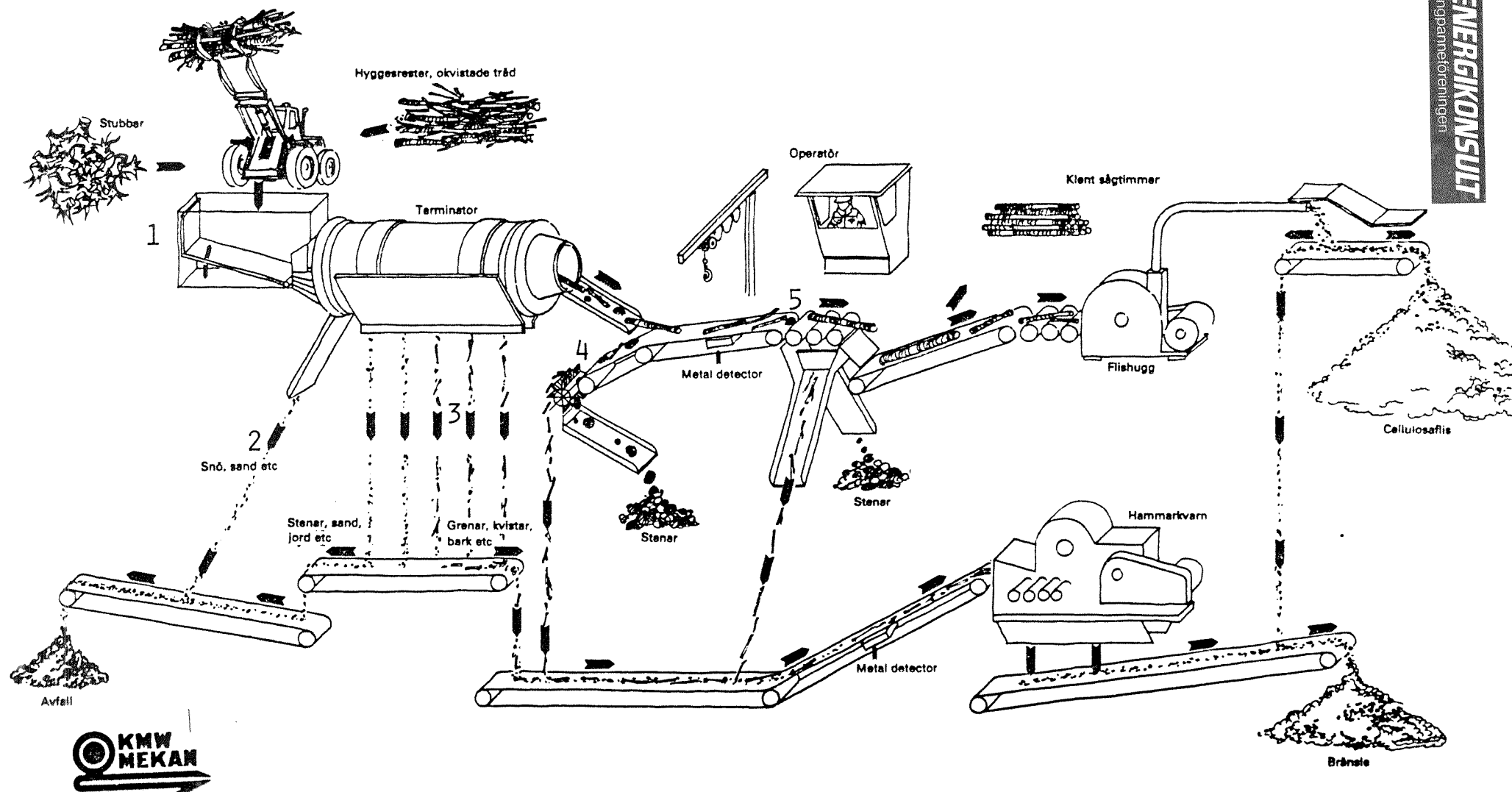
För att avskilja större föroreningar är transportbanan efter trumman försedd med två stenfällor. Mindre stenar separeras ut i den första stenfällan (4) tillsammans med mindre bräckagebitar o dyl. I en speciell bräckageseparator frånskiljs sedan stenarna från bräckaget, vilket sedan transporteras till rivaren. Stora stenar som passerar stenfällan tas ut i en andra stenfälla (5), som övervakas av en operatör. När stenar kommer ställs en fällucka om. Även här kan bräckage samlas upp och transporteras till rivaren.

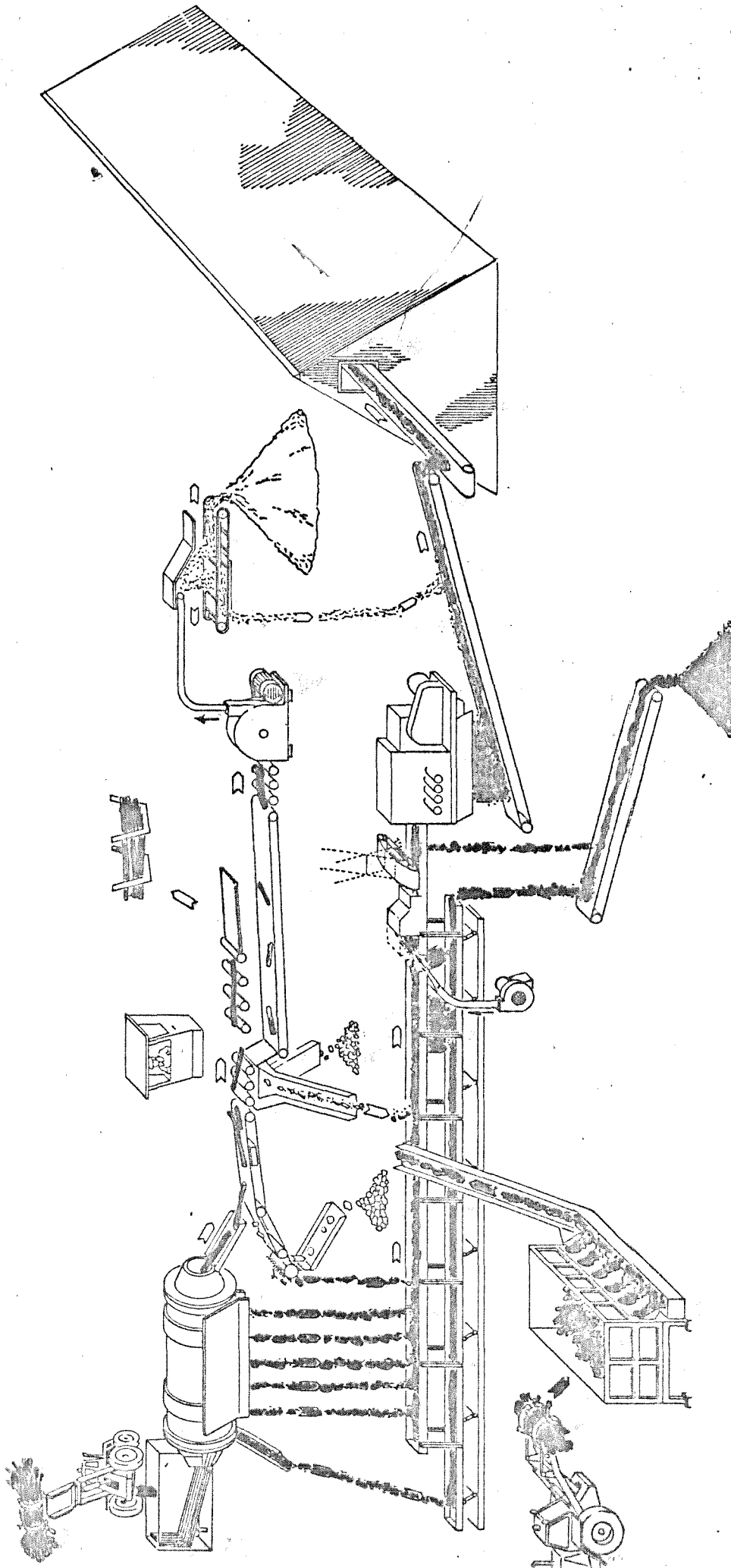
Trumman kan även utnyttjas för enbart kvistning. Mindre stamdelar och bräckage bör dock gå vidare till massavedsflisning för att inte försvåra hanteringen av rundvirket.

Enbart kvistning kan vara att föredra.

- Under vintertid då virket är fruset är det svårt att erhålla en acceptabel barkningsgrad utan termisk förbehandling. Hög barkhalt och ojämn massaflisstruktur medför ett lägre försäljningspris. Teminalägaren löper därmed en risk att massaflisen kan understiga skogsindustrins ersättning för obarkad massaved.
- Flertalet av Sveriges skogsindustrier har idag överkapacitet vid renseriet.
- Trummans kapacitet ökar betydligt vid enbart kvistning.

Figur 1. KMW Terminator





Figur 2. Boden-terminalen, KMW- Mekan

Trumman kan utnyttjas för rening och grovsönderdelning av hyggesrester med förutsättning att materialet blandas med träddelar. Inblandning medför dock en betydande kapacitetminskning. Vid Boden-terminalen har anläggningen kompletterats med en separat kross för hyggesrester varigenom kapaciteten och flexibiliteten vid anläggningen ökar. Se figur 2.

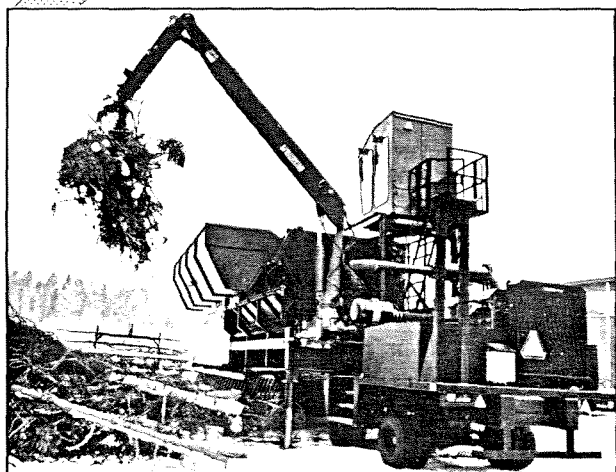
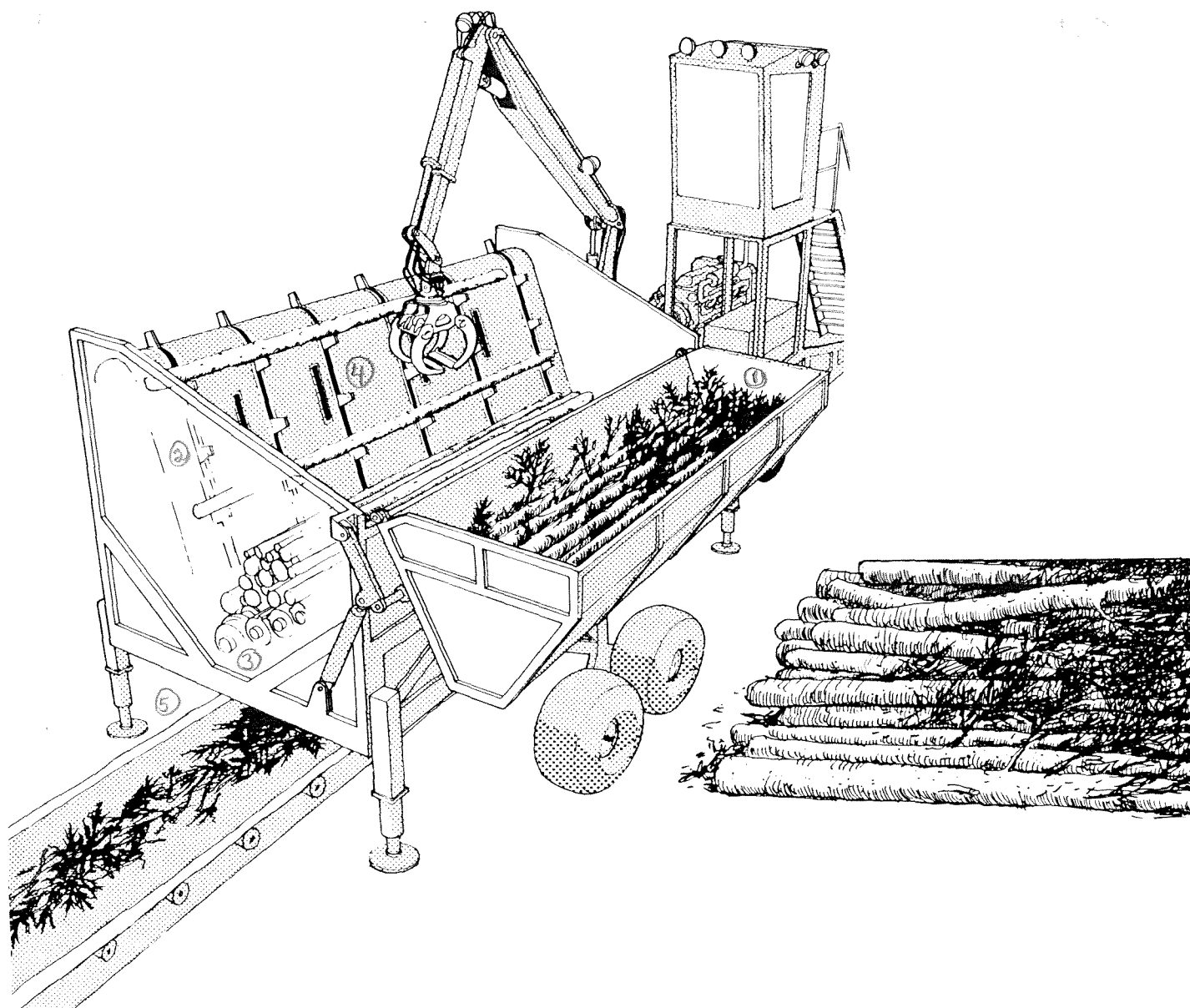
Trumman kan även utnyttjas för rensning av stubbar. I dagsläget är emellertid kostnaden för brytning och transport av stubbar för hög för att skogsbränsle eller massaflisproduktion ur stubbar skall vara lönsam.

3.3 Fristående terminal för kvistning av träddelar i buntkvistare

För närvarande finns buntkvistaren endast i mobilt utförande. Buntkvistaren kan emellertid enkelt appliceras för stationär tillämpning med kompletterande utrustning för sållning och sönderdelning av kvistningsresterna.

Buntkvistarens tekniska funktion framgår av figur 3.

Matning av träddelar sker med kran ner i en inmatningsficka eller direkt ner i buntkvistaren (1). Själva kvistningsarbetet sker genom att ett antal roterande valsar med längsgående järn roterar träddelarna varigenom kvistarna slås av (3). Kvistningen sker buntvis. Med hjälp av en utmatningstransportör samt ett antal hydrauliskt manövrerade avstötningssklaffar som finns i toppen av transportören (4), kan operatören styra kvistningsarbetet för varje stock genom att släppa ut en eller flera stockar i taget. Om en stock är dåligt kvistad kan operatören låta den gå tillbaka med hjälp av avstötningssklaffarna. Kvistningsrester och bark faller ner genom öppningarna mellan valsarna och uppfordringstransportören och matas ut med hjälp av en skraptransportör. Kvistningsresterna kan därefter bearbetas vidare till skogsbränsle enligt liknande förfarande som beskrivs i föregående avsnitt. Utmatningstransportören (2) består av ett antal kedjor med medbringare. Transportören hjälper till att rotera hela virkesbunten i kvistningsmaskinen, drar samtidigt isär stammarna från varandra och tjänar slutligen som utmatningsanordning för de färdigkvistade stammarna.



**AC INVEST
PRODUKT AB**

Figur 3. Buntkvistare

3.4 Kvistning av träddelar vid massaindustrin

Alternativ för träddeishantering vid skogsindustrin är allt från ett komplett nytt renseri anpassat för träddelar till en inblandning av en mindre kvantitet träddelar i befintlig bark- (renseri-)anläggning. Ett nytt träddeisrenseri har byggts i Gruvön. Liknande anläggning utreds och förprojekteras i Obbola.

Valet att bygga ett helt nytt renseri är dock endast förbehållet de massaindustrier som idag har behov av utökad bark- och renserikapacitet, där investeringskostnaden för träddeisrenseriet kan ställas mot kostnaden för nytt "konventionellt" rundvedsrenseri.

Träddeisinblandning i befintlig rundvedstrumma begränsas till 10-15% för att uppfylla god barknings-effekt och acceptabel kapacitet.

Tilläggsutrustning för kvistning och skogsbränslebearbetning kopplat till det befintliga rundvedsrenseriet är ett intressant alternativ. Därigenom kan industrin för en relativt låg kapitalinsats utöka träddeiskvantiteten och därmed öka flexibiliteten vid anläggningen. Kurt Banner, KAB-konsult har på uppdrag av SCPF utrett tekniklösningar och kostnader för kvistningsutrustning för nämnda applikationer.

Med hänsyn till sortimentets sammansättning förutsättes, att utrustningen installeras vid industrier med en produktbas, som tillåter intag av osorterade träddelar och en mindre inblandning löv.

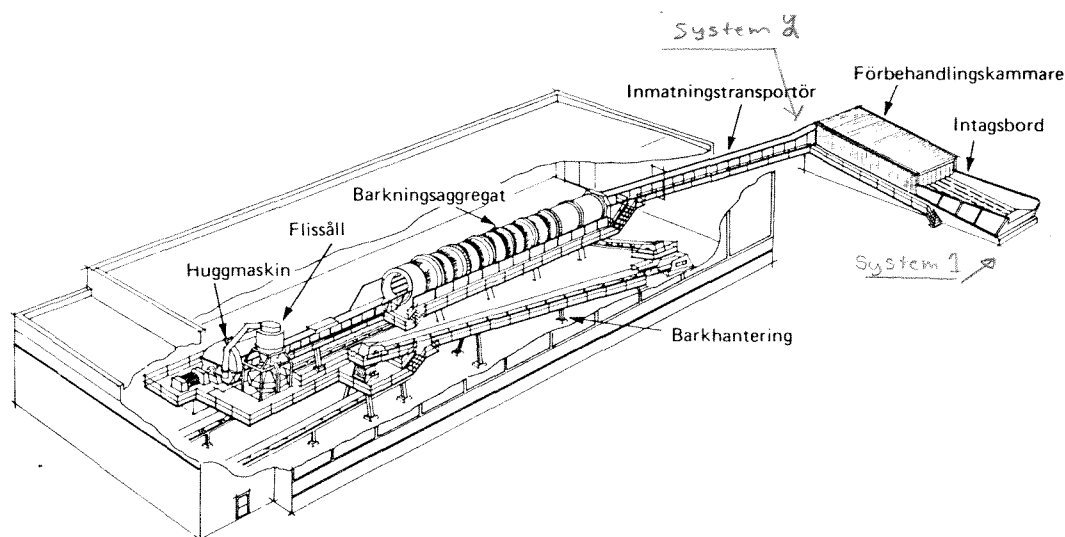
Kvistningmaskinen, som antingen kan vara en trumkvistare eller en buntkvistare, placeras lämpligast i direkt anslutning till renseriets rundvedsintag och därmed kan träddeisbuntarna lossas och vidarehanteras av den personal och utrustning, som betjänar rundvedsintaget.

Vid måttlig andel träddelar vid renserier med torr-barkning kan stamveden matas in i rundvedsflödet före den termiska förbehandlingen utan nämnvärda störningar, - system 1.

Vid stor andel träddelar bör inte rundvedsflödet före den termiska förbehandlingen störas, utan stamveden matas till trumman utan termisk förbehandling. I detta fall får man troligtvis räkna med en sämre barkning av stamveden vid intagning under den kallare vinterperioden, - system 2. Fördelen är dock att skogsbränslet ej befuktas vilket medför torrare bränsle.

Renseri med semivåt barknig saknar separat termisk förbehandling och stamveden kan med fördel matas direkt till trumman från kvistningsmaskinen - system 2.

En upparbetning av okvistade träddelar i direkt anslutning till industrins renserier har både praktiska och ekonomiska fördelar jämfört med upparbetning vid fristående terminal. Bland annat bortfaller ett hanterings- och omlastningsmoment. Personalinsatsen för inmatning till kvistutrustningen kan minimeras och bör i princip kunna ombesörjas av befintlig personal för rundvedsintaget. Tillgång till verkstäder, personalutrymmen är ytterligare faktorer. Hanteringen förutsätter dock att utrymme för kvistmaskin och skogsbränslestack finns tillgängligt. Träddelar kräver även ett större lagringsutrymme.



Figur 4. Schematisk bild av konventionellt renseri för fullständig barkning

3.5 Råvaruflöde, produktion och lagerbehov vid kvistningsterminal

Varierande produktion och behov hos massaindustrin och värmeverk medför obalans i råvaru- och produktionsflödena.

- Gallring sker uteslutande under den snöfria perioden av året. Gallringstiden begränsas också av nu gällande skogsvårdbestämmelser. En eventuell tillämpning av träddeletoden vid slutavverkning kommer dock att medföra en "produktions"-utjämning.
- Transport från vissa anläggningar är begränsad under tjällossningsperioden.
- Skogsindustrins massavedsbehov är i princip konstant under året.
- Energiförbrukning för uppvärmningsändamål varierar betydligt mellan vinter- och sommarhalvåret. Bränsleförbrukningsvariationen vid ett värmeverk dämpas dock något då fastbränsleeldning som regel ligger som baslast.

För att balansera råvaruflödet och förbrukningen är därför lagring ofrånkomligt. Därmed uppstår lager vid:

- Avlägg - i form av träddeletar
- Terminal/skogsindustri - i form av träddeletar
- Terminal/skogsindustri - i form av fuktigt skogsbränsle alternativt kvistad massaved.

Lagring i form av träddeletar medför inga direkta problem, då lagringsförlusterna på grund av nedbrytning är små. Däremot måste hänsyn tas till gällande skogsvårdslag vad gäller obarkat barrvirke vid avlägg under sommarperioder på grund av skadeinsektsangreppen. Genom lagring av träddeletar vid avlägg och genom lagerhållning (2-4 veckors produktion) vid terminal/skogsindustri bedöms kravet på jämn tillförsel vara tillgodosett.

Obalansen mellan skogsindustrins massavedsbehov och värmeverkens bränslebehov är emellertid mer problematisk.

Fyra tänkbara lösningar har studerats:

- I Terminalens produktion anpassas efter värmeverkets behov genom att dimensionera anläggningens effekt efter maxbehovet.

Detta medför följande effekter

- Ca 20 % av årsproduktionen av massaved måste lagras vid terminalen eller vid massaindustrin, vilket medför kostnader i lagringsytor och bundet kapital i lager (räntekostnader).
 - Anläggningskostnaden ökar på grund av att maskinkapaciteten ökar med ca 50%.
- II Terminalens produktion anpassas efter värmeverkets behov genom varierande skiftgång, dvs 3-skift under vinterperioden, 2-skift höst och vår, 1-skift under sommarperioden.

Effekter

- Personal under lågproduktionsperioden måste sysselsättas med annan verksamhet. Beroende på möjligheterna varierar kostnaden från 0 kr till personalkostnad för 2-3 personer per år.
 - Ca 20% av årsproduktionen av massaved måste lagras vid terminal eller vid massindustrin.
- III Terminalen anpassar produktion efter skogsindustrins massavedsbehov. Överskott av skogsbränsle lagras otorkat i stack.

Effekter

Ca 20% av producerat skogsbränsle måste lagras vilket medför lagringsförluster pga nedbrytning. Till detta kommer kostnader för lagringsytor och räntekostnader för lager.

- IV Producerat skogsbränsleöverskott under sommarperioden torkas och lagras under tak/presenning för att täcka vinterförbrukningen.

Effekter

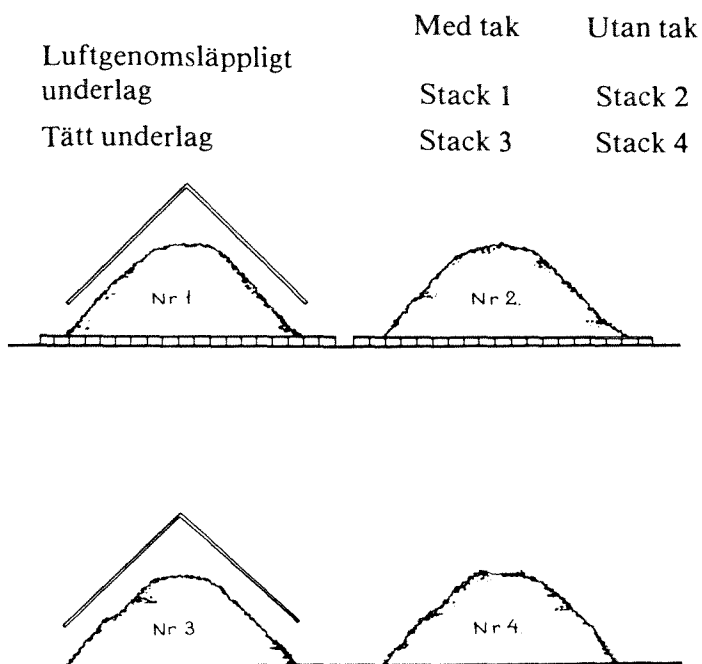
- Ca 20 % av producerat skogsbränsle måste torkas och lagras. Detta medför kostnader i torkanläggning, bränsle för torkning, extra personalinsatser, kostnader för lagerbyggnad. Dessutom tillkommer räntekostnader för lager.

Tabell I redovisar merkostnaden för de olika lösningarna (se beräkning, bilaga 2). Torkning av sommaröverskottet är den definitivt dyraste lösningen. Långtidslagring av fuktigt bränsle är förmodligen det enklaste och billigaste alternativet, trots betydande substansförluster. Ur arbetsmiljösynpunkt (uppkomst av bl a allergiframkallande svampsporer) är det idag tveksamt om användare typ värmeverk kommer att acceptera långtidslagrat fuktigt bränsle. Riskerna med den sk fliseldarsjukan är idag inte klarlagd.

1) Alt		kkr/år	kr/ton TS producerat bränsle
I	Ökad produktionskapacitet	410	25
II a	Varierad produktionstid 1,2,3-skift	210	13
b	3-skift	490	30
III	Skogsbränslet lagras otorkat i stack	280	17
IV	Torkning och lagring under tak	890	54

- 1) Samtliga fall utgår från en terminal för upparbetning av 120 000 m³ träddeklar per år (50 000 ton TS/år). Vilket motsvarar en produktion av 33 500 ton TS massaved och 16 600 ton TS skogsbränsle.

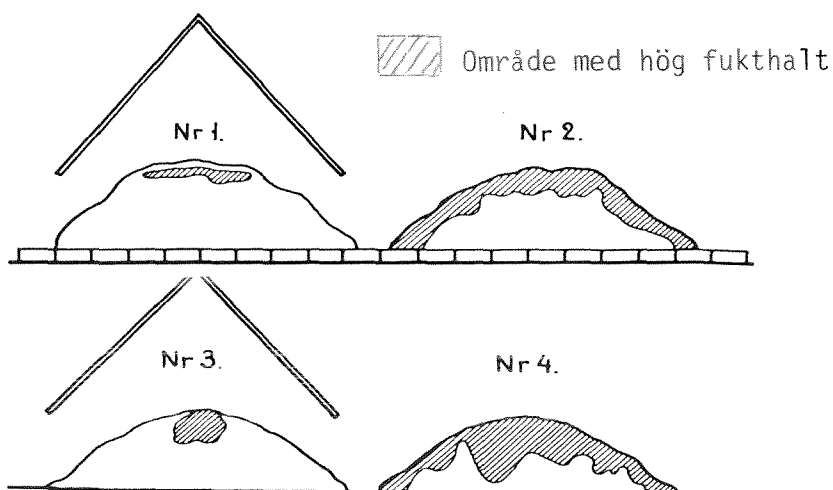
Substans och energiförlusten vid långtidslagring av sönderdelat fuktigt skogsbränsle har studerats vid SLU, Inst. för Virkeslära. Vid en lagringstudie undersöktes substansförlust och fukthaltsvariationen i fyra lagringsstackar med skilda lagringsbetingelser enligt figur 5.



Figur 5

Efter 7 månaders lagring från april till november kunde följande substans- och energiförluster uppmätas för de fyra objekten.

Stack nr	Före lagring		Efter lagring		Energiförändring	
	Vikt (kgTS)	Energi (GJ)	Vikt (kgTS)	Energi (GJ)	(GJ)	%
1	8200	133	6650	124	— 9	6,8
2	8200	133	6700	116	— 17	12,8
3	8200	133	6750	126	— 7	5,3
4	8200	133	6550	110	— 23	17,3



Av resultaten framgår att lagring utan tak på tätt underlag (= asfalterad yta) medförde en betydande energiförlust på, ca 17 %. Vid lagring under tak erhöles även i detta fall en betydande substansförlust med en fukthaltsminskning från 55 till 18 % varmed den totala energiförlusten reducerades till 5%. Således kan energiförlusten reduceras om lagret förses med "tak". En minskad energiförlust skall dock ställas mot en ökad kapitalkostnad för lagerbyggnad och hanteringsutrustning. Det bör noteras att provlagerkvantiteten vid försöken var liten, ca 55 m³s per stack samt att ingen komprimering av stackarna skett (förutom naturlig ihopsjunkning). Det är därför viktigt att liknande försök genomförs för storskalig lagring. Vid lagring i "stora" stackar samt komprimering av materialet genom ex. vis bandtraktor (enligt samma modell som Hako- metodens stackläggning av torv) bör lagringsförlusterna minska betydligt. Genom komprimering minskas stackens syretillförsel varigenom mikroorganismernas aktivitet avtar, med en reducerad nedbrytning som följd. (Vid beräkning av lagringsförlust enligt alternativ III har 10% substansförlust antagits.)

4 Hyggesrester

Tillvaratagande av hyggesrester från slutavverkning pågår på ett flertal platser inom landet. Sönderdelning sker vanligen direkt på hygget med mobila hygg- eller krossmaskiner, men på vissa håll bl a Hissmofors och Iggesund förekommer central upparbetning vid terminal. I rapport behandlas endast upparbetning vid terminal.

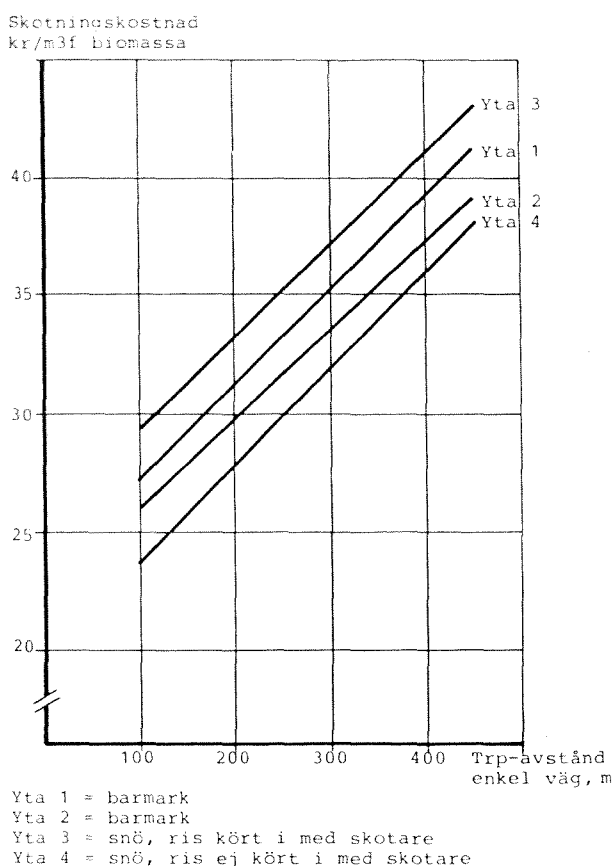
Hyggesrester från slutavverkning utgör en potentiellt stor andel av landets skogsbränsletillgångar. Institutionen för Skogstaxering vid Lantbruksuniversitet har uppskattat skogsbränsletillgången i form av toppar och grenar till 6 milj. ton TS, ca en tredjedel av total tillgänglig skogsenergiråvara. Se tabell 3. Av tillgänglig kvantitet bör 15-30 % avräknas på grund av ekologiska skäl.

Tabel 3 Totalt utfall av skogsenergiråvara från en genomsnittlig årsavverkning (ca 67 milj m³sk) fördelat på sortiment och avverkningsformer.

Sortiment	Huggningsform				
	Röjning	Gallring	Slut avv	Övrig avv	Alla
Miljoner ton TS					
Småträd	0,5	0,8	0,6	0,3	2,2
Toppar + grenar	-	1,9	6,2	0,8	8,9
Stubbar + rötter	-	-	4,7	-	4,7
Torrträd vindfällan	0,0	0,5	0,5	0,0	1,0
Alla	0,5	3,2	12,0	1,1	16,8

Upptagning av hyggesrester sker effektivast efter slutavverkning med skördare då materialet finns koncentrerat i strängar. Vid skotning av hyggesrester kan med fördel vanliga skotare användas, gärna med smärre anpassning av grip och lastutrymme. Bästa tiden för skotning är under sensommaren då materialet är torrast samtidigt som skotaren ofta inte utnyttjas till fullo i det övriga skogsbruket. Skotning av färska trädrester bör om möjligt ske endast på näringsrik skogsmark då detta medför att växtnäringsämnen från grönbarr ej kommer marken till godo.

Forskningsstiftelsen Skogsarbeten har i ett antal fältstudier studerat teknik och ekonomi vid olika driftförhållanden och bestånd. Resultaten finns dokumenterade i resultatrapport nr 26:82. Vid studien togs 66-75% av tillgänglig trädrestvolym tillvara. Kostnaden fritt bilväg (avlägg) har beräknats till ca 35 kr/m³f biomassa. (83 kr/ton TS) vid 300 m skotningsavstånd. Se diagram 2.



5 Terminal för upparbetning av hyggesrester till skogsbränsle

Hyggesresterna tillförs grovkrossens inmatningsbord alternativt ficka med hjälp av frontlastare. Grovsönderdelning sker i lågvarvskross typ Mogårdshammar eller Norbakross. Grovsönderdelningsutrustningen bör om möjligt vara så konstruerad att sten och grus ej krossas. Föroreningar med liten partikelstorlek är svåra att avskilja med konventionell rensning- och sällningsteknik. Grovsönderdelat material sällas och överstort material går vidare för sönderdelning i rivare eller hammarkvarn. Stenfällor, typ ljudfälla kan installeras för rivaren. Utmatning av bränslet sker med transportör till bränslestack eller flislada. Exempel på terminalutformning visas i figur 7, principskiss av Hissmoforsterminalen. Vid terminalen finns även en separat linje för sönderdelning av träddeklar från röjning i separat trumhugg.

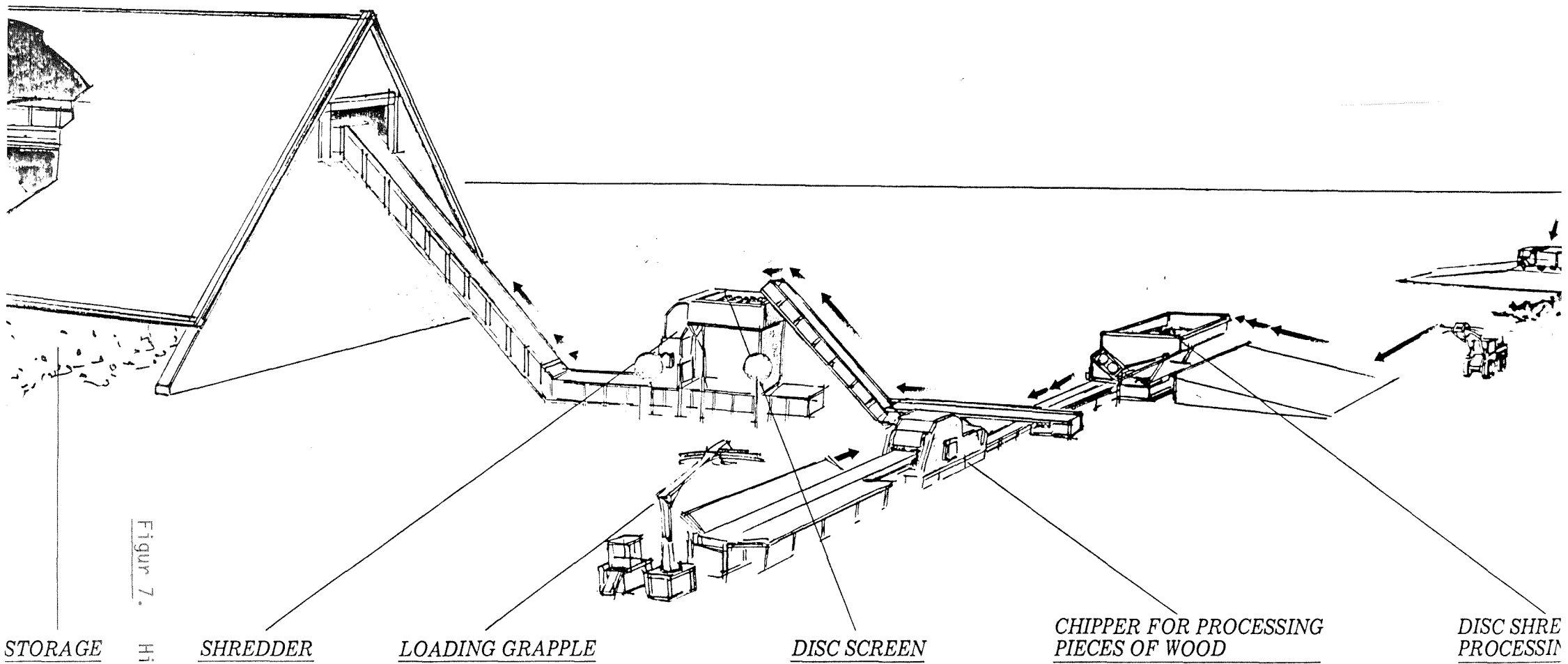
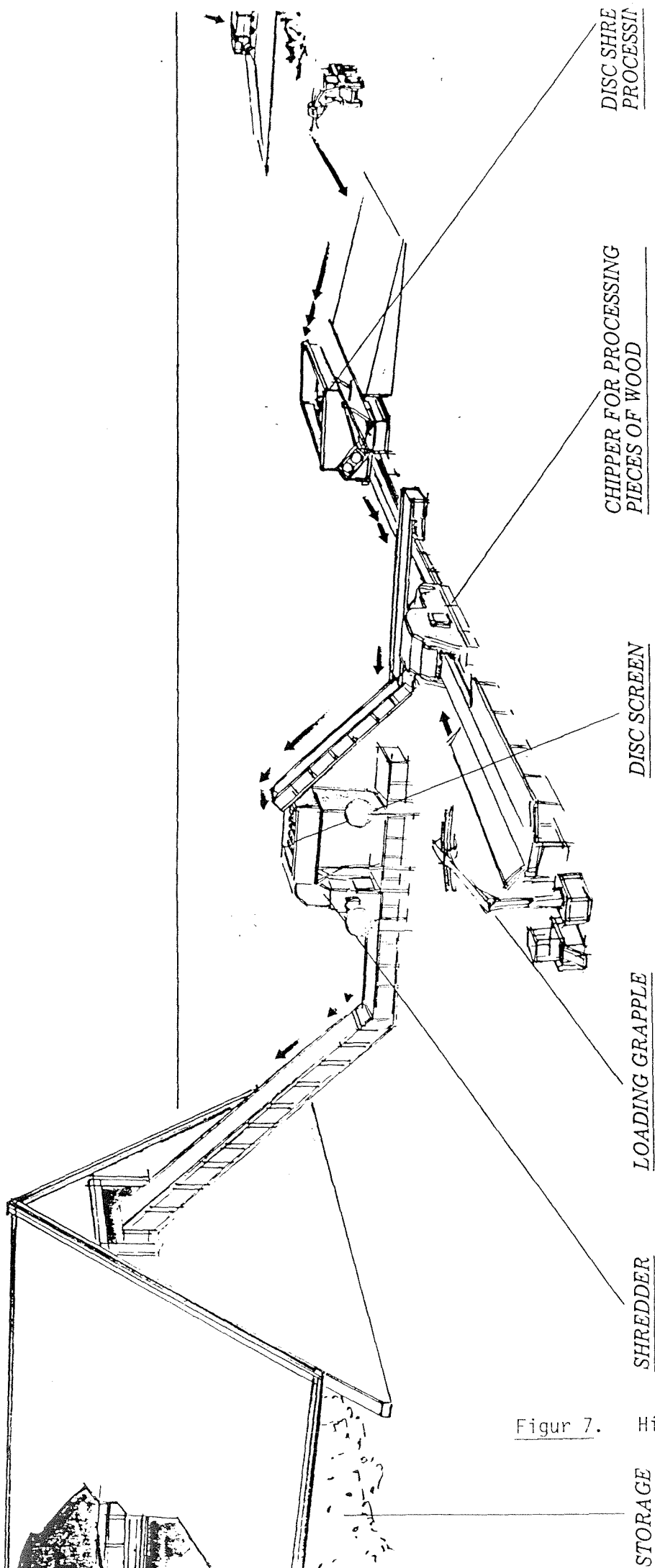


Figure 7. Hissmofors-terminalen, NyDo



Figur 7. Hissmofors-terminalen, NyDo

6 Bränslekvalité - användarens bränslekrav

6.1 Inledning

Skogsbränsle från kvistningsrester och hyggesrester är trots bearbetning vid terminal, innefattande sållning och sönderdelning, ett inhomogent bränsle med relativt hög föroreningshalt, hög "fin"-partikelandel, ojämn bränslestruktur och under vissa perioder hög fukthalt. Upparbetning, rening och homogenisering av bränslet är tekniskt möjligt - alternativt anpassning av hanterings- och förbränningsutrustning hos användaren. Ur ekonomisk synpunkt måste emellertid bränslepris (=förädlingsgrad) ställas mot drift- och anläggningskostnad hos användaren. För det totala systemets ekonomi krävs att skogsbränsleproducent och skogsbränsleanvändare kan enas om bränslekrav och kvalité.

I följande avsnitt analyseras denna frågeställning genom att i kapitel:

- 6.2 Redovisa drifterfarenheterna av skogsbränsleeldning
- 6.3 Utgående från dagens erfarenheter fastställa användarnas "önskade" bränslekrav.
- 6.4 Redovisa bränslestrukturer och egenskaper hos "dagens" skogsbränslesortiment.
- 6.5 Diskussion om tekniska och ekonomiska möjligheter för skogsbränsleproducenten att tillgodose användarens bränslekrav samt användarens förutsättningar att anpassa hanterings- och förbränningsutrustningen till mer inhomogena bränslen.

I dag används skogsbränsle med varierande kvalité och härkomst vid våra förbränningsanläggningar. För att undvika missförstånd mellan producent och användare är det väsentligt att skogsbränsle indelas i lämpliga undergrupper för klassificering. En normering för klassificering av skogsbränsle pågår i Mekanförbundets regi. Arbetet beräknas vara klart 1984.

I rapporten indelas skogsbränsle i följande undergrupper, där uppkomst och bearbetningsmetod används som klassificeringsbas.

Bränslen (i form av biprodukter) från industrier

bark	processbark från sågverk och vedrenserier, som regel riven
spån	biprodukt från sågverk, som regel i form av rått sågspån, ibland som torrspån och kutterspån
träavfall	huvudsakligen krossat rivningsvirke med viss del överstort och ofta hög halt föroreningar. Dit hör även snickeriavfall som vanligen har mycket låg fukthalt och låg askhalt.

Skogsrester (som ej kan klassificeras som fiberråvara) efter upparbetning av massaved och timmer i skogen, på avlägg eller terminaler

träd eller träddeklar från röjning	sönderdelas i flishugg, (mobilt) på växtplats eller central genom upparbetning vid terminal
kvistrester efter träddebearbetning i trumma eller buntkvistare	kvistresterna sållas och sönderdelas vanligen i kross rivare i anslutning till kvistnings- (ev barknings-) operationen
hyggesrester (grot) från slutavverkning	sönderdelas direkt på hygget med mobila huggar, alternativt sönderdelning, sållning vid terminal i någon typ av kross

Överskottsved

stamved	Lövved, främst ek och bok samt i vissa regioner björk, som ej kan avsättas inom trä- och massaindustrin. Sönderdelning sker i konventionella flishuggar.
---------	--

6.2 Erfarenheter av skogsbränsleeldning - nuläge

En kartläggning och utvärdering av befintliga skogs- och torveldade anläggningar utfördes hösten 1982. Resultaten finns sammanställda i NE-rapporten 1460 421, Fastbränsle ÅF. Erfarenheterna av fastbränsleeldning kan sammanfattas i följande punkter.

Bränslet

På bränslesidan har noterats att kvaliteten utvecklats från relativt ren och homogen bränsleflis eller bark mot allt orenare och heterogenera bränslen, exemplifierade av skogsbränsle från upparbetning av träddelar i trumma och krossade hyggesrester samt rivningsvirke.

Karakteristiskt för denna utveckling är större andelar övergrovt, finfraktion och högre orenhet i form av sand, grus och främmande föremål.

Lager och hantering

Lager- och transportutrustning för bränslen har gett upphov till många problem. Utrustningen har ännu inte anpassats till de nya kraven.

Förekomst av större fragment och hög halt av finfraktion har orsakat hängningar och valvbildning i bränslefickor. Slitaget till följd av främmande föremål och sand är också stort.

Förbränning - Anläggningar >10 MW

Den dominerande typen av eldningsutrustning för anläggningar över 10 MW är idag snedrost med fast eller rörlig slutförbränningsrost.

Drifterfarenheterna med snedrostförbränning hos värmeverken kan sammanfattas enligt följande;

1. Orent bränsle har gett slaggbesvär, dels genom fastbränning vid ugnsväggarna som stör en jämn matning av bränslet dels genom försvårad slaggutmatning. Slaggproblemen minskar betydligt vid ugnar med rörlig rost. Periodiskt återkommande nedeldningar för manuell slaggning rapporteras från många anläggningar.
2. Stor andel finfraktion i bränslet har i några fall resulterat i stort rostgenomfall, vilket krävt renhållning av primärluftzonerna för att ej riskera brand. Vidare ökar överbärningen av oförbränt och flygaska, vilket överbelastar stoftavskiljaren samt försämrar förbränningsverkningsgraden.

3. De rörliga rosterna uppvisar över lag snabba förslitningar av bärbalkarna. Fastkörning av den rörliga rosten har förekommit i några fall, beror sannolikt också på föroreningar.
4. Fördelningsmöjligheterna för förbränningsluft vållar problem vid vissa anläggningar. Till viss del beror detta på stora variationer i bränslets sammansättning och fukthalt, i andra fall på ojämna bränslefördelning och varierande laster.

Det bör dock påpekas att erfarenheterna från snedrostförbränning av bark inom skogsindustrin är genomgående goda. Orsaken till den stora skillnaden i drifterfarenheter från snedrostförbränning kan vara att skogsindustrin har

- lång erfarenhet
- ständig bemanning och tillgång till verkstäder.
- relativt stora pannenheter >50 MW, där investeringskostnaden i robust hanterings- styr- och regleringsutrustning inte blir lika kännbara som i mindre enheter.

Cyklonugn finns idag endast installerad på ett värmeverk - Växjö.

Erfarenheterna i Växjö är övervägande positiva. Vid fjärrvärmeanläggningen har utlovad kapacitet kunnat hållas med god marginal. Anläggningen har nu varit i drift över 12 000 h. Nedeldning för slaggnings får ske en gång per dygn, vilket totalt tar 45-50 min.

Effektförbrukningen är vid fullast obetydligt högre än för en snedrostpanna, vid dellast dock sämre. Vissa skador på murverk har dock noterats.

Den vertikala cyklonugnen är helt okylad och arbetar enligt halvgasgeneratorprincipen, dvs förbränning i själva ugnen sker med luftunderskott. Därigenom skapas förutsättningar för att hålla förbränningstemperaturen under den kritiska temperaturen för slaggbildning.

En nackdel är att cyklonugnen kräver manuell uraskning.

Anläggningar <10 MW

Studien omfattar inom detta kapacitetsområde 13 värmeproduktionsanläggningar och 6 industrianläggningar med totalt 20 respektive 7 pannenheter.

Problemen med snedrostugnarna är ungefär de samma som vid de större anläggningarna d v s slaggbekymmer p g a orent bränsle samt svårigheter med luftfördelningen. Ojämn inmatning på rosten har även rapporterats.

Förugnar med stokermatad rost har befunnits vara tämligen problemfria. Eftersom manuell slaggningsarbete är ett rent bränsle önskvärt för att nedbringa slaggningsarbetet. Då ugnarna är murade har ett speciellt problem uppkommit vid ett par anläggningar när man övergått till alltför torrt bränsle. Skador på murverk har då noterats liksom svårigheter att omfördela luften.

Av de magasineldade pannorna har flertalet haft svåra inkörningsproblem. Panntypen är mindre lämpad för bränslen med stor andel finfraktion och förorenat bränsle. Betydande slaggbekymmer och svårigheter att fördela luften har förelegat.

Sammanfattning av erfarenheter för samtliga värmeproduktionsanläggningar

- Slaggbekymmer i pannan p g a hög föroreningsgrad i bränslet.
- Varierande fukthalt i bränsle från olika leveranspartier har gett regleringsproblem.
- Stora stenar i bränslet har bl a lett till maskinhaveri i hanteringsutrustningen.
- Stickor och grenar har gett upphov till hängning och stockning i lagersilo och utmatningsutrustning.
- Fastfrysningsproblem i lagringssilo har förekommit.
- Transport- och inmatnings- och askutmatningsutrustning har ofta varit underdimensionerade.
- Fördelningsmöjligheterna för förbränningsluft har vållat problem i vissa anläggningar.

Sammantaget har flera av anläggningarna drabbats av dyra ombyggnader och oacceptabel låg tillgänglighet.

Bränsleleverantören skall dock inte belastas för alla de problem som uppstått. En del får projektörerna ta på sitt ansvar och det gäller framför allt utformning av hanteringsutrustning där förmodligen begreppet "flis" bl a har lett till underdimensionering av hanteringsutrustningen.

Förväntad bränslestruktur och kvalitét har även spökat på pannsidan. Problem med ojämn bränslebädd, finandel, luftfördelning, slagg och varierande fukthalt var inte förväntade. Eldningsutrustningen har därför inte dimensionerats för det betydligt mer inhomogena bränslet som förelegat.

6.3 Användarens "önskade" bränslekrav

Ett försök till uppskattning av användarens bränslekrav, baserad på dagens erfarenheter, har utmynnat i följande antaganden:

Fukthalt

Medelfukthalt	50%
Fukthaltsvariation	40-55%

Bränslestruktur

Styckestorlek	max 100 mm
Finandel < 6 mm	< 10% viktsandel av bränslet
Övrigt	låg andel stickor och barr

Föroreningar

Askhalt inkl jord o sand	1% per ton torrsubstans
Övrigt	fritt från metall fritt från sten > 10 mm

6.4 Bränslestruktur och kvalitét hos "dagens" skogsbränslesortiment

Under hösten 1982 genomfördes en studie, vilket bl a omfattade provtagning och analys av skilda skogsbränslen i syfte att kvalitétbestämma olika sortiment.

Resultatet av undersökningen finns redovisad i NE-rapport 1460681, Renare skogsbränslen, Sven Stridsberg. I rapporten behandlas även utveckling av befintlig och ny teknik för fraktionering och rening av skogsbränsle.

"Dagens" skogsbränslekvaliteter sammanfattas nedan.

Fraktionsfördelning

Skogsbränslena uppvisar en mycket varierande bild med avseende på fraktionsfördelning. Om materialet indelas i tre storleksintervall och definierar enligt följande:

finfraktion	0-12 mm
normalfraktion	12-100 mm
grovfraktion	> 100 mm

kommer de olika bränsletyperna att se ut som visas i tabell 1.

Tabell 1

	0-12 mm (0-6 mm)	% inom gränserna	
		12-100 mm	>100 mm
Stamvedsflis	20 (9)	80	-
Bark	34 (17)	63	3
Träddelar	40 (22)	56	4
Kvistningsrester	42 (23)	52	6
Hyggesrester	57 (29)	40	3

Med avseende på storleksfördelningen utgör alltså stamvedsflis (bränsleflis) det bästa bränslet. Träddelar kommer därefter, avhängigt av en relativt hög vedandel. Därefter följer något förvånande barken med en relativt måttlig andel finfraktion och sist kommer kvistningsrester och hyggesrester.

Andelen grovfraktion är störst på kvistningsrester och träddelar, men utfallet här är direkt beroende av hur sällningen är arrangerad och siffrorna ger bara en fingervisning om var problematiken kan vara svårast.

Den önskvärda fraktionen, 12-100 mm, kommer som synes att variera mellan 40 och 80% av totalmängden för de olika bränslena.

Fukthalt

Jämförelsen mellan de olika bränsletyperna är vanskelig, eftersom fukthalten främst är en funktion av råvarans ursprung och lagringsbetingelser. För skogsråvarorna gäller att utgångsfukthalten vid färskt material ligger inom området 50-55% med någon variation mellan barr, bark och vedsubstans. Barken får genom timmerbevattningen en högre fukthalt, 55-60%, som dessutom är starkt årstidsberoende. Renserbark är genomgående något torrare än sågverksbark, eftersom vedråvaran som regel hanteras torrt (undantag slipved).

Vid både träddelar och hyggesrester är fukthalten högst i de finare fraktionerna framför allt vid färskt material. Vid lagring blir effekten att barr och bark torkar fortast, vilket ger en motsatt trend med lägre fukthalt i finfraktionen än i materialet i övrigt. Vid våt väderlek väts sedan finfraktionsdelarna återigen ytterligare och finfraktionen blir vintertid ofta fuktigare än genomsnittet även genom snöinblandning. Speciellt under snösmältningsperioden har höga bränslefukthalter rapporterats. Under denna period kan fukthalten överstiga 65%.

Askhalt

Den mest markanta iakttagelsen i försöksresultaten är, att den oorganiska substansen koncentreras till finfraktionerna, beroende på att huvuddelen av föroreningarna är finkorniga.

För bränsletyperna blir uppdelningen som framgår av tabell 5.

Tabell 5

	Askhalt gränserna %	% av totalaska inom		
		0-12 mm	12-100 mm	>100 mm
Stamvedsflis	0,9	45	55	-
Bark	4,4	56	40	4
Träddelar	3,0	65	33	2
Kvistningsrester	4,2	68	30	2
Hyggesrester	4,6	75	23	2

Om materialen delas i två fraktioner vid storleksgränsen 12 mm enligt tidigare tabeller blir de resulterande askhalterna i respektive fraktion enligt tabell 6.

Tabell 6

	Askhalt % i fraktion	
	<12 mm	>12 mm
Stamvedsflis	2,0	0,6
Bark		
Träddelar	4,6	1,8
Kvistningsrester	8,4	2,0
Hyggesrester	8,6	1,9

Stora variationer i askhalt från kvistningsrester och hyggesrester förekommer. I tabellen har genomsnittsvärdet vid provtagningarna redovisats.

Vad som återstår att klara ut är, hur stor den "naturliga" askhalten är respektive delar av trädet. Litteraturuppgifter från PHU-utredningen anger följande:

	Askhalt %
Stamved	0,4 - 0,5
Grenar	1,5 - 3,0
Bark	1,7 - 2,8
Barr	2,2 - 3,5

Baserat på dessa siffror skulle träddelar ha en "naturlig" askhalt på ca 1,4 % och hyggesrester motsvarande 1,9 %. Troligen ligger dessa siffror högt, eftersom de baserats på något orent material.

Detta innebär att träddelar "fångar in" ytterligare ungefär 1,5% vid framtagningen, d v s man får en fördubbling av ursprungliga föroreningar. Hyggesresterna ökar analogt från 1,9 % till ca 4,5 d v s en ökning med 2,5 % eller mer än fördubbling.

6.5 Bränslekvalité/bränslekrav - nödvändig bearbetning och rening av skogsbränslet

Bränslekvalitén hos skogsbränslesortimenten motsvarar ej de krav som flertalet av värmeverken idag ställer på bränslet. Av de beskrivna skogsbränslena uppfyller endast överskottsved (stamvedsflis) och i viss mån träddelar från röjning de angivna kraven. Skogsbränslet från kvistningsrester och hyggesrester utgör de mest heterogena förorenade sortimenten, men av tillgänglig skogsbränsletillgång utgör denna grupp huvuddelen av Sveriges skogsbränslepotential. Bearbetning och rening av detta bränslesortiment för att uppfylla användarens krav är tekniskt möjligt men kan idag inte ske till en realistisk kostnad.

För en mer omfattande övergång till skogsbränslebaserad energiproduktion krävs en anpassning av hanterings- och förbränningsutrustning till mer inhomogena skogsbränslen.

Vissa av användarens bränslekrav bör kunna uppfyllas med relativt enkla åtgärder vid terminalen.

Tabell 1 ger en bild av skillnaden mellan användarens "önskade" bränsle, dagens skogsbränsle från kvistnings- och hyggesrester samt en bedömning av rimlig kvalitet som kan uppfyllas vid terminalbearbetning av kvist- och hyggesrester.

	Användarens "önskade" bränsle krav	Skogsbränsle från kvist- och hyggesrester	Skogsbränsle
<u>Fukthalt</u>			
Medelfukthalt, %	50	50	50
Fukthaltsvariation	40 - 55	35 - 60 (65)	35-55
<u>Bränslestruktur och fraktionsfördelning</u>	max 100 mm	> 100 mm 3-5 %	max 100 m
	finandel < 6 mm	0-6 mm 25-30 %	0-6 mm 25-30 %
	10 vikts-% av materialet	6-12 mm 20-25 %	6-12 mm 20-35 %
	Låg andel stickor och barr	hög andel stickor och barr	hög andel stickor och barr
<u>Föroreningar</u>			
askhalt inkl jord, sand m m	< 1%	2,5 - 6,5 %	2,5 - 3%
Övrigt	fritt från metall fritt från stenar > 10 mm		

Fukthalt

Hög fukthalt vintertid, framför allt under snösmältningssperioden har rapporterats från bl a Gruvön och Dombäckterminalen. Det är främst bränslets finfraktion som binder den extra fukt som kommer från snö och is, vilket är naturligt då den aktiva ytan per volymenhet är betydligt större.

Termisk torkning är för närvarande ointressant pga höga investeringar och driftkostnader förutsatt att inte torkning av andra orsaker (ex torkning av sommaröverskottet) måste tillgripas.

Utnyttjandet av skogsindustrins stora spillvärmetillgångar nämns ibland som en intressant energikälla för torkning av bränsle. Av tillgängliga spillvärmetillgången utgörs i storleksordningen 95% av lågvärdig värme under 40 C. Tekniskt sett kan energin via värmepump göras tillgänglig för torkning. Ur ekonomisk synpunkt är metoden knappast realistisk för torkningsändamål. Spillvärme av en temperatur över 40 C erhålls i princip endast i form av rökgaser från soda- och barkpannor. En stor del av energin utnyttjas redan idag för torkning av bark i anslutning till förbränning.

Genom att pressa finfraktionen (i typ barkpress) finns goda förutsättningar att sänka bränslets genomsnittsfukthalt till uppskattningsvis 55%. Pressning av finfraktionen har under vintern 82/83 provats i Gruvön med gott resultat. Utgående från de lokala förutsättningarna bör även i de flesta fall möjligheten finnas att under period med hög fukthalt blanda in torrare bränslen typ snickeriavfall (eventuellt brunkol).

Sammanfattat bedöms bränsleproducenten inom ekonomiskt rimliga ramar kunna leverera skogsbränsle med en maxfukthalt av ca 55%.

Vid förbränningsanläggningen finns även möjligheter att kompensera en sänkning i panneffekt pga högre fukthalt. För vissa rostereldade anläggningar är en förhöjd lufttemperatur till roster till fördel och medför ökat effektuttag. Diagram 3 beskriver rostkapacitet som funktion av bränslefukthalten vid olika förbränningsluftstemperaturer.

Diagram 3 beskriver rostkapacitet som funktion av bränslefukthalten vid olika förbränningstemperaturer.

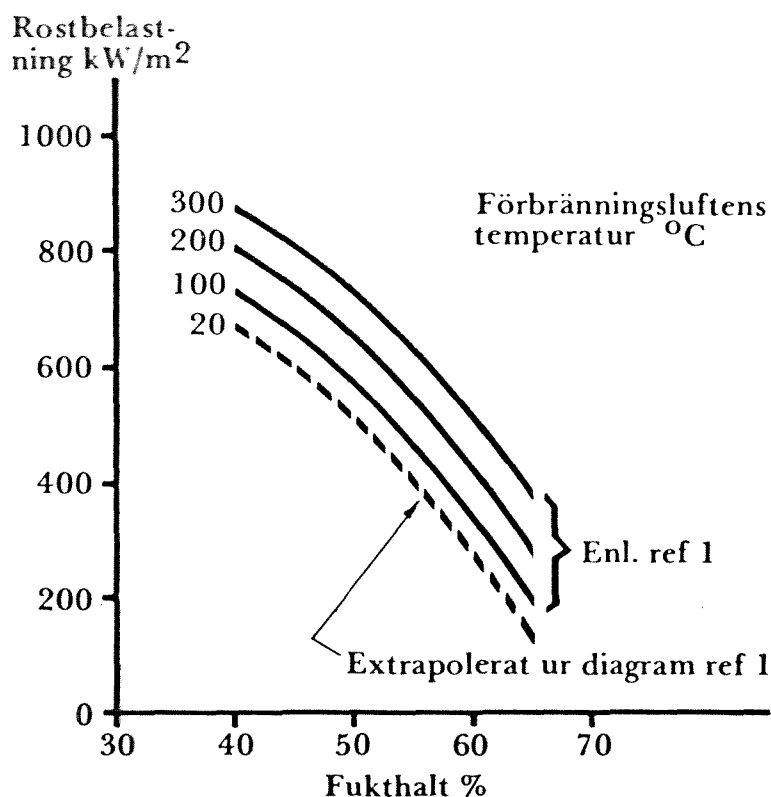


Diagram 3.

Torkning av bränslet i samband med förbränning är ytterligare ett alternativ. Lönsamheten för installation av bränsletork varierar och får bedömmas från fall till fall. Är bränslefukthalten hög under endast 1-2 driftmånader är det mycket tveksamt om bränsletorkning är ekonomiskt försvarbart pga höga investeringskostnader. Utnyttjande av spillvärme i form av rökgas från pannan för torkning, typ Bacho-tork, är främst intressant för barkpannor med hög rökgastemperatur. I dagens fjärrvärmeanläggningar ligger rökgastemperaturen under 150 °C varför "energivinsten" vid torkning blir marginell.

MoDo-Chemetics mottryckstork bör även nämnas. Torkning sker indirekt med ånga av ca 10 bars tryck. Avdriven fukt i bränslet återvinns i form av sekundärånga av 2-3 bars tryck vilket kan utnyttjas för ex uppvärmning av hetvatten. På grund av relativt hög investeringskostnad är torkmetoden främst intressant för anläggningar över 20 MW och med hög ingående fukthalt.

Bränslestruktur och fraktionsfördelning

Finfraktionsandel under 10% är i praktiken för kostsamt att sålla bort då kvistningsrester och hyggesrester redan innan sönderdelning har en finfraktionsandel av ca 20% i form av barr, kvist och barkbitar. Däremot bör bränsleproducenten kunna uppfylla användarens krav om styckestorlek av max 100 mm.

För sällning av övergrov material finns idag en rad olika maskintyper - skivsäll, plansäll, trumsäll och luftfraktioneringsmetoder. Skivsäll och plansäll är idag den vanligaste sälltypen för avskiljning av övergrov material. Sällen har relativt hög kapacitet och måttlig investeringskostnad.

Föroreningar

För att hålla föroreningshalten på skogsbränslet inom acceptabla nivåer bör först och främst ansträngningar göras vid uppsamling och hantering i skogen och vid omlastning vid avlägg. Av naturliga själ bör sortiment typ träddeklar i möjligaste mån skyddas från markberöring. För att minska föroreningshalten i hyggesrester bör skotare och skördare i möjligaste mån undvika att köra i materialet. Material som ligger närmast marken kan lämnas kvar på hygget. Vid mätning av skogsbränslets föroreningshalt vid Dombäcksterminalen har värdena varierat mellan 2-4%, vilket kan bero på att träddeklarna har hanterats olika vid avverknings- och avläggsplatserna.

En föroreningshalt av 2,5-3% (inkl den naturliga askhalten på ca 1,5%) på skogsbränsle bör vara möjlig att uppnå genom god disciplin vid avverkning och hantering av materialet i skogen, vid avlägg och terminal

Avskiljning av skrot och större sten kan åtgärdas vid terminalen med hjälp av magnetavskiljare, ljudfällor och olika typer av luftfraktioneringsmetoder.

Avskiljning av föroreningar i form av jord och sand medför en mer omfattande operation. Över 60% av föroreningshalten har lokaliserats till bränslets finfraktion. Denna utgör emellertid 25 till 30% av bränsledelen och gör att frånskiljning av hela finandelen inte kan försvaras ekonomiskt. Frånskiljning av föroreningar i finfraktionen genom någon typ av luftfraktionering kan ske först efter torkning (alt. yttorkning) av bränslet då föroreningarna sitter anhängade på de fuktiga bränslepartiklarna.

Torkning medför dock höga investerings- och driftkostnader. En kombination av skogsbränsleproduktion och pelletproduktion där torkad och renad finfraktion används för pelletframställning är en tekniskt och ekonomiskt framkomlig väg, förutsatt hög årsproduktion. Pelletproduktionen bör uppgå till minst 10-15.000 ton per år för att hålla kapital- och driftkostnad per ton producerad pellet på acceptabel nivå. För en "träddels-terminal" motsvarar detta en årsproduktion av 300.000 m³ träddelar.

Anpassning av hanterings- och förbränningsutrustning

På hanterings- och förbränningsidan bedöms de tekniska möjligheterna att anpassa sig till det mer heterogena och förorenade bränslet som goda. Förbränning i snabb fluidiserad bädd (cirkulerande) är ett exempel på teknik. Den specifika anläggningskostnaden är idag relativt hög för anläggningar under 15 MW men kostnaden förväntas sjunka.

En anpassning och vidareutveckling sker även på snedrost- och cyklonugnsområdet, varför denna teknik på inget sätt bör uteslutas för mer förorenade bränslen. Ett exempel på vidareutveckling av snedrostförbränning är den s k Mönsteråspannan som idag används inom skogsindustrin. Pannan har uppvisat mycket goda driftresultat bl a snabb lastreglering, god förbränning vid höga fukthalter och askhalter och en bra fungerande ask- och slaggutmatning. Utveckling av pannan för lägre effekter (< 20 MW) pågår. Även på cyklonugnsidan sker en utveckling. Bl a har en konstruktion för automatisk askutmatning framtagits

För de nybyggda värmeverken märks idag en anpassning och förstärkning på bränslehanteringssidan - ex Umeå Värmeverk. Ett nytänkande och tekniska förbättringar på hanteringssidan är dock välkommet, speciellt med sikte på att pressa de idag relativt höga investeringskostnaderna som för mindre anläggningar < 10 MW blir mycket kännbara.

7 Skogsbränslets betalningsförmåga

Betalningsförmågan för skogsbränsle kan ramas in genom att betrakta två ytterligare fall:

- I Betalningsförmåga relaterad till fortsatt värme-
produktion med olja.
- II Betalningsförmåga relaterad till värmeproduktion
med billigaste alternativa bränsle eller annan
energikälla.

Dagens skogsbränslebaserade värmeverk har en pann-
effekt av 5-30 MW. Utgående från Värmeverksföre-
ningens bränsleplan -81 bedöms merparten av kommande
anläggningar att planeras för en effekt av 5-25 MW.
Vid beräkning av betalningsförmåga har med utgångs-
punkt från Bränsleplan -81, 5 resp 15 MW valts som
representativa anläggningar.

Betalningsförmåga relaterad till olja definieras i
rapporten som det bränslepris vid vilket produktions-
kostnaden för skogsbränsleeldning per levererad
värmemängd är lika med produktionskostnaden för
fortsatt oljeeldning. Det vill säga betalningsförmån
för ett visst skogsbränslesortiment är en funktion av
bl a investeringskostnad, driftkostnad och oljepris.

Betalningsförmågan relaterad till de alternativa
bränslena kol och torv har i rapporten antagits vara
lika med bränslepriset dvs investerings- och drift-
kostnad för kol-/torv- respektive skogsbränsleeldning
är lika stor.

Betalningsförmåga relaterad till olja.

Baserad på de officiella oljepriser som förelåg
december 82 har betalningsförmågan beräknats till
125 kr/MWh för en 15 MW-anläggning där skogsbränsle
utgör baslast. Omräknad motsvarar detta ett skogs-
bränslepris fritt värmeverk av 575 kr/ton TS.

För en 5 MW-anläggning har betalningsförmågan beräk-
nats till 116 kr/MWh, motsvarande 540 kr/ton TS. Se
tabell 7. Beräkningsgång och antaganden redovisas i
bilaga 3.

Tabell 7. Betalningsförmåga skogsbränsle/olja.

	15 MW	5 MW
Investering, kr/kW	1500	1850
Effektiv drifttid h/år	5500	5500
Tillgänglighet	90%	90%
Energiproduktion MWh/år	74 250	24 800
Verkningsgrad %		
olja	90	90
skogsbränsle	85	85
Personalbehov		
olja	2 x 0,5	2 x 0,5
skogsbränsle	6	4
Underhåll	5 % av I	5% av I
olja		
pris		
kr/m ³	1900 (Eo5 LS)	2000 (Eo4 LS)
kr/MWh	180	190
Avskrivningstid (år)	15	15
ränta %	13	13
inflation %	8	8
realränta %	5	5
Betalningsförmåga	125	116
kr/MWh		
kr/ton TS (50% fukt)	575	540
kr/ton vid 50% fukt-		
halt	288	270
(effektivt värmevärde	4,5 MWh/tonTS	4,5 MWh/ton TS

Betalningsförmåga relaterad till alternativa bränslen.

Kol

Kolpriset fritt lastad vid hamn (dec 82) varierar något beroende av kol, importland och svavelhalt. Stora värmeverk, typ Igelsta, importerar direkt och kan därmed pressa kol till under 400 kr/ton. För mindre anläggningar förutsätts att kol köps via en kolleverantör. Kol fritt lastad vid hamn (dec 82) kan idag offereras för ett pris av ca 450 kr/ton, vilket motsvarar 64 kr/MWh (7 MWh/ton). Vid ett transportavstånd av 20 mil erhålls ett kolpris fritt värmeverk av 515 kr/ton, motsvarande 73 kr/MWh. Med föreslagen höjd energiskatt på kol från 6 till 83 kr/ton ökar kolpriset fritt värmeverk till 85 kr/MWh (592 kr/ton).

Torv

Torvutvinning och därmed marknaden för torv är idag begränsad varför det i dagsläget är svårt att fastställa ett generellt torvpris. Dessutom varierar torvpriset kraftigt beroende av torvmossens beskaffenhet, torvbrytningsmetod, transportavstånd m m. Under 1981/82 genomförde Vattenfall en utredning på uppdrag av regeringen i syfte att undersöka förutsättningarna för torveldade anläggningar i syd- och mellansverige. Torvpriset fritt värmeverk för några potentiella intressanta orter beräknades uppgå till 60-100kr/MWh. Se tabell 8.

Tabell 8.

Torv, fritt anläggningen, prisnivå jan-82 (källa, Vattenfalls torvutredning 82)		
Ort	Torvsort	kr/MWh
Alingsås	stycketorv	85
Arboga	frästorv	72 + 10 %
Borås	stycketorv	90-100
Falköping	frästorv	60
Jönköping	"	75-80
Kumla	"	72 + 10%

Förutsättningar för att torv skall kunna konkurrera med kol får betraktas som goda för vissa orter och regioner i Sverige.

Sammanfattning

I jämförelse med fortsatt oljeeldning visar denna utredning att en konvertering till skogsbränsleeldning för ett värmeverk är lönsamt vid ett skogsbränslepris av ca 100-120 kr/MWh (fritt värmeverk). Priser för kol för ett mindre värmeverk är idag i storleksordningen 70-75 kr/MWh.

En förutsättning för en ökad skogsbränsleanvändning är att skogsbränslepriset kan pressas ner till gällande (kommande) kolpris. Värmeverk och övriga stora användare kommer sannolikt inte att basera sina ekonomiska kalkyler på en jämförelse med olja vilket tidigare har skett. Alternativet idag är i de flesta fall kol. Med dagens kolpris medför detta att betalningsförmågan för skogsbränsle fritt värmeverk är ca 73 kr/MWh vilket motsvarar ett skogsbränslepris på 328 kr/ton TS. Antas föreslagen energiskatt på kol ökar betalningsförmågan till 85 kr/MWh (382 kr/ton TS).

8 SYSTEMANALYS I - Skogsbränsle- och massavedsproduktion vid terminal

8.1 Inledning

För att bedömma träddelelsmetodens och skogsbränsleproduktion ur hyggesrester ekonomiska status och potential krävs en studie av hela kedjan från skogen till användare av bränslet respektive massaråvaran. Systemet är komplext och innefattar ett flertal variabler vilka sins emellan är beroende. Utgångspunkt för systemstudien har varit;

- träddelelsmetoden jämförs med motor-manuell sortimentmetod
- skogsbränslets betalningsförmåga har relaterats till nuvarande kolpris.

Uppgifter och antaganden som använts i systemanalysen har i största möjliga utsträckning baserats på "verkliga" data som erhållits från skogsägare, skogsindustri och andra intressenter som idag har vunnit erfarenheter från träddelels- och hyggesresthantering.

Systemens uppbyggnad framgår av figur 8.

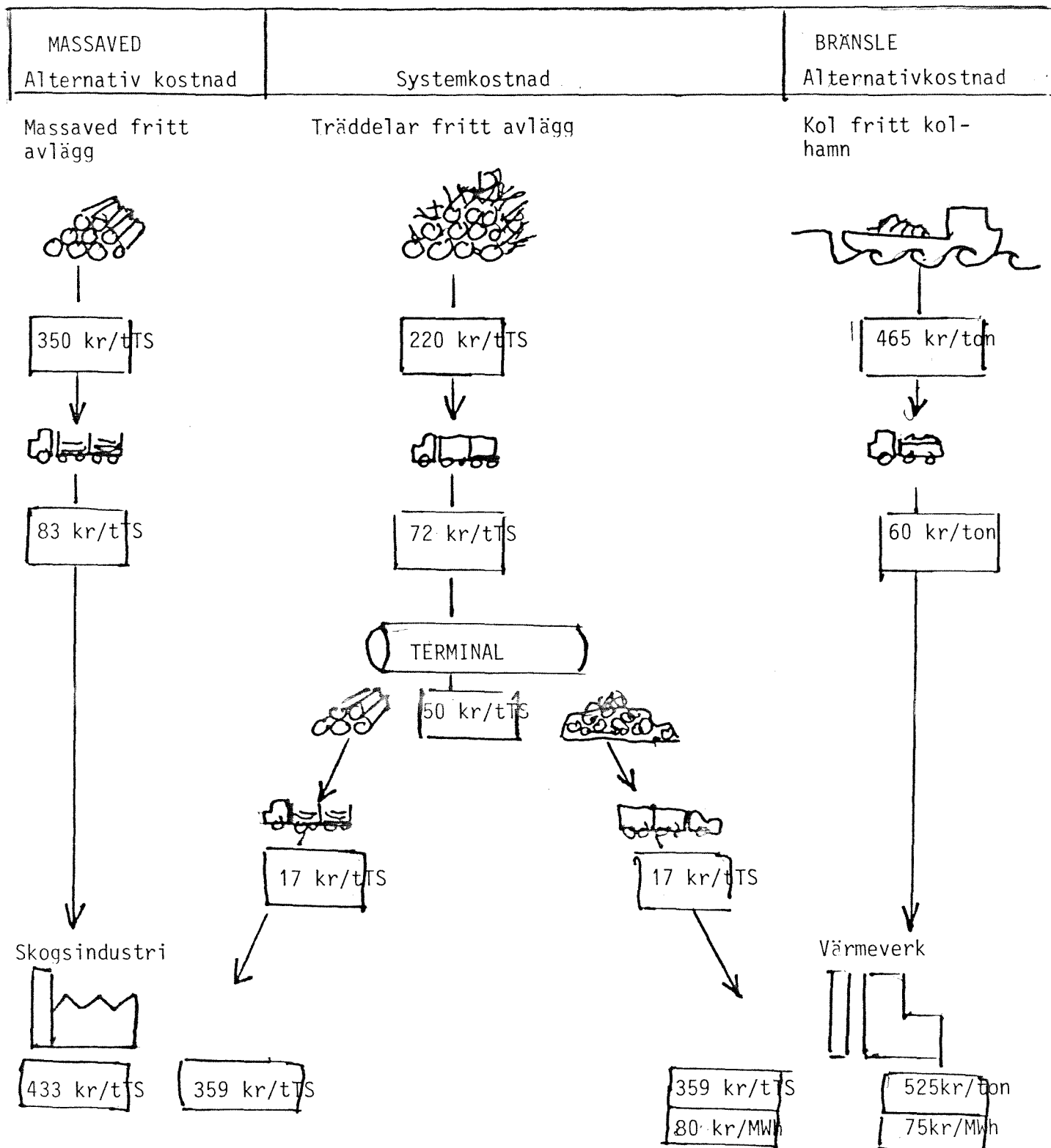
Den totala systemkostnaden har indelats i;

- kostnad för träddelels/hyggesrester fritt avlägg.
- Kostnad för transport av träddelels/hyggesrester till terminal/skogsindustri.
- driftkostnad för upparbetning av råvaran till massaved och skogsbränsle inkl lagringskostnad och rejektförlust.
- kostnad för transport av massaved till skogsindustri resp skogsbränsle till värmeverk (eller annan användare).

Lönsamheten presenteras i form av systemets pay-offtid, vilken definieras som investering genom summan av intäkter från massaved- och skogsbränsleförsäljning.

Intäkter av massavedsförsäljning har relaterats till de officiella massavedspriser som förelåg för avverknings-säsong 82/83. Dessutom tillkommer en intäktspost för ett bedömt mervärde av tillskottsvolym av massaved. (Vid träddelelsavverkning antas att ca 10 % mer massa-råvara kan erhållas per hektar skog. Orsaken är att klenare träd tas ut än vad som ekonomiskt kan motiveras vid konventionell gallring. Idag tvingas skogsindustrin importera ca 10% av sitt massavedsbehov för priser som ligger betydligt över de officiella massavedspriserna. I studien har antagits att tillskottet av massaved (10% av massavedsproduktionen) kan värderas till 40 kr extra per m³ f (pb).)

Figur 8. Systemets uppbyggnad



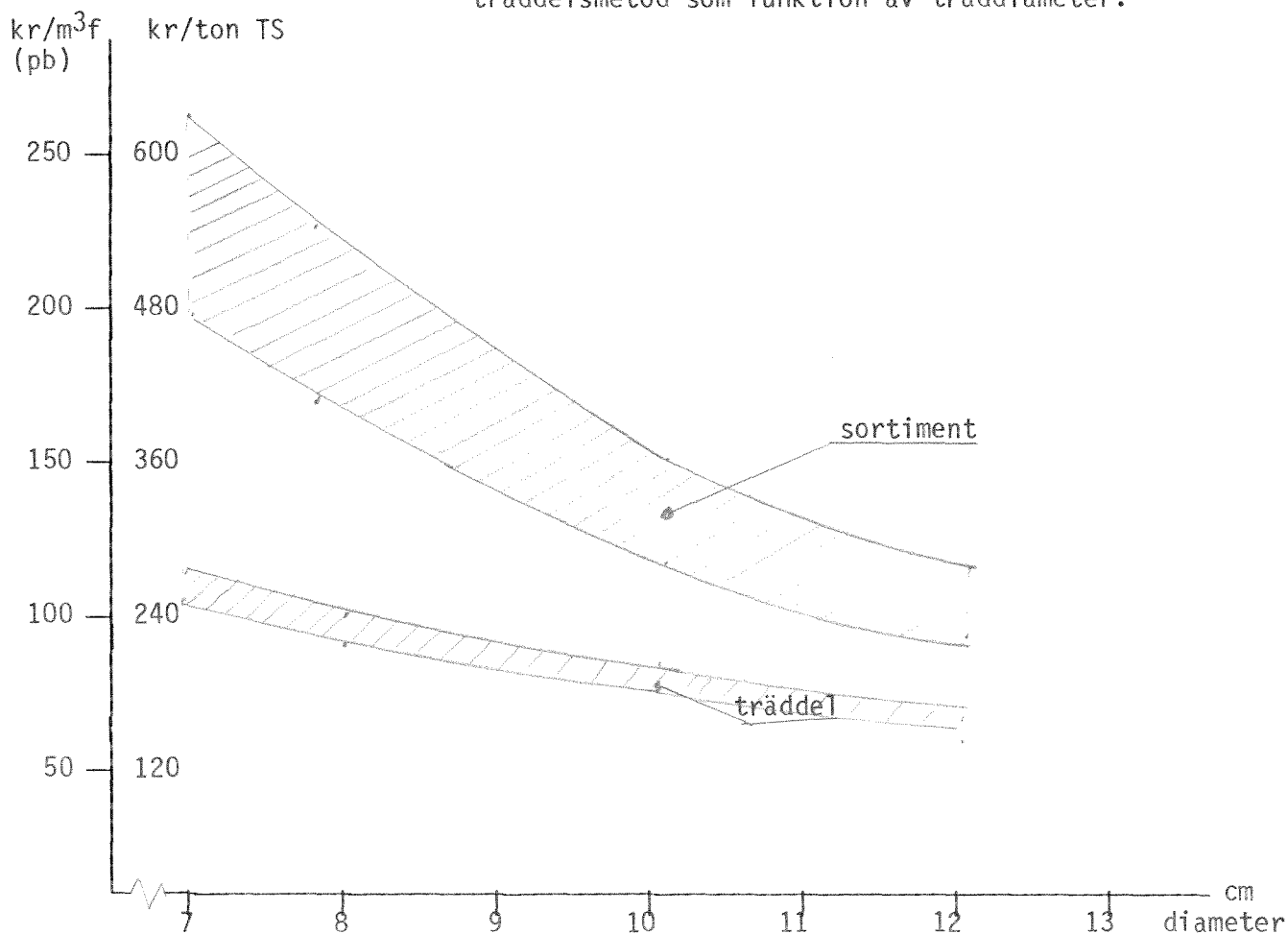
Nettointäkt massaved $433 - 359 = 74 \text{ kr/tTS}$
 Nettointäkt bränsle $75 - 80 = (-) 5 \text{ kr/MWh}$

I systemanalysen jämförs fem olika typer av terminaler (A-E) - tre fristående terminaler och två terminaler förlagda till skogsindustrin.

8.2 Kostnad för träddeklar, massaved och hyggesrester fritt avlägg

Prissättning av träddeklarssortiment fritt avlägg är relativt komplicerat. Priserna skall medföra att såväl skogsindustrin eller annan terminalinnehavare och skogsägare skall motiveras att övergå från sortiment till träddeklar, dvs träddeklarshanteringen skall ge ett större intäcksnetto. Men frågan kompliceras av att kostnad och lönsamhet varierar kraftigt med träddeklardiameter och upptagningsområde.

Utgångspunkt för prissättningen är givetvis avverkningens kostnad för träddeklar resp sortiment. Kvistningskostnaden ökar kraftigt med minskad träddeklardiameter varför träddeklarshanteringen har störst ekonomisk konkurrenskraft vid liten gallring. Diagram A visar den kostnadsdifferensen (baserad på bl a erfarenhetsdata från Billerud) som idag föreligger mellan motor-manuell sortiment resp träddeklarshanteringen som funktion av träddeklardiameter.



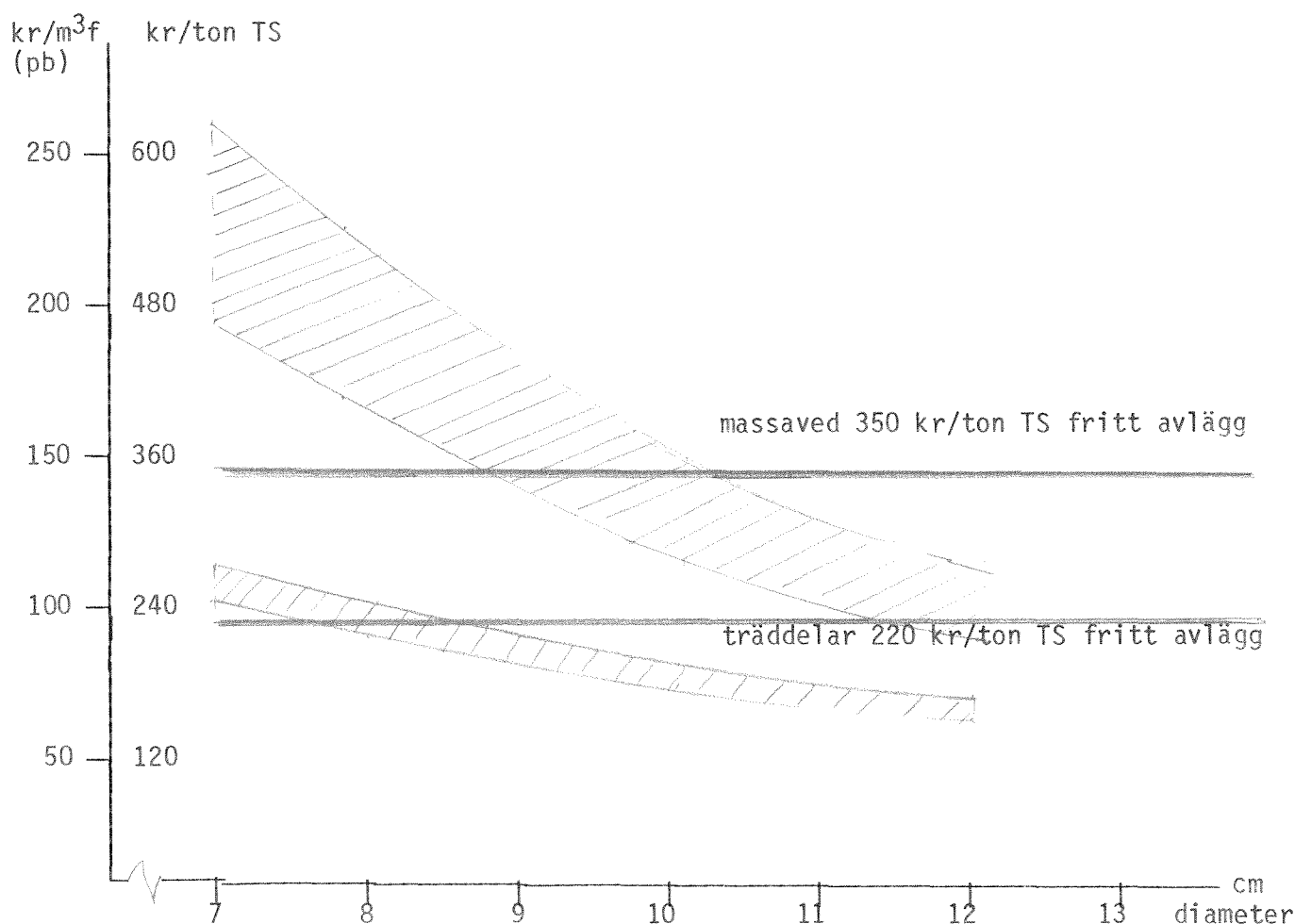
Avgörande för skogsägarens intresse för en övergång från sortiment till trädelsavverkning är virkesuppköparens pris på de olika sortimenten.

Priser på kvistad massaved varierar något över landet. Följande priser är ett ungefärligt genomsnitt för massaved fritt avlägg på bark (pb) i Sverige för avverkningssäsong (82/83). Under vissa perioder utgår leveranspremier i storleksordningen 4-10 kr/m³f. I systemanalysen har premier ej inräknats då det är rimligt att anta att trädeldar kommer att premieras i motsvarande grad.

Gran 160 kr/m³f
Tall 154 kr/m³f
Björk 140 kr/m³f

ca 350 kr/ton TS för en råvarumix av 40% gran, 40% tall, 20% björk

Om trädeldar betalas med 220 kr/ton TS fritt avlägg kan ur diagram 5 utläsas att lönsamhetsgränsen för trädeldar ligger inom 10-11 cm trädeldiameter, dvs över 11 cm trädeldiameter kommer skogsägaren att erhålla ett större intäktsnetto (rotnetto) för sortimentsavverkning.



Vid ett trädelspris av 200 kr/ton TS är kostnaden för trädelsavverkning något högre vid 7-8 cm träddiameter än ersättningen, men jämförelse med sortimentmetoden ger trädelsmetoden en betydligt lägre förlust, vilket kommer att motivera skogsägaren att gå över till trädelsshantering vid typ förstagallringsobjekt.

För skogsindustrin/terminalägaren är även upptagningsområdet och därmed transportkostnaden avgörande för totalekonomin. Lågt pris på träddeklar medför att trädelsmetoden endast kommer att tillämpas på en mindre andel gallringsobjekt, vilket medför ett större upptagningsområde för att täcka terminalens råvarubehov med ökade transportkostnader som följd. Prissättningen av träddeklar är med andra ord en optimeringsfråga.

Indikationer utgående från dagens erfarenheter ger en lönsamhetsgräns för trädelsmetoden vid 10-12 cm. Vid en prisrelation mellan sortiment och träddeklar av 65% (räknat på fastkubikmeter biomassa för träddeklar (m^3f bio) genom fastkubikmeter massaved på bark (m^3f pb)). I systemanalysen har priset på träddeklar resp sortiment i basfallet antagit till 220 resp 350 kr/ton TS (prisrelation 63%).

Kostnad för uppsamling och skotning av hyggesrester fritt avlägg uppgår idag till ca 100 kr/ton TS. I systemanalysen antas att hyggesrester kan erhållas för 110 kr/ton TS (basfallet).

8.3 Transportkostnad

Transportkostnad som funktion av avstånd för olika sortiment framgår av diagram 6. Kostnaderna är baserade på de fraktpriiser som gäller idag (våren 83). Transportkostnaden för träddelar vid 50 km transportavstånd är idag ca 80% högre än för rundvirke. Fukthalten för samtliga sortiment har antagits till 50%.

8.4 Terminal - dimensionering och kostnader

8.4.1 Terminaltyper

Fem olika typer av terminaler (A-E) jämförs i systemanalysen.

A. Fristående terminal för upparbetning av träddelar till massaråvara och skogsbränsle

Kvistningen sker i trumma eller buntkvistare. Massaråvaran levereras till skogsindustrin i huvudsak som obarkad rundved (osorterad). Endast en mindre andel (bräckage) sönderdelas till massaflis. (teknisk beskrivning se kap 3.2 och 3.3).

B. Fristående terminal för upparbetning av träddelar och hyggesrester till massaråvara och skogsbränsle

Terminalen är av samma typ som terminal A men har kompletterats med en kross för grovsönderdelning av hyggesrester (typ Boden-terminalen, figur 2.)

C. Upparbetning av träddelar i anslutning till befintlig barkanläggning vid industrin - fall I.

Kvistning sker separat i trumma eller buntkvistare. Kvistad massaved matas in tillsammans med övrig massaved i befintlig barkanläggning. Upparbetning av kvistningsrester till skogsbränsle sker enligt samma metod som för terminal A och B. (Se även kap 3.4).

D. Upparbetning av träddelar i anslutning till befintlig barkanläggning vid industrin - fall II.

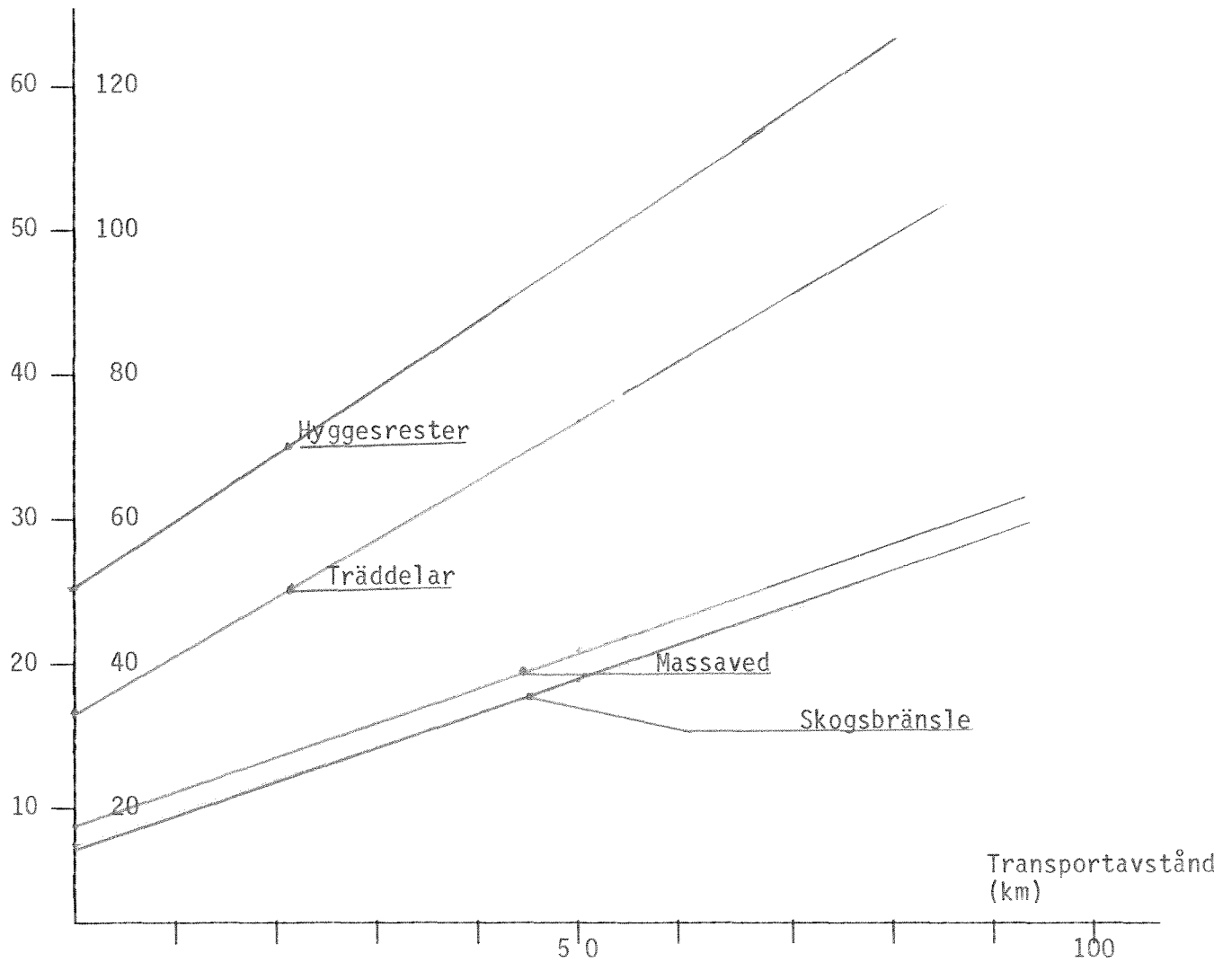
Teknisk utformning enligt terminal C men med dubbla årskapaciteten.

E. Fristående terminal för upparbetning av hyggesrester till skogsbränsle

(Teknisk beskrivning kap 5.)

Transportkostnad

kr/ton kr/ton TS



8.4.2 Kapacitet och årsproduktion

Samtliga terminaler kör 2-skift, 5 dagar i veckan, 46 veckor/år, vilket motsvarar en drifttid av 3600 tim/år.

Anläggningarnas tillgänglighet har antagits till 80 %. För terminal A-D antas 20 % av skogsbränsle-produktionen att lagras i stack för att klara värmeverkets varierande bränslebehov över året. För terminal E anpassas produktionen efter värmeverkets behov genom att anläggningens kapacitet dimensioneras för värmeverkets maxbehov. Rejekt i form av sten, sand, snö och avskilt skogsbränsle har antagits uppgå till 5 % av skogsbränsleproduktionen.

TERMINAL	A	B	C	D	E
Råvara, ton TS/år ¹⁾					
Träddelar	50 000	50 000	50 000	100 000	-
Hyggesrester	-	17 500	-	-	35 000
Produktion, ton TS/år					
Massaved	32 500	32 500	32 500	65 000	
Skogsbränsle	16 600	33 200	16 600	33 200	33 200
Rejekt (förlust)	900	1 800	900	1 800	1 800
kapacitet, ton TS/h	17 2)	17 2)	17 2)	34 2)	15 3)
Tillgänglighet	80%	80%	80%	80%	80%
Drifttid, h/år	3600	3600	3600	3600	3600

1) ton TS (torr substans)
 1 m³ f = 0,42 ton TS

2) Avser kvistningskapacitet

3) Avser krossens kapacitet

8.4.3 Investeringskostnad

TERMINAL	A 1)	B 1)	C 2)	D 2)	E 3)
Total investeringskostnad (kkr)	10 000	12 000	5 500	9 000	6 500
Investering, maskiner (kkr)	5 500	7 000	5 000	8 000	3 500

- 1) Investeringskostnad för terminal A och B har beräknats utgående från de data som angetts i ansökan till Oljeersättningsfonden för Dombäck- och Bodenterminalen. Kostnaderna har uppräknats till prisnivå mars 83. Till investeringskostnaden, har kostnaden för extra utrustning som ej ingår i de aktuella terminalerna (ex fordonsvåg) adderats.
- 2) Investerings- och driftkostnads data för terminal C och D har tagits fram i samråd med Kurt Baner, KAB konsult. Kostnaderna är baserade på data från leverantörer av utrustning.
- 3) Investerings- och driftkostnaderna har tagits fram i samråd med Sven Stridberg, ISSAB. Kostnaderna är baserade på data och erfarenheter från Hissmoforsterminalen.

8.4.4 Driftdata och driftkostnader

Driftdata

TERMINAL	A	B	C	D	E
Personalbehov, per skift	3	3,5	¹⁾ 2	²⁾ 1	2
Installerad effekt (KW)	650	1 000	650	1 000	650
Elenergibehov (MWh/år)	1 440	2 880	1 440	2 880	1 100
Underhåll och försäkringar	8 % av maskininvesteringen				
Antal lastmaskiner	2	3	1	1	2

- 1) 1 person per skift för matning av kvistningstrumma alt buntkvistar + 1 person per skift för övervakning och hantering av producerat skogsbränsle. Lossning och transport av träddeklar till kvistningsmaskinens inmatningsbord ombesörjs av barkanläggningens befintliga personal och lastmaskinspark.
- 2) 1 person per skift för övervakning och hantering av producerat skogsbränsle. Kvistningsutrustningen dimensioneras för mottagning av hela buntar. Transport av träddeklar till inmatningsbordet ombesörjes av befintlig personal.

Driftkostnad (kkkr/år)

TERMINAL	A	B	C	D	E
Personal (a 140 kkr/pers,år)	840	980	560	280	560
E1 (150 kr/MWh)	220	430	220	430	170
Underhåll	440	560	400	640	280
Lastmaskiner	960	1 440	1 480	480	960
Total drift- kostnad kkr/år	2 460	3 410	1 660	1 830	1 970
Driftkostnad kr/ton TS produ- cerad produkt	50	51	33	18	56
Lagringskostnad för skogsbränsle kkkr/år ³⁾	280	560	280	560	-
Lagringskostnad kr/ton TS produ- cerat bränsle	17	17	17	17	-

- 3) Utöver driftkostnad tillkommer för terminal A-D kostnad för skogsbränslelagring av "sommaröver-skottet". Lagringskostnaden innefattar ränte-kostnad, substansförlust och kostnad för stackläggning. Lagringskostnaden har för terminal A och C beräknats till 280 kkr per år samt för terminal B och D 560 kkr per år (se bilaga 2). Vid terminal E sker ingen långtidslagring av skogsbränsle.

8.5 Upptagningsområde/medeltransportavstånd

För beräkning av terminalernas upptagningsområde har följande generella antaganden gjorts för träddeklar.

- 60 % av dagens gallringsuttag sker i form av träddeklar.
- Upptagningsområdet består av 70% skogsareal
- Upptagningsområdet utgörs av en halvcirkel
- Medeltransportavståndet är 1,3 gånger halvcirkelns medeldiameter

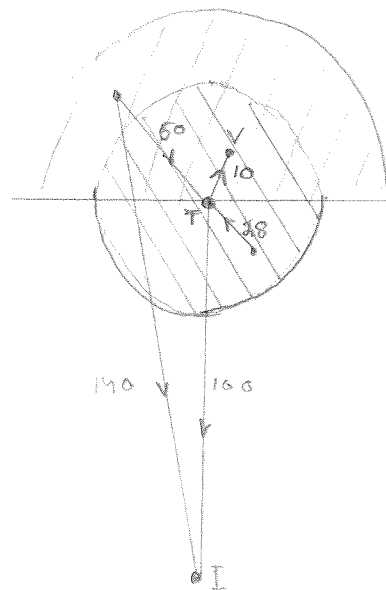
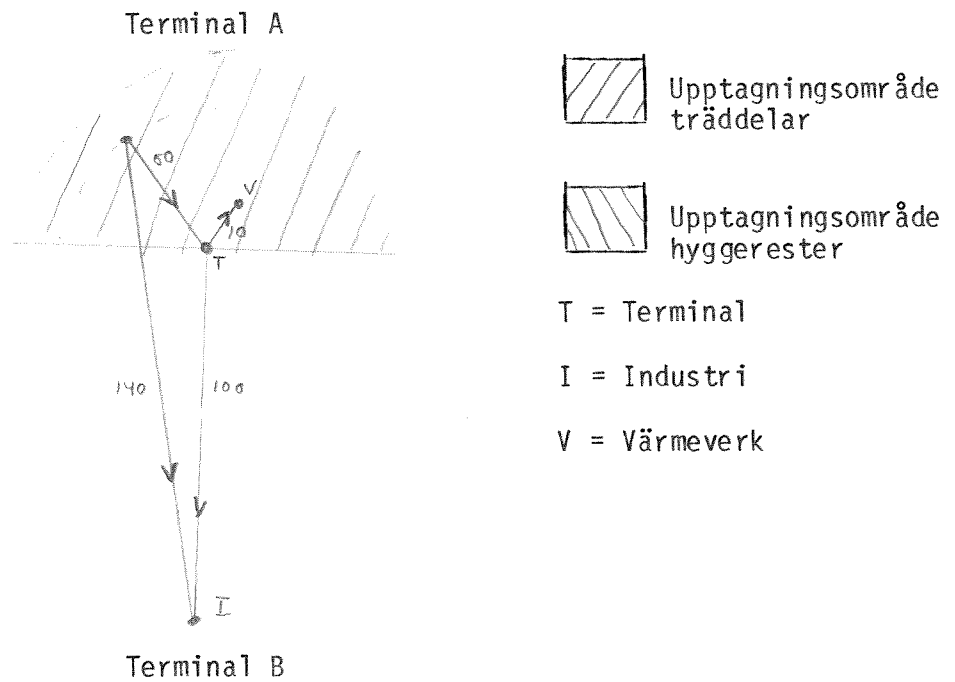
För en terminal med en årskapacitet av 50 000 ton TS träddeklar krävs ett upptagningsområde om 4 800 km² vilket motsvarar ett medeltransportavstånd av 50 km. För dubbla kapaciteten ökar medeltransportavståndet till 70 km.

Generella antaganden för beräkning av upptagningsområde för hyggesrester

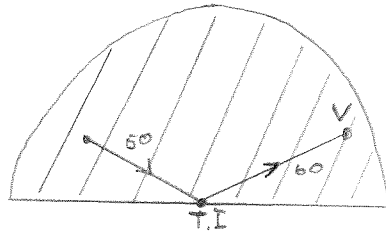
- Uppsamling av hyggesrester sker på 50% av slutavverkningsarealerna
- Upptagningsområdet utgörs av en cirkel
- Upptagningsområdet består av 70% skogsareal
- Medeltransportavståndet är 1.3 gånger cirkelns (upptagningsområdets) medeldiameter
- Total årlig slutavverkning motsvarar 50 milj m³ sk
- 1 m³ sk beräknas motsvara 0,20 m³ f hyggesrester

För en terminal med ett årsbehov av 35 000 ton TS hyggesrester krävs ett upptagningsområde om 6000 km², vilket motsvarar ett medeltransportavstånd av 40 km. Halveras årsbehovet minskar medeltransportavståndet till 28 km.

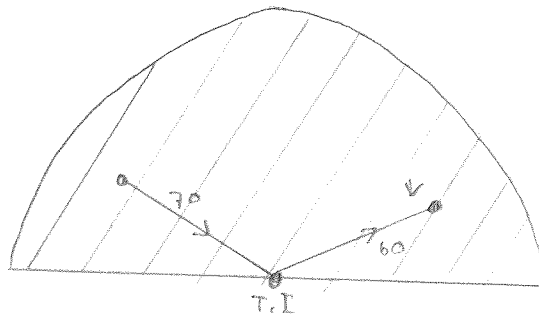
Transportavstånd och upptagningsområden som används vid systemanalysberäkning redovisas i figur 9.



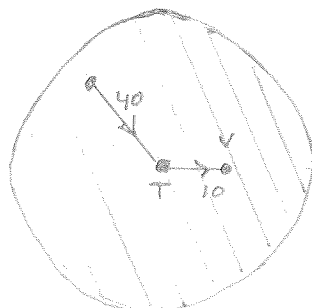
Terminal C



Terminal D



Terminal E



8.6 Systemkostnad och lönsamhet

8.6.1 Definitioner

Lönsamheten presenteras i form av systemets pay-offtid, vilket definieras som investering genom summan av intäkter från massaved- och skogsbränsleförsäljning.

Investering avser endast investerat kapital i terminal. I övriga kostnadsposter såsom transportkostnader, ingår kapitalkostnaden.

Terminalens nettointäkter utgör skillnaden mellan användarnas alternativkostnad och systemkostnad för massaved resp skogsbränsle. Se figur 8.

Systemkostnaden omfattar kostnad för träddeklar/hyggesrester fritt avlägg, transportkostnad till terminal, driftkostnad inkl rejekt och lagerkostnad samt transportkostnad till skogsindustri resp värmeverk för massaved och skogsbränsle.

Alternativkostnad för skogsindustrin är kostnad för inköp av massaved fritt avlägg plus transportkostnad för massaved till industrin.

Alternativkostnad för värmeverket är kostnad för kol fritt hamn plus transportkostnad.

Systemkostnader, intäkter och lönsamhet A-E finns redovisade i bilaga 5. Beräkningsgång för system A redovisas här mer utförligt.

8.6.2 Beräkningsmetodik

Beräkning av lönsamhet för system A. - upparbetning av träddelar vid fristående terminal

Antagande

Råvarubehov: träddelar 50 000 ton TS/år

Produktion: massaved 32 500 " "

skogsbränsle 16 600 " "

rejekt 900 " "

Transportavstånd:

Träddelar, avlägg-terminal 50 km

Massaved, terminal-industri 100 km

Massaved, avlägg-industri 140 km

Skogsbränsle, terminal-värmeverk 10 km

Kol, kolhamn - värmeverk 200 km

Systemkostnad massaved fritt industrin (Sm)

Träddelar 200 kr/ton TS (se kapitel 8.2)

Transport, träddelar 72 kr/ton TS (se kapitel 8.3)

Driftkostnad, terminal 50 kr/ton TS (se kapitel 8.4.4)

Transport massaved till industri 64 kr/ton TS (se kapitel 8.3)

(Sm) Summa kostnader
fritt industrin 406 kr/ton TS.

Alternativkostnad massaved fritt industri (Rm)

Massaved fritt avlägg 350 kr/ton TS (kap 8.2)

Transport, till industri 83 kr/ton TS (kap 8.3)

(Rm) summa 433 kr/ton TS.

Intäktnetto, massaved (Rm) - (Sm)

= 433 - 406 = (+)27 kr/ton TS.

Intäktsnetto per år för massaved (exkl terminalens kapitalkostnad)

32.500 x 27 = (+) 878 kkr/år.

Systemkostnad skogsbränsle fritt värmeverk (Sb)

(1)	Träddelar fritt avlägg	220 kr/ton TS
(2)	Transport, träddelar	72 "
	Driftkostnad, terminal	50 "
	Rejekt förlust, 5% av (1) + (2)	15 "
	Lagringskostnad	17 " (kap 3.5)
	Transport, skogsbränsle till värmeverk	17 "
	Summa	391 kr/ton TS
	Effektivt värmevärde vid 50% fukthalt	4,5 MWh/ton TS
	(Sb) kostnad per energienhet	87 kr/MWh

Alternativkostnad kol fritt värmeverk (Rb)

Kol fritt kolhamn	465 kr/ton
Transport, kol, värmeverk	60 kr/ton
Summa	525 kr/ton
Effektivt värmevärde	7,0 MWh/ton
(Rb) kostnad per energienhet	75 kr/MWh

Intäktsnetto, skogsbränsle (Rb) - (Sb)
 75 - 87 = (-) 12 kr/MWh

Intäktnetto per år för skogsbränsle
 16,600 x 4,5 x (-12) = (-) 896 kkr/år

Värde av tillskottskvalitet
 (40 kr/m³ f, 10% av massavedsproduktionen)

$$\frac{0,10 \cdot 32.500 \times 40}{0,42} = 310 \text{ kkr/år (kap 8.2)}$$

Summa intäktsnetto för system A före avskrivning

Massaved	+ 878	kkr/år
Skogsbränsle	- 896	"
Värde av tillskotts- kvantitet	+ 310	"
Summa	+ 292	kkr/år

Investering terminal A 10.000 kkr

Lönsamhet

$$\text{Rak pay-offtid} = \frac{\text{investering}}{\text{intäktsnetto}} = \frac{10\,000}{292} = 34 \text{ år}$$

8.7 Resultat av systemanalys I - massaved- och skogsbränsleproduktion vid terminal

Detaljerad kostnads- och resultatsammanställning redovisas i bilaga 5.

Resultatsammanställning - Systemanalys I

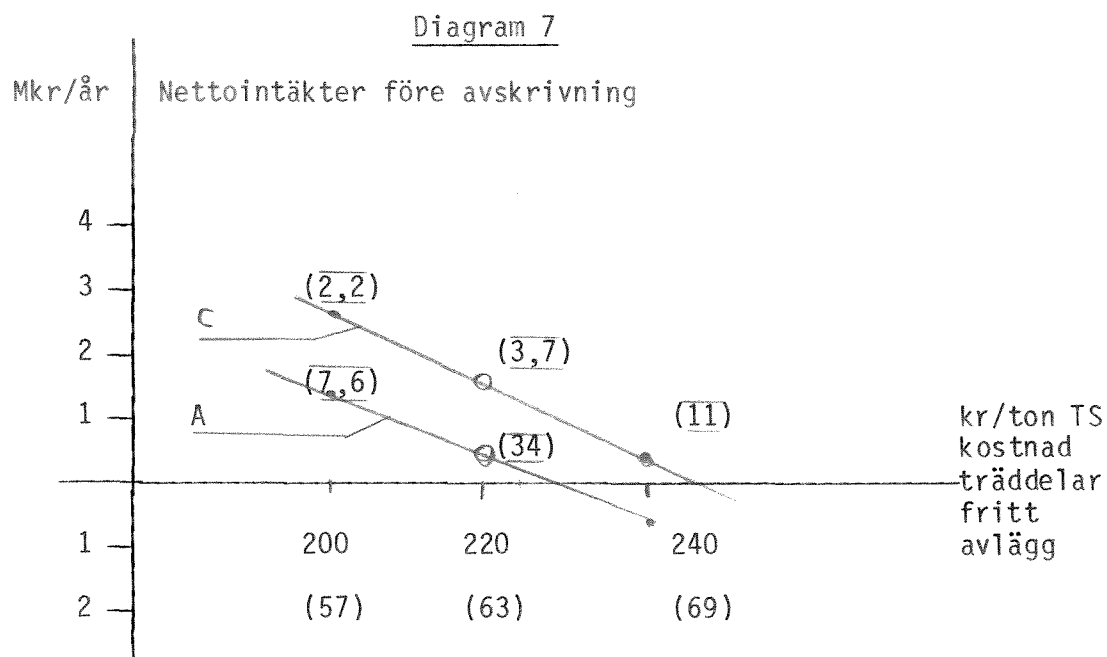
System/terminal	A	B	C	D	E
Investering (Mkr)	10,0	12,0	5,5	9,0	6,5
Nettointäkter (Mkr/år)					
massaved	+ 1,19	+ 1,16	+ 2,52	+ 5,43	-
skogsbränsle (td)	- 0,90	- 0,90	- 1,05	- 2,09	-
skogsbränsle (hr)	-	+ 0,82	-	-	+ 1,79
Summa netto-intäkter	+ 0,29	+ 1,08	+ 1,47	+ 3,34	+ 1,79
Pay-offtid (år)	34	11	3,7	2,7	3,6

Vid en prisrelation mellan träddeklar och massaved fritt avlägg av 63% samt en erättning för skogsbränsle fritt värmeverk motsvarande 75 kr/MWh framgår att:

- System A - "Fristående terminal för upparbetning av träddeklar är ej lönsam"
- System B - "Terminal för upparbetning av träddeklar och hyggesrester" uppvisar bättre resultat men är ej lönsam
- System C - "Upparbetning av träddeklar vid industrin - fall I" är lönsam
- System D - "Upparbetning av träddeklar vid industri - fall II" har god lönsamhet
- System E - "Upparbetning av hyggesrester till skogsbränsle" är lönsam

Driftkostnaden för upparbetning av träddeklar utgör en liten andel (5-12 %) av totalkostnaden emedan exempelvis transportkostnaden för träddeklar motsvarar 18-25 % respektive kostnad för träddeklar vid avlägg 54-68 % av totalkostnaden.

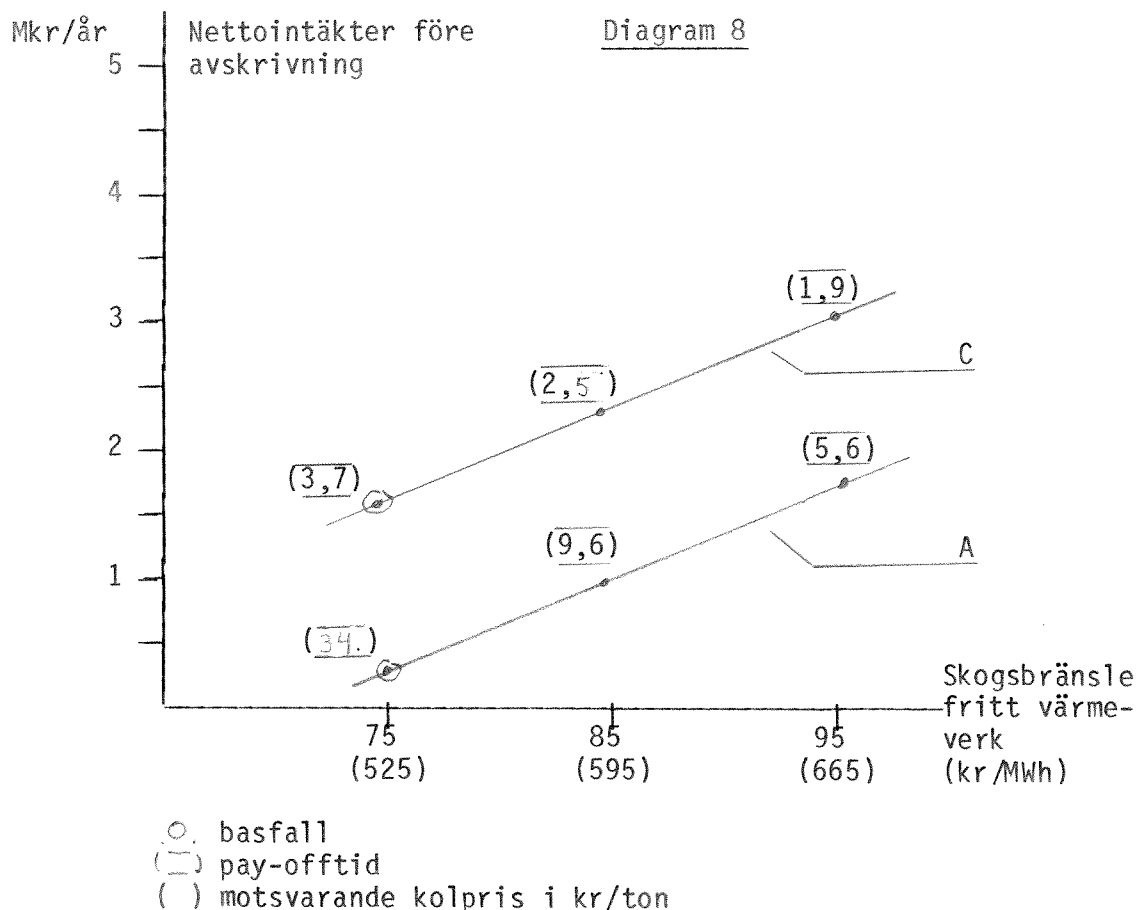
Systemanalysresultaten är därför mycket "känsliga" för små variationer i antagna kostnader. En sänkning av priset på träddeklar fritt avlägg med 20 kr/ton TS, (Ca 8 kr/m³ f bio) motsvarande 10% medför en intäktsökning för terminal A och C med 450 resp 170 %. Terminalernas intäkter som funktion av träddeklarskostnad fritt bilväg resp bränslepris fritt värmeverk redovisas i diagram 7 och 8.



○ basfall

() % av massavedpris (rundvirkepris) fritt bilväg

() pay-offtid



Av systemanalysresultaten framgår att upparbetning av träddeklar vid industrin medför lägre kostnader och därmed bättre lönsamhet än träddeklarhantering vid fristående terminal. Den högre lönsamheten beror av att:

- Omlastning och transport av massaved från terminal till skogsindustrin bortfaller.
- Personalbehovet reduceras.
- Befintlig maskinpark, personalutrymmen, verkstad m m kan utnyttjas.

Upparbetning vid industri förutsätter dock att utrymme för utbyggnad av kvistningsutrustning m m finns vid barkanläggningen och lagerutrymme för de mer skrymmande träddeklarna.

En fördubbling av bearbetningskapaciteten medför minskad kapital- och driftkostnad per ton TS producerat. Till viss del "äts" denna vinst upp på grund av ökade transportkostnader för träddeklar för system D

9 Pelletbränsle

9.1 Inledning

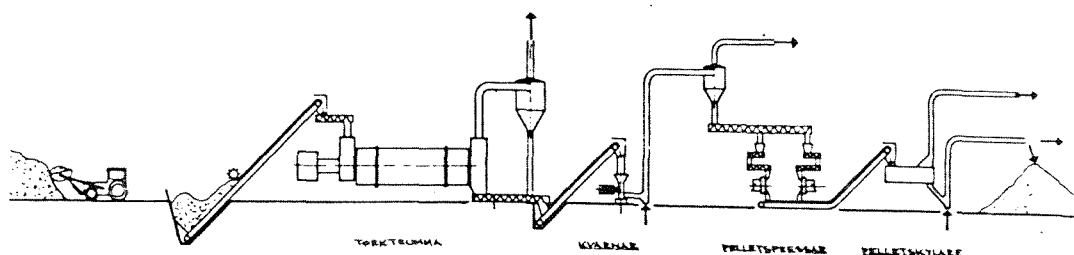
Vid terminaler för massaved- och skogsbränsleproduktion kan anläggningen utökas med en linje för pelletproduktion.

Förädling av skogsbränsle till pellet skall främst ses som ett alternativ i de fall avsättning av skogsbränsle till typ värmeverk inte finns inom rimligt avstånd.

I systemanalys II har lönsamheten för massaved- och pelletproduktion beräknats för fem olika typer av terminaler. Utformning, råvara och kapacitet för massaved- och skogsbränsleproduktion är identiska med terminal A-E i systemanalys I.

Principutformning för en pelleteringslinje beskrivs i figur 10. Torkning antas ske i en konventionell trumtork med rökgaser, vilka erhålls genom förbränning av en del av det producerade skogsbränslet (alternativt pellet).

För att reducera torkenergibehovet, recirkuleras en del av den utgående torkgasen. Avskiljning av finpartiklära föroreningar, typ sand, sker efter torkning. Efter pelletering och kylning transporteras pelleten via elevator och bandtransportör till produktlagret.



Figur 10. Princip för pelleteringsanläggning
(Köpingebro)

9.2 Potentiella användare av pellet

Tillverkning av pellet ur skogsbränsle medför höga merkostnader. Pellet är därför endast aktuellt i anläggningar där man idag förbrukar eldningsolja 1 för vilka en ombyggnad till eldning med oförädlat bränsle, typ skogsbränsle, maskintorv och kol blir olönsam, eller där de lokala förhållandena såsom platsbrist och problem med lagring av fuktigt bränsle försvårar konvertering till oförädlat bränsle.

För "små" användare, typ villor, saknas idag billiga och driftsäkra pelleteldningssystem. Idag är dessutom konvertering till el ett mer lönsamt alternativ för många villaägare.

För närvarande bedöms därför den stora potentiella pelletanvändargruppen finnas i tätare bebyggelse med en oljeförbrukning av 50-350 m³ ol per år.

Förbränningssystem för pellet

Introduktion av pelletbränsle har hittills gått långsamt. Pelletproducenter, typ Mora värmeverk, har haft stora problem med att hitta avsättning för sin produktion. En bidragande orsak har varit bristen på lämpliga förbränningssystem för pellet. Avsikten var från början att pellet skulle kunna eldas i konventionella förbränningsanläggningar som finns utvecklade för torra vedbränslen, men hög förbrännings-temperatur och en kompakt bränslebädd vid pelletförbränning medförde bl a svåra sintringsproblem. Under det senaste året har därför stora insatser gjorts med bl a stöd från NE och OEF för att utveckla nya förbränningssystem. Ett flertal pelletbrännare och rostersystem för pellet finns idag framtagna i nollserie. I bilaga 4 presenteras några av de förbränningssystem som idag är i drift.

9.3 Pelletbränslets betalningsförmåga

Kostnad för konvertering av oljeeldade anläggningar till pellet varierar givetvis beroende av effekt, val av förbränningsutrustning, oljepannans och pannrummets beskaffenhet m m. För de pelletprojekt för vilka stöd lämnats från OEF har konverteringskostnaden varierat mellan 300-1500 kr/kW.

Den lägsta kostnaden avser anläggningar där konvertering skett med pelletbrännare i befintlig oljepanna. Konverteringskostnaden har i dessa fall begränsats till kostnad för brännare, bränslesilo, transportörer och montage. Kostnaden har varierat mellan 100 till 200 kkr för effekter mellan 100-600 kW.

Den övre gränsen, 1500 kr/kW, avser en komplett ny förbränningsanläggning, inkl byggnad, skorsten, VA- och elanslutning för en effekt av 300 kW.

Med utgångspunkt från "dagens" kostnadsnivå för pelletkonvertering har betalningsförmågan för pellet beräknats för följande användarkategorier och konverteringsförutsättningar.

Konvertering i befintlig oljepanna och pannrum			
Effekt	100 kW	300 kW	600 kW
Kostnad	100 kkr	150 kkr	200 kkr

Konvertering genom anslutning av en komplett ny värmecentral		
Effekt	300 kW	600 kW
Kostnad	450 kkr	600 kkr

För beräkning av pelletens betalningsförmåga ligger följande antaganden till grund:

- Användarens lönsamhetskrav skall vid en övergång från olja till pellet motsvara en rak payofftid på investerat kapital av 5 år.
- Pannverkningsgraden vid pelleteldning är 5% lägre än för oljeeldning.
- Pelleteldning utgör baslast, med en effektiv drifttid av 4000 tim/år. För spetslast och under låglastperiod (sommarmånaderna) sker värmeproduktionen med olja (alternativt el under sommarperioden). Pelleteldningen beräknas täcka 80% av energibehovet.
- Kostnad för Eo1 har i basfallet antagits till 2300 kr/m³.
Övriga antaganden, se tabell 4.

Betalningsförmågan utgående från angivna förutsättningar varierar mellan 785 till 1035 kr/ton TS pellet (motsvarar 700 - 880 kr/ton vid 15% fukthalt), för olika användarkategorier och konverteringsmöjligheter.

Vid ett pelletpris fritt användaren av 825 kr/ton TS (700 kr/ton vid 15% fukthalt) bedöms lönsamheten för pelleteldning hos en stor andel av dagens användare av eldningsolja 1 inom 100-1000 kW som god (baserat på ett oljepris av 2300 kr/m³).

TABELL 4 Pelletens betalningsförmåga - lönsamhet vid pelleteldning

	Konvertering i befintlig anläggning			Konvertering genom nybyggnad	
Effekt (kW)	100	300	600	300	600
Anläggningskostnad (kr/kW)	1 000	500	300	1 500	1 000
Anläggningskostnad (kkr)	100	150	200	450	600
Effektiv drifttid (h/år)	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Energiproduktion (MWh/år)	400	1 200	2 400	1 200	2 400
Verkningsgrad pellet (%)	70	70	70	70	70
olja (%)	75	75	75	75	75
Pelletbehov (MWh/år)*)	571	1 714	3 414	1 714	3 428
Oljebehov (m ³ /år)	55	165	330	165	330
Underhåll, skatt (% av invest.)	5	5	5	3	3
Extra personalbehov vid pelleteldning (h/år)	100	150	200	150	200
Betalningsförmåga för pellet vid oljepris 2300 kr/m ³ (kr/ton TS)	824	984	1 035	785	901
Dito oljepris 2100 kr/m ³ (kr/ton TS)	726	885	934	687	808
Dito oljepris 2500 kr/m ³ (kr/ton TS)	924	1 082	1 132	883	1 006
Anläggningens pay-off-tid vid ett pelletpris fritt anläggning av 825 kr/ton TS (700 kr/ton, 15% fukthalt)	5,0 år	1,6 år	1,1 år	5,8 år	3,6 år

*) Weff, pellet = 5,15 MWh/ton TS

10 SYSTEMANALYS II - Massaved och pelletproduktion vid terminal

10.1 Inledning

Systemen utgår från de terminaltyper som antagits i systemsanalys I (kap 8.4), vilka kompletteras med utrustning för torkning, malning och pelletering samt pelletlager.

Förutsättningar och antaganden

- All producerad skogsbränsle förädlas till pellet
- Skogsbränslets genomsnittsfukthalt är 50%
- Torkning sker till 15 % fukthalt
- För torkning åtgår 16 % av producerat skogsbränsle

Systemens lönsamhet redovisas i form av det totala systemets pay-offtid, vilket definieras som den totala investeringskostnaden för terminalen genom summan av intäkterna från massaved- och pelletförsäljning.

Intäkterna från pelletförsäljning har relaterats till ett pris av 825 kr/ton TS fritt användare (700 kr/ton vid 15 % fukthalt).

10.2 Kapacitet och årsproduktion

Produktion av pellet sker i 3 skift, 46 veckor per år, vilket motsvarar en drifttid av 5 500 tim per år.

Massaved- och skogsbränsleproduktion sker dock endast under 2 skift. Pellet produktionslinjen är dimensionerad för en maxkapacitet av 3,5 resp 7 ton TS pellet/timme. Lagerkapacitet av pellet utgör 25% av årsproduktionen.

Terminal	A	B	C	D	E
<u>Råvara</u> ton TS/år					
Träddelar	50 000	50 000	50 000	100 000	-
Hyggesrester		1 750	-	-	35 000
<u>Produktion</u> ton TS/år					
Massaved	32 500	32 500	32 500	65 000	-
Pellet	14 000	28 000	14 000	28 000	28 000
<u>Förluster</u> ton TS/år					
Reject	900	1 800	900	1 800	1 800
Åtgär vid torkning	2 600	5 200	2 600	5 200	5 200
Drifttid pellet h/år	5 500	5 500	5 500	5 500	5 500
Max kapacitet	3,5	7,0	3,5	7,0	7,0

10.3 Investeringskostnad (I), kkr

Terminal	A	B	C	D	E
Skogsbränsle/ massaproduktions- linjen	10 000	12 000	5 500	9 000	6 500
Pelletproduktions linjen 1)	10 000	15 000	10 000	15 000	15 000
Total investe- ringskostnad	20 000	27 000	15 500	24 000	21 500

- 1) Baserad på uppgifter från tillverkare samt på investeringskostnad för existerande och projekterade pelletanläggningar

10.4 Driftdata - pelletproduktion

Terminal	A	B	C	D	E
Personalbehov 1)	2) 5	2) 5	2) 5	2) 5	2) 5
Installerad effekt för pelletlinjen	650	1300	650	1300	1300
Elenergibehov för tork och pelleteering	2 240	4 480	2 240	4 480	4 480

- 1) Avser extra personal utöver tidigare antagna för skogsbränsle och massavedsproduktion
- 2) 2 personer - nattskift
 1 person (extra) - kvällskift
 2 personer (extra) - dagskift

10.5 Driftkostnad - pelletproduktion

(exkl råvara, torkbränsle samt driftkostnad för skogsbänsle och massavedsproduktion).

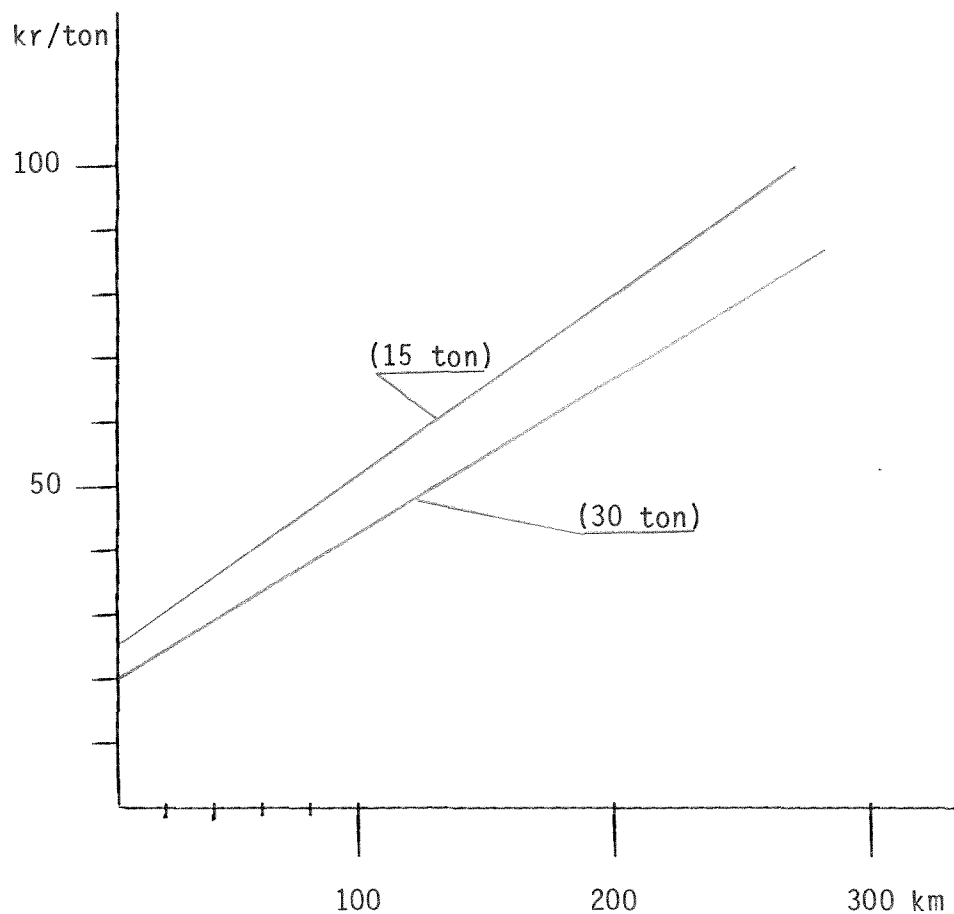
Terminal	A	B	C	D	E
Personal (a 140 kkr/år, person)	700	700	700	700	700
E1 (150 kr/MWh)	330	670	330	670	670
Underhåll och förbruknings- material	400	600	400	600	600
Total drift- kostnad kkr/år	1 430	1 970	1 430	1 970	1 430
Kostnad per ton TS producerad pellet	102	70	102	70	102

10.6 Transportavstånd och transportkostnader

Transportavstånd och kostnader för träddel, hyggesrester, massaved enligt tidigare antaganden i Systemanalys I (kap 8.3).

Transport av pellet antas ske i tank- eller bulkbil av samma typ som för närvarande används för transport av foderpellet. Fordonens lastkapacitet är ca 30 ton.

Diagram 9. anger distributionskostnad för pellet som funktion av transportavstånd för leverans om 30 resp 15 ton (kostnaden är baserad på fraktagifter för foderpellet, jan 1983, Skånska Lantmännen).



Avsättning för pellet beräknas för terminal A och C (14000 ton TS) kunna ske inom ett område av 15 mil vilket motsvarar ett medeltransportavstånd av 11 mil. För terminal B, D och E ökar medeltransportavståndet till 16 mil.

Systemkostnad massaved fritt industri (Sm)

Träddelar fritt avlägg	200 kr/ton TS (se kapitel 8.2)
Transport, träddelar	72
Driftkostnad för produktion av skogsbränsle/massaved	50
Transport + massaved fritt massaved	64

Summa kostnader fritt industri 406 kr/ton TS

Alternativkostnad massaved fritt industrin (Rm)

Massaved fritt avlägg	350 kr/ton TS
Transport, fritt industri	83 "

(Rm) Summa 433 kr/ton TS

Intäktsnetto, massaved (Rm) - (Sm)

$$433 - 406 = 27 \text{ kr/ton TS}$$

Intäktsnetto per år för massaved

$$32.500 \times 27 = 878 \text{ kkr/år}$$

Systemkostnad pellet fritt användare (Sp)

Träddelar fritt avlägg	220 kr/ton TS
Transport, träddelar	72 "
Driftkostnad, terminal för skogsbränsleproduktion	50 "
Rejektförlust	15 "
Bränsle som åtgår vid torkning (16 %)	57 "
Driftkostnad, pellet produktion	102 "
Transport pelletanvändare	55 "

(Sp) Summa	571 kr/ton TS
------------	---------------

Pelletpris, fritt användare	825 kr/ton TS
-----------------------------	---------------

Intäktsnetto pellet

825 - 571 = 254 kr/ton TS pellet

Intäktsnetto per år

254 x 14 000 = 3 556 kkr/år

Terminal A - Summa intäkter

Massaved	+	878 kkr/år
Pellet	+	3 556 "
Värde av tillskottskvantitet	+	310 "

Summa intäkter	4 744 kkr/år
----------------	--------------

Total investering

= 20 000 kkr

Lönsamhet

Payofftid = $\frac{\text{investering}}{\text{intäkter}} = \frac{20\,000}{4\,744} = \underline{\underline{4,2 \text{ år}}}$

10.8 RESULTAT AV SYSTEMANALYS II - massaved- och pelletproduktion vid terminal

Detaljerad kostnads- och resultatsammanställning redovisas i bilaga 6.

Resultatsammanställning - Systemanalys II

System/terminal	A	B	C	D	E
Investering (Mkr)	20	27	15	24	21,5
Nettointäkter (Mkr/år)					
massaved	+ 1,19	+ 1,16	+ 2,52	+ 5,43	-
Pellet	+ 3,56	+ 3,85	+ 3,79	+ 8,04	+ 10,4
Summa netto-intäkter	+ 4,75	+10,45	+ 6,31	+13,47	+10,4
Pay-offtid (år)	4,2	2,6	2,5	1,8	2,1

Som jämförelse redovisas även resultaten från Systemanalys I - massaved- och skogsbränsleproduktion vid terminal.

Resultatsammanställning - Systemanalys I

System/terminal	A	B	C	D	E
Investering (Mkr)	10,0	12,0	5,5	9,0	6,5
Nettointäkter (Mkr/år)					
massaved	+ 1,19	+ 1,16	+ 2,52	+ 5,43	-
skogsbränsle (td)	- 0,90	- 0,90	- 1,05	- 2,09	-
skogsbränsle (hr)	-	+ 0,82	-	-	+ 1,79
Summa netto-intäkter	+ 0,29	+ 1,08	+ 1,47	+ 3,34	+ 1,79
Pay-offtid (år)	34	11	3,7	2,7	3,6

Av resultaten framgår att en förädling av skogsbränsle till pellet medför att den totala lönsamheten för terminalerna ökade i samtliga fall.

Marginalerna mellan produktionskostnad och intäkt för system II (pellet) är väsentligt större än för System I (skogsbränsle). System II är därför betydligt mindre känslig för ändringar i antagna ingångsdata.

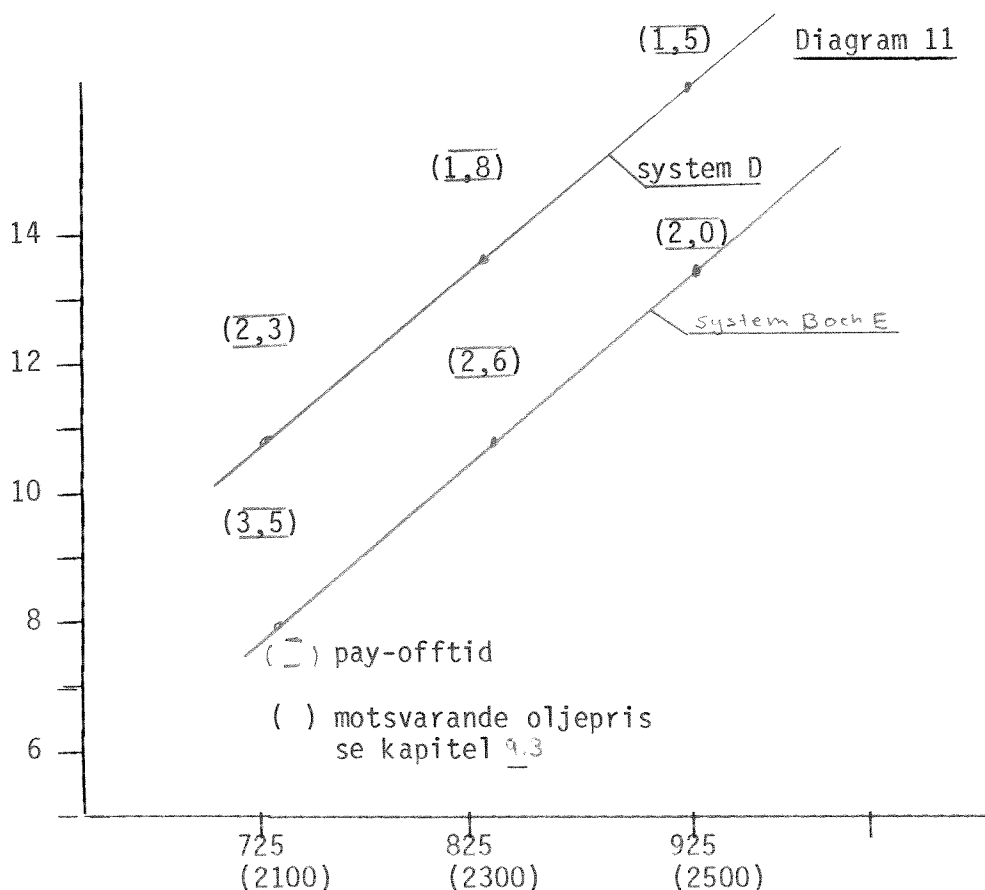
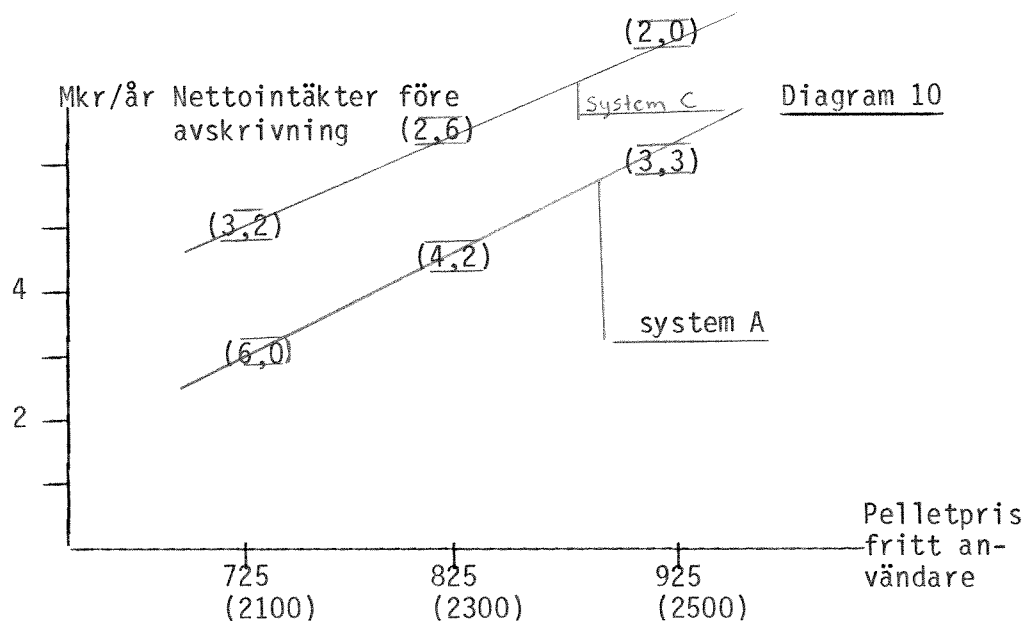
I tabellen nedan redovisas ändringar i intäkter och pay-offtid vid en ökning av kostnad för träddelar vid avlägg med 20 kr/ton TS (ca 10% kostnadsökning för råvaror) för system C och D.

SYSTEMANALYS I	System C		System D	
	Basfall 220 kr/ton TS	240 kr/tonTS	Basfall 220 kr/tonTS	240 kr/ton TS
Massaved/Skogsbränsle				
Investering	5,5	dito	9,0	dito
Nettointäkter (Mkr/år)	+ 1,47	+ 0,5	+ 3,34	+ 1,36
Procentuell ändring i intäkter	-	(-) 66%	-	(-) 59%
Pay-offtid (år)	3,7	11,0	2,7	6,6

SYSTEMANALYS II	System C		System D	
	Basfall 220 kr/ton TS	240 kr/tonTS	Basfall 220 kr/tonTS	240 kr/ton TS
Massaved/Pellet				
Investering	15,5	dito	24,0	dito
Nettointäkter (Mkr/år)	+ 6,31	+ 5,26	+13,47	+ 11,44
Procentuell ändring i intäkter	-	(-) 17%	-	(-) 15%
Pay-offtid (år)	2,5	2,9	1,8	2,1

En ökning av trädelskostnaden med 20 kr/ton TS medför att intäkterna minskar med 66 resp 59% för skogsbränslesystemet emedan intäkterna för pelletsystemet endast minskar med 17 resp 15 %.

Avgörande för pelletproduktionens lönsamhet är givetvis pelletbränslets betalningsförmåga och därmed kostnaden för eldningsolja 1. I diagram 10-11 redovisas terminalsystemens totalintäkter som funktion av pelletpris fritt användare.



FÖRKORTNINGAR OCH TERMER SOM ANVÄNDS I RAPPORTEN

td	träddelar
hr	hyggesrester
m ³ f	kubikmeter fast mått (i regel kompletterat med uppgift om vad som ingår)
m ³ f pb	kubikmeter fast mått på bark (verkliga volymen av hel stam eller stamdel inklusive bark)
m ³ f ub	kubikmeter fast mått under bark (verkliga volymen av hel stam eller stamdel exklusive bark)
m ³ sk	skogskubikmeter (volym av hel trädstam ovan stubbskåret inklusive bark, alltså exklusive grenar och rötter men inklusive stamtoppen)
m ³ f bio	kubikmeter biomassa fast mått (volym av hela trädet ovan stubbskåret inklusive bark, grenar och topp)
m ³ s	kubikmeter stjälpst mått (volymen av flis, sågspån, bark och liknande produkter mäts i olika transportkärl, högar osv; måttet anger materialets yttre volym)
m ³ t	kubikmeter travat mått (totalvolym för i trave eller liknande upplagt virke, dvs virke plus mellanrum)
TS	torrsubstans (materialmängd exklusive ingående vatten)
	1 m ³ f = 0,42 ton TS

LAGERKOSTNAD

Energiförbrukning för uppvärmningsändamål varierar betydligt mellan vinter- och sommarhalvåret. Bränsleförbrukningsvariationerna vid ett värmeverk dämpas dock något då fastbränsleeldning i regel ligger som baslast. Massaindustrins råvarubehov är däremot i det närmaste konstant över året. Vid upparbetning av träddelar uppstår därmed obalans beträffande produktion och avsättning för massaved och skogsbränsle över året. Överskott av massaved eller skogsbränsle måste lagras.

Fyra alternativa lösningar av produktions- och lagringsfrågan har studerats. Samtliga fall utgår från en terminal för upparbetning av 120 000 m³f träddelar per år vilket motsvarar en produktion av 32.500 ton TS/år massaved och 16 600 ton TS/år skogsbränsle (motsvarar terminal A, systemanalys I, kap 8).

Överskott av skogsbränsle alternativt massaved uppgår till 20% av årsproduktionen. Produktionskapaciteten vid terminalen är dimensionerad för en genomsnittsproduktion av 33 m³f/h och har en max kapacitet av 45 m³f/h. Genomsnittsproduktionen motsvarar 3600 driftstimmar per år (2-skift). Personalbehov per skift är, två personer.

Alt I a Terminalen anpassar produktionen till värmeverkets efterfrågan av skogsbränsle. Anpassning sker genom att variera produktionstiden.

Vinter	- 3 skift
Höst/vår	- 2 skift
Sommar	- 1 skift

<u>Konsekvenser</u>	<u>Kostnad</u>
2/3 av personalen måste sysselsättas med annan produktiv verksamhet under lågproduktionsperioden	kk/år 0
20% av massaveden måste lagras vilket medför en kapitalkostnad för markberedning och asfaltering av lageryta. (I = 600 kkr, 6000 m ² a 100 kr/m ²)	85
Räntekostnad för lagerhållning av 15 600 m ³ f massaved. (5 mån, 1% ränta/mån, värde 160 kr/m ³ f)	125
Summa	210

Alt I b Personalen kan ej sysselsättas med annan produktiv verksamhet

<u>Konsekvenser</u>	<u>Kostnader</u> kkr/år
Ökade personalkostnader (2 pers à 140 kkr/år)	280
Kostnad för lager av massaved	85
Räntekostnad för lager av massaved	125
Summa	490

Alt II

Terminalen anpassar produktionen till värmeverkets efterfrågan av skogsbränsle

Anpassning sker genom att öka produktionskapaciteten motsvarande värmeverkets maxbehov

<u>Konsekvenser</u>	<u>Kostnader</u> kkr/år
Kapaciteten på kvisttrumma, såll, rivare m m måste ökas med 50%, vilket leder till ökad investering motsvarande 30% av maskin- investering	200
Kostnad för lager av massaved	85
Räntekostnad för lager av massaved	125
Summa	410

Alt III Terminalen anpassar produktionen efter skogsindustrins massavedsbehov, vilket antas vara konstant över året. Överskott av skogsbränsle lagras utomhus i stack

<u>konsekvenser</u>	<u>Kostnad</u> kkr/år
Lagring av fuktigt bränsle medför lagringsförluster pga nedbrytning med upp till 10% (skogsbränslets värde 300 kr/ton TS).	100
Lagringskostnad för skogsbränsle (lageryta, inhyrd bandtraktor) (600 m ² a 100 kr/m ² , a 150 h 300 kr/h)	130
Räntekostnad för lager av skogsbränsle (6720 ton)	50

Anmärkning:

På grund av mikroorganismer, mögelbildning m m kan hantering av bränslet medföra "fliseldar sjuka". Fall III är därför ur hälso- och miljösynpunkt tveksamt.

Alt IV Terminalen anpassar produktionen efter skogsindustrins massavedsbehov. Överskott av skogsbränsle torkas och lagras under tak.

<u>konsekvenser</u>	<u>Kostnader</u> kkr/år
Kapitalkostnad för torkanläggning (I = 3 Mkr)	400
Kapitalkostnad för lagerbyggnad och lagerhanteringsutrustning (I = 2 Mkr)	260
Extra personalkostnad	140
Energiförlust vid torkning	30
Elbehov	10
Räntekostnad för lager av skogsbränsle	50
Summa	890

Betalningsförmåga 15 MW skogsbränsle (SK)/eldningsolja 5 (01)

Betalningsförmåga definieras här som det bränslepris vid vilket produktionskostnaden för skogsbränsleeldning per levererad värmemängd är lika med produktionskostnaden för fortsatt oljeeldning. Det vill säga betalningsförmågan för ett visst skogsbränslesortiment är en funktion av bl a investeringskostnad, driftkostnad och oljepris.

Antaganden

Investeringskostnad		1500 kr/kW, 22,5 Mkr
Baslastdrift		5000 h/a
Tillgänglighet		90%
Energiproduktion		74300 MWh/år
Verkningsgrad	SK	85%
	01	90%
Personalbehov	(SK)	6 personer
	(01)	2 x 0,5
ELbehov	(SK)	15 kWh el/MWh producerad värme
	(01)	7 " " "
Underhåll, försäkring		3,7% av
Skatt		investeringskostnaden
Bränslepris	Eo 5	1900 kr/m ³ , 176 kr/MWh
	skogs- bränsle	x kr/MWh
Avskrivningstid		15 år
Ränta		13%
Inflation		8%
Realränta		5%

Årskostnad 15 MW oljeeldning - fortsatt drift

Bränslekostnad	14 530	kkkr/år
Underhåll	180	"
Försäkrings/Skatt	40	"
El	220	"
Personal (140 kkr/år, person)	140	"

Summa årskostnad	15 110	kkkr/år
------------------	--------	---------

Årskostnad 15 MW konvertering till skogsbränsle

Kapitalkostnad	2 140	kkkr/år
Underhåll	680	"
Försäkring/Skatt	160	"
El	330	"
Personal	840	"
Bränslekostnad	$\frac{74,3 \cdot X}{0,85}$	

Summa årskostnad	$4150 + \frac{74,3 \cdot X}{0,85}$	kkkr/år
------------------	------------------------------------	---------

Betalningsförmåga

Årskostnad för fortsatt oljeeldning =

Årskostnad vid konvertering till skogsbränsle

$$15110 = 4150 + \frac{74,3 \cdot X}{0,85}$$

X = 125 kr/MWh

X = skogsbränslekostnad

Skogsbränsle

Fukthalt 50%

Effektiv värmevärde 4,6 MWh/ton TS

" 2,3 MWh/ton

Betalningsförmåga - skogsbränsle/olja

125 kr/MWh

575 kr/ton TS

288 kr/ton vid 50% fukthalt

Betalningsförmåga 5 MW skogsbränsle (SK)/eldningsolja 4 (01)

Antaganden

Investeringskostnad		1850 kr/kW, 9,3 Mkr
Baslastdrift		5000 h/a
Tillgänglighet		90%
Energiproduktion		24800 MWh/år
Verkningsgrad	SK	85%
	01	90%
Personalbehov	(SK)	4 personer
	(01)	2 x 0,5 personer
ELbehov	(SK)	15 kWh el/MWh producerad värme
	(01)	7 " " "
Underhåll, försäkring		3,7% av
Skatt		investeringskostnaden
Bränslepris	Eo 4 LS	2000 kr/m ³ , 190 kr/MWh
	skogs- bränsle	x kr/MWh
Avskrivningstid		15 år
Ränta		13%
Inflation		8%
Realränta		5%

Årskostnad 5 MW oljeeldning - fortsatt drift

Bränslekostnad	5 230	kkkr/år
Underhåll	60	"
Försäkrings/Skatt	15	"
El	75	"
Personal (140 kkr/år, person)	140	"
Summa årskostnad	5 450	kkkr/år

Årskostnad 5 MW konvertering till skogsbränsle

Kaptialkostnad	890	kkkr/år
Underhåll	280	"
Försäkring/Skatt	60	"
El	280	"
Personal	560	"
Bränslekostnad	$\frac{24,8 \cdot X}{0,85}$	
Summa årskostnad	$2070 + \frac{24,8 \cdot X}{0,85}$	kkkr/år

Betalningsförmåga

Årskostnad för fortsatt oljeeldning =

Årskostnad vid konvertering till skogsbränsle

$$5450 = \frac{24,8 \cdot X}{0,85} + 2070$$

$X = 116 \text{ kr/MWh}$

$X = \text{skogsbränslekostnad}$

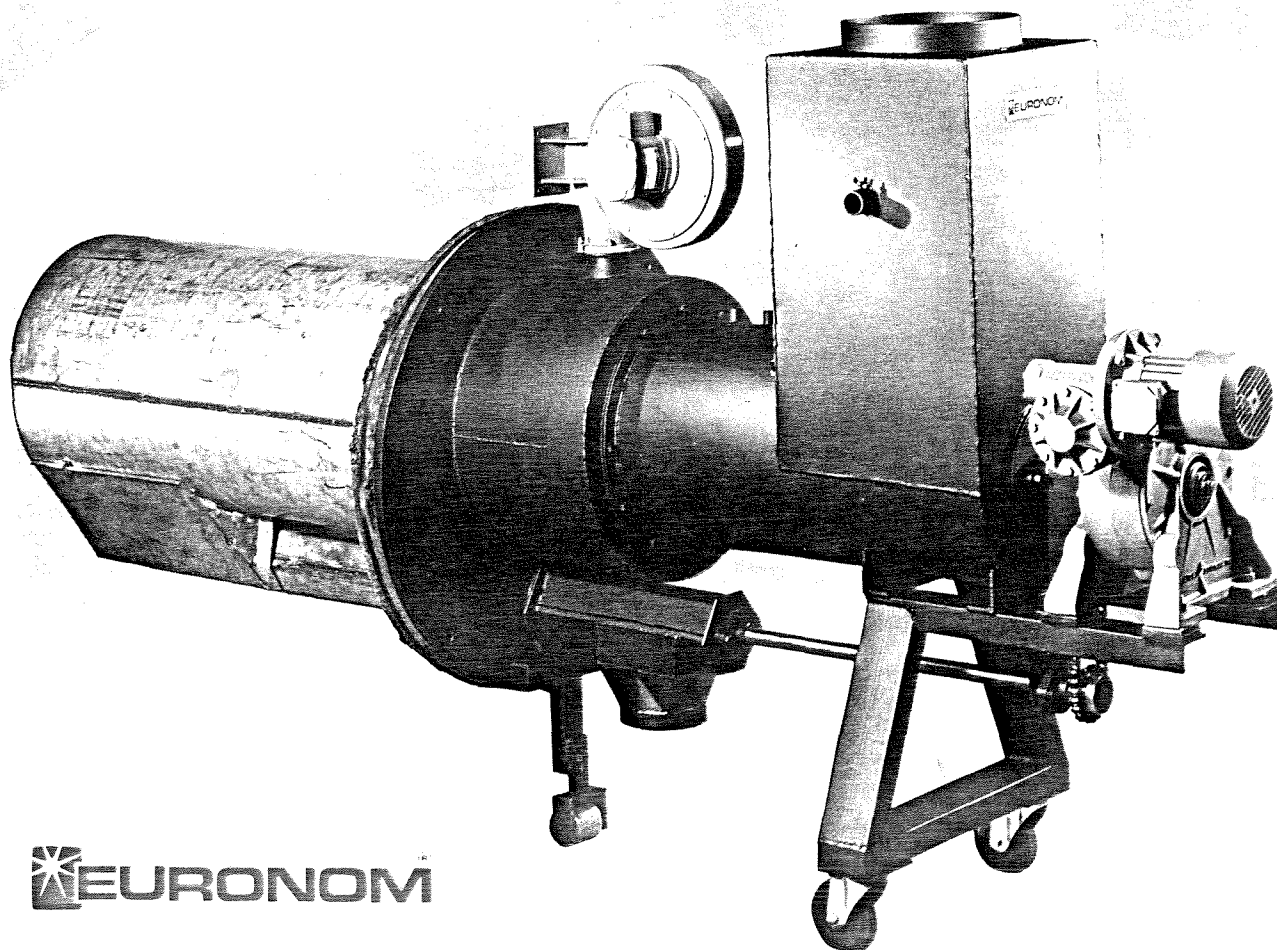
TEKNISK BESKRIVNING AV PELLETBRÄNNARE

Euronom stokerbrännare

Brännaren innefattar brännarhuvud med tillhörande stoker. Brännarhuvudet är i huvudsak uppbyggt av ett dubbelmantlat rör, bestående av framrör och yttermantel, var emellan förbränningsluften leds. Lutningen av brännaren gentemot horisontalplanet är varierbar inom området -10° till $+45^{\circ}$, vilket medför att en kontrollerbar termisk reaktionslängd kan erhållas för olika bränsletyper. (Vinkeln räknas negativt när brännarmynningen är den lägst placerade delen av brännaren).

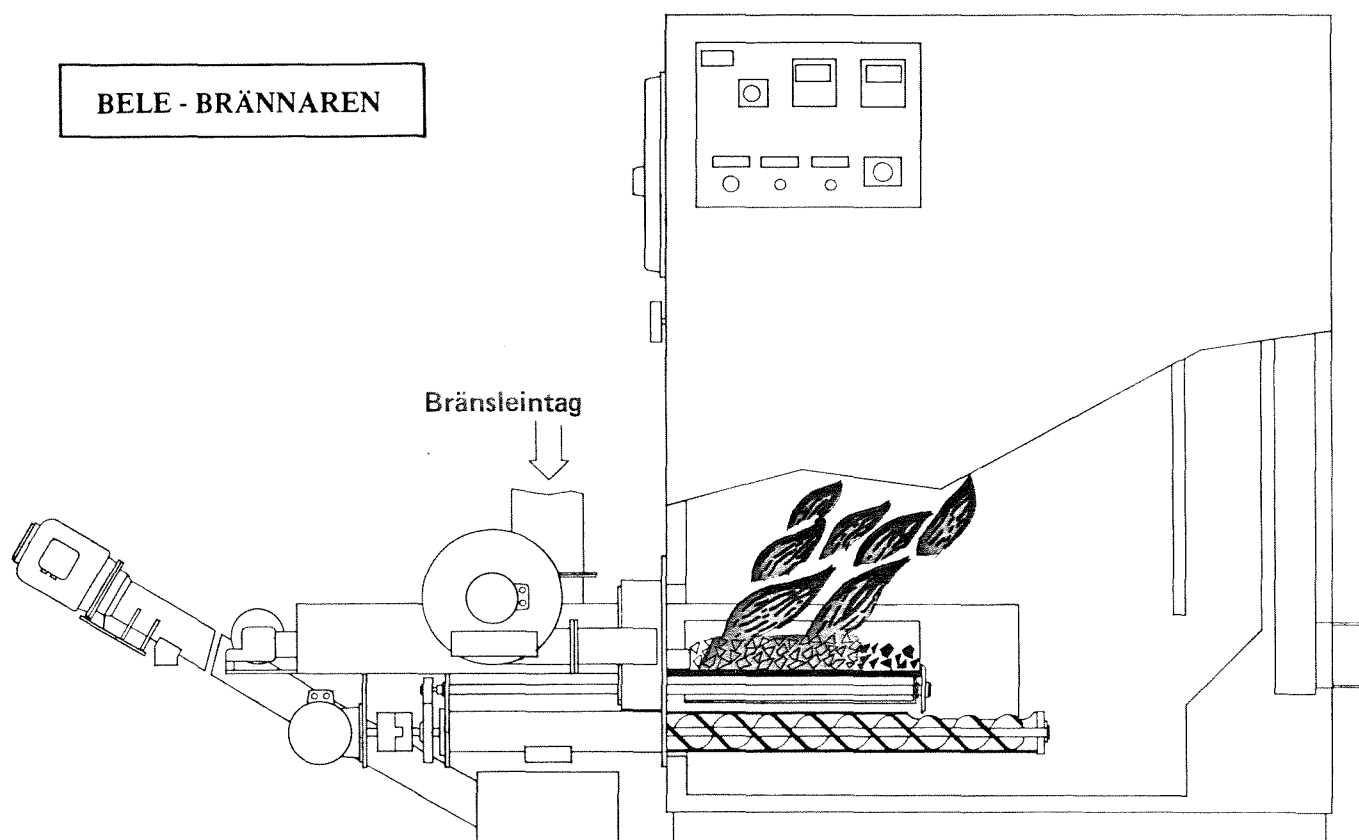
Lufttillförseln till brännaren ombesörjes av en luftfläkt, inkopplad vid bränsleintaget. Kapaciteten på brännaren styrs via automatik så att förbränningen avpassas till rådande belastning. Tillförseln av bränsle från magasin sker med skruv till brännarens pelletsbehållare.

Huvudsakliga förbränningen sker i brännaren, där förbränningsförloppet börjar med att bränslet förgasas understökiometriskt med primärluften. Den producerade gasen slutförbränns med hjälp av sekundär- och tertiärluft, tillfört i flamröret.

 **EURONOM**

BeLe-Brännaren

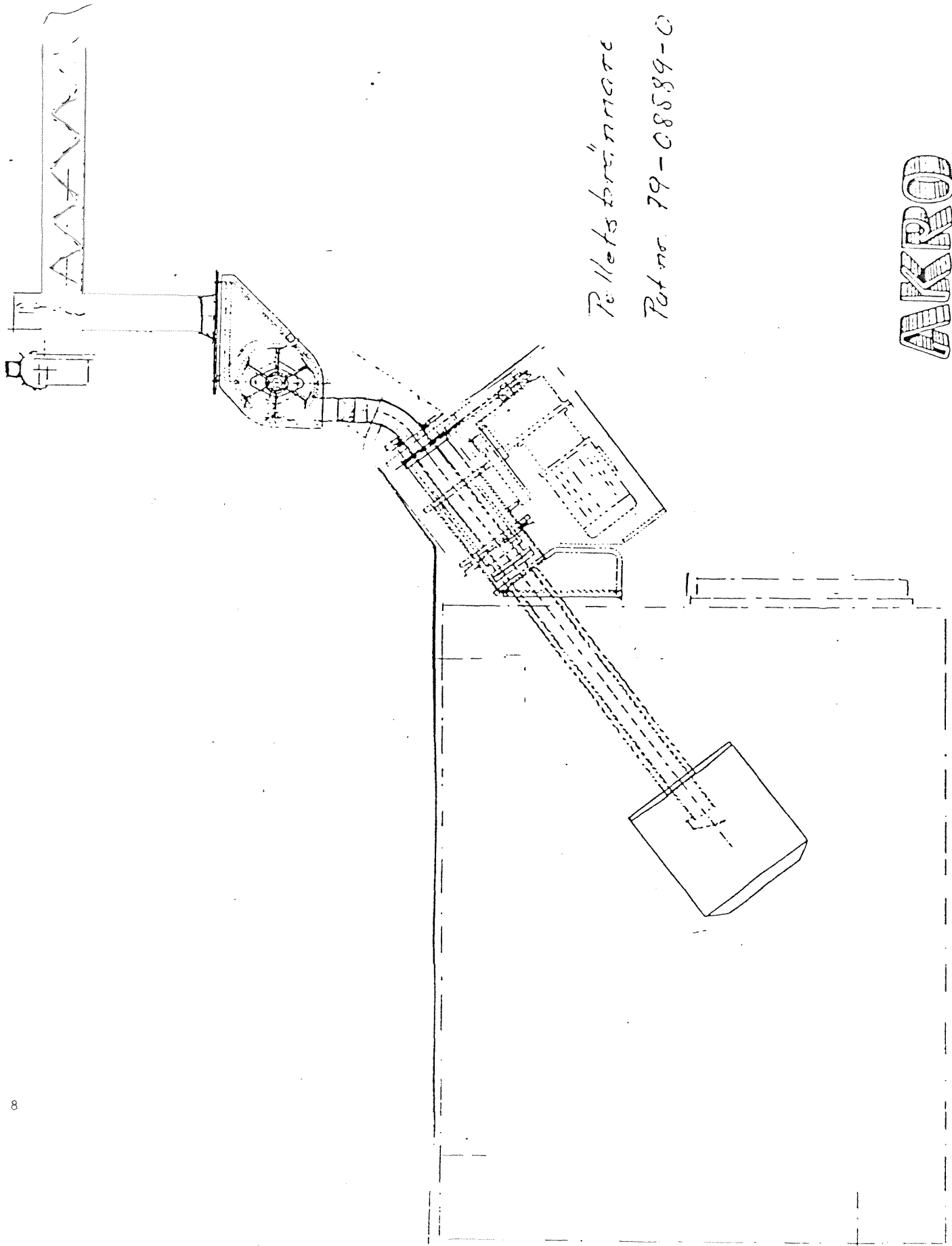
Förbränning sker på ett fast roster. Bränslet matas in satsvis på impuls av en temperaturkännare. Förbränningsluften förvärms genom passage mellan yttermantel och bränslehard, vilken därigenom kyles. Nedreglering sker genom sänkt varvtal på förbränningsluftfläkten. Slagg och aska skjuts succesivt av från bränsleharden efter hand som nytt bränsle matas in. Slaggen (sintrad aska) brytes ner till mindre stycken med hjälp av stältenar, som är fästade på en matningsskruv vilken matar ut aska och slagg ur pannan.



CALAB AB



ENERGIKONSULT
Angpanneföreningen



Pelletsbrännare

Pat. nr. 79-08589-0

AKRO

655 00 MIL SWEDEN TEL. 0354-372 30

AKRO-Brännaren

Från bränsleförrådet förs bränslet till en matarbehållare vid pannan genom självfall, via skruvmatare eller blåses fram. Bränslematningen till pelletbrännare sker automatiskt med en cellmatare från matarbehållare. Brännarautomatiken styrs via den befintliga panntermostaten.

Brännaren utgörs av en roterande, cylindrisk korg, i vilken bränslepellets tillförs via ett rör i ena kortsidan. Rotationen är just så stor (200 - 400 varv/min) att pellets av centrifugalkraften hålls kvar runt den cylindriska och perforerade brännarkorgens mantelyta. Förbränningsluften tillförs delvis genom en dysa intill härden varigenom bränslet en gång per varv utsätts för en kraftig luftström som åstadkommer en kontinuerlig avskning och således påskyndar förbränningen. Genom att avlägsna askan hindras även slaggbildning. Resten av förbränningsluften tillförs axiellt genom brännarens kortsida. Den primära förbränningen sker i korgen under visst luftöverskott, vilket medför att förbränningstemperaturen begränsas till ca 700°C.

Berg & Starck förugn

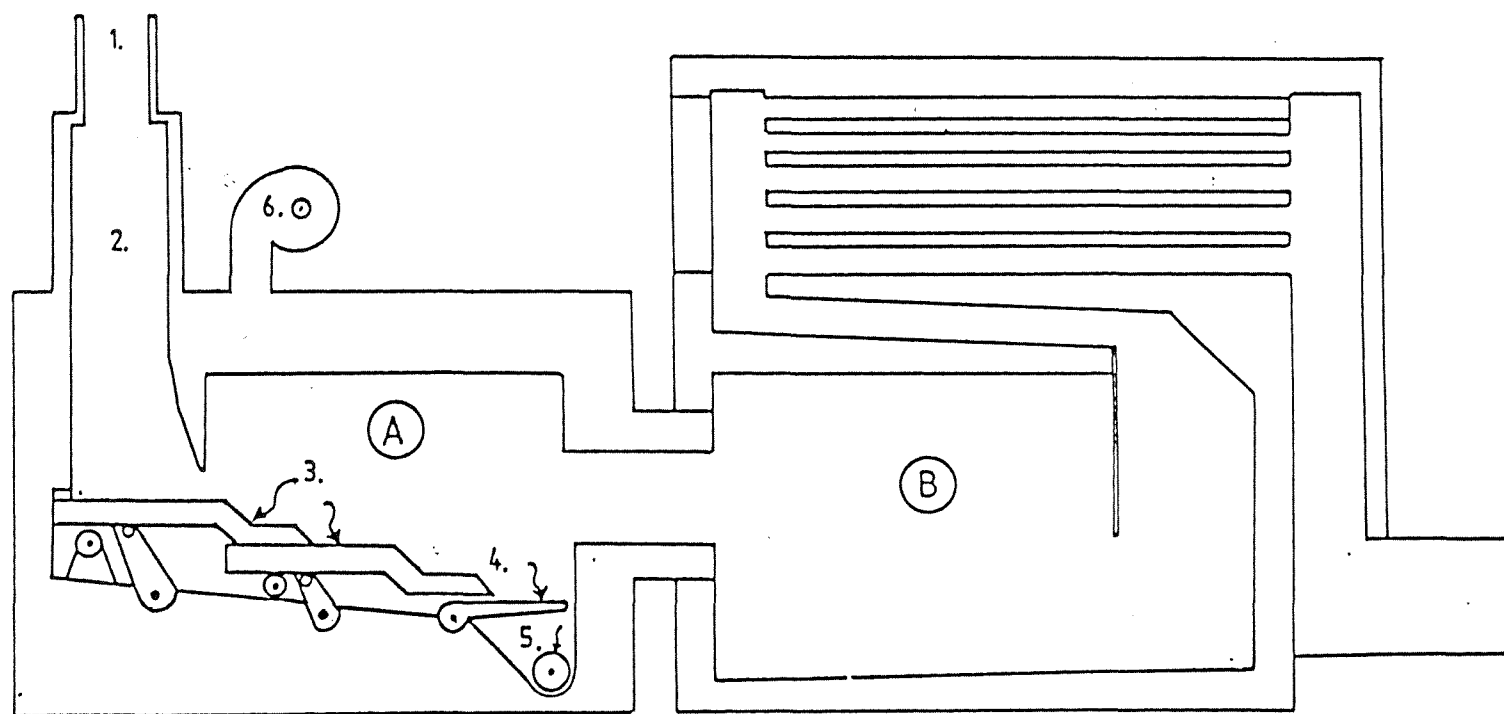
Förugnen är en fristående enhet med ett rörligt rostersystem. Rostersystemet består av ett antal rosterstavar i två steg. Varannan stav är rörlig med en fram och återgående rörelse förmedlat av ett system av medbringare svetsat på en axel. Den rörliga staven motsvaras av en fast i steget nedanför. På så sätt kommer rosten att arbeta med ett sicksack mönster. Nedanför det sista rörliga steget finns en plan och fast rost, vars uppgift är att hindra att oförbränt material följer med till ugnens slaggskruv. Rosten styrs via automatik så att inmatad bränslemängd avpassas till rådande belastning. Inmatning av bränsle till ugnens doseringslåda sker med skruv via brandsluss. Lufttillförseln till förbränning ombesörjes av primär- och sekundär luftfläkt.

Antändning av bränslet sker vid övre rostersteget. Under förbränningsförloppet matas bränsle ned mot planrosten, där eventuell bränsleåterstod förbränns. Från planrosten faller aska och slagg ned till ugnens slaggskruv för utmatning. Någon efterförbränning i pannans eldstadsrum förekommer inte.

Ⓐ BERG & STARCK FÖRUGN

Ⓑ ERYLPANNA (300 kW)

1. INMATNING AV PELLETS
2. DOSERINGSLÅDA
3. RÖRLIGA STEGRÖSTER
4. PLAN ROSTER
5. SLAGGSKRUV
6. PRIMÄRLUFTFLÄKT



JÖAB-förugn

Förugnen är en fristående magasineldad enhet, uppbyggd kring två stycken roterande rosterdon eller rostervalsar. Ugnsutrymmet ovanför rosteranläggningen upptas av flamrum och bränslemagasin, som avskiljs med hjälp av ett s k brännjärn. Förbränningsluften tillförs både underifrån genom rosterdonen och direkt till förbränningszonen under brännjärnet. Med rostervalsarnas rotation avskiljs kontinuerligt aska och slagg från förbränningszonen till ugnens askskruv, för utmatning.

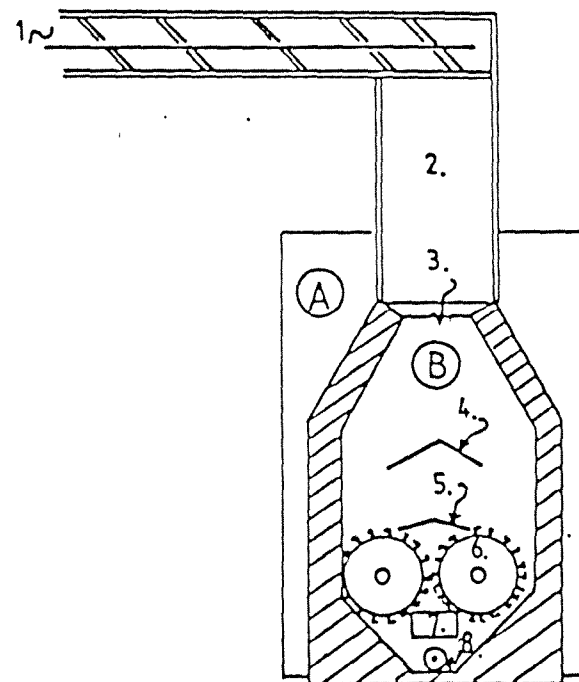
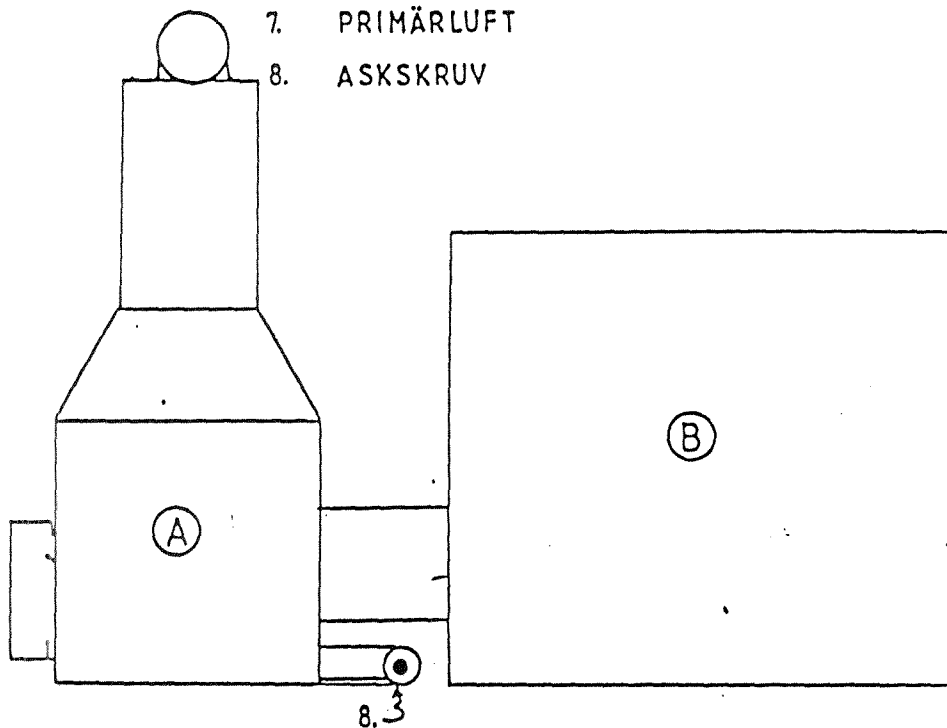
Kapacitetsreglering av ugnen styrs av termostat på pannans vattensida. Lufttillförseln ombesörjes av två stycken separata luftfläktar, monterade på ugnens framsida. Inmatning av bränsle till bränslemagasinet sker via ugnens doseringslåda.

Förbränningsmetoden bygger på självdrag för att enkelt kunna styra mängden av luft vid förgasning och förbränning. Förbränningsförloppet i ugnen karaktäriseras av att pellets kommer ner i ugnen, där förgasning sker med primärluften. En reduktionszon under brännjärnet förhindrar att primärluften kommer in i flamkanalen, där sekundärluften tillsätts. Slutförbränning sker i pannans eldstasrum.

Ⓐ JÖAB FÖRUGN

Ⓑ NORRAHAMMAR PANNA (120 kW)

1. SKRUV FÖR TRANSPORT AV BRÄNSLE
2. DOSERINGSLÅDA
3. BRÄNSLE INTAG
4. BRÄNNJÄRN
5. MELLANSTYCKE
6. ROSTDON
7. PRIMÄRLUFT
8. ASKSKRUV



Mekano-pelletbrännare

Brännaren innefattar en roterande trumma eller cylinder som baktill matas med bränsle och luft. Brännarcylindern är öppen framtill och har en spiralformad styrning, anordnad så att aska och slag automatiskt utmatas vid rotation under förbränningen.

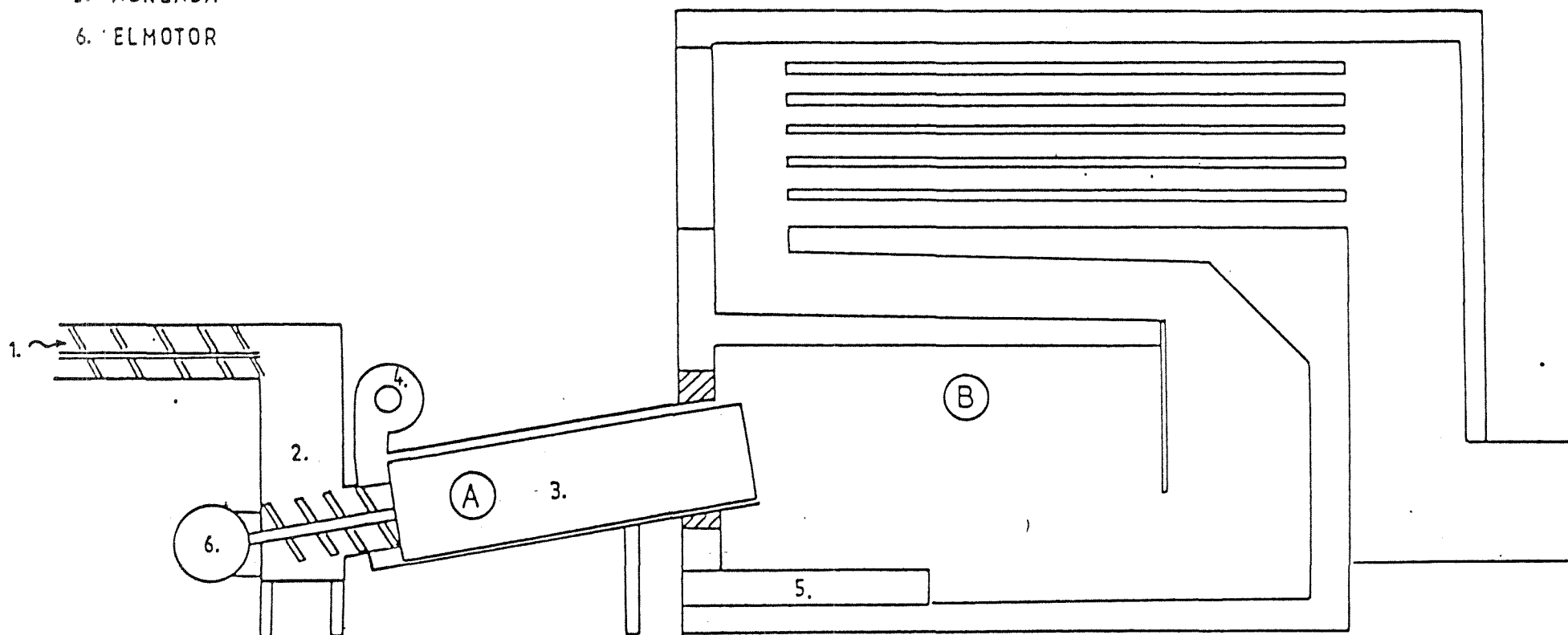
Brännarens rotationshastighet styrs via en givare i pannans vattensystem. Lufttillförseln till förbränning sker med två stycken fläktar, inkopplade vid bränsleinmatningen. Tillförsel av bränsle från magasin sker med skruv via brandsluss till brännare. Skruvar drivs med elmotor och snäckväxel.

Huvudsakliga förbränningen sker i brännarcylindern. Med den spiralformade styrningen och rotationen på cylindern får bränslet under förbränningen en längsgående rörelse mot pannan. Vid cylinderframkanten är bränslet utbränt och utmatas till en asklåda i eldstadens botten.

(A) MEKANO — PELLETSBRÄNNARE

(B) ERYL - PANNA (340 kW)

1. SKRUV FÖR TRANSPORT AV BRÄNSLE
2. PELLETSBEHÅLLARE
3. BRÄNNARE
4. LUFTFLÄKT
5. ASKLÅDA
6. ELMOTOR



SYSTEMANALYS I
Terminal A
Tabell 9a

RÅVARA	Träddelar (td)	50 000 ton TS/år
	Hyggesrester (hr)	-
PRODUKTION	Massaved	32 500 ton TS/år
	Skogsbränsle (td)	16 600 "
	Skogsbränsle (hr)	-
	Rejekt (förlust)	900 "

TRANSPORTAVSTÅND		
Skog/terminal,	träddelar	50 km
" "	, hyggesrester	-
Terminal/industri,	massaved	100 km
Terminal/värmeverk,	skogsbränsle	10 km
Skog/industri,	massaved	140 km
Kolhamn/värmeverk,	kol	200 km

SYSTEMANALYS 1 Tabell 9b
Terminal A

Systemkostnad	Massaved	Skogsbränsle
Råvara, träddeklar	220 kr/ton TS	220
Transport terminal	72	72
Driftkostnad	50	50
Rejekt förlust	-	15
Lagringskostnad	-	17
Transport, användare	64	17
Summa	(Sm) 406 kr/ton TS	(Sb) 391 kr/ton TS 87 kr/MWh

ALTERNATIV KOSTNAD					
	kr/ton TS			kr/ton	kr/MWh
Massaved fritt avlägg	350		Kol fritt hamn	465	
Transport	83		Transport	60	
Summa (Rm)	433	kr/ton TS	Summa	525 kr/ton	75 kr/MWh

INTÄKTER					
Skogsbränsle	- 12	kr/MWh	- 896	kkkr/år	
Massaved	+ 27	kr/ton TS	+ 878	kkkr/år	
Värde av till-skottskvantitet			+ 310	kkkr/år	
Summa intäkter			+ 292	kkkr/år	
Investering			10 000	kkkr	
Payofftid			34	år	

SYSTEMANALYS I
Tabell 10 a
Terminal B

RÅVARA	Träddelar (td)	50 000 ton TS/år
	Hyggesrester (hr)	17 500 "
PRODUKTION	Massaved	32 500 "
	Skogsbränsle (td)	16 600 "
	Skogsbränsle (hr)	16 600 "
	Rejekt (förlust)	1 800 "

TRANSPORTAVSTÅND		
Skog/terminal,	träddelar	50 km
" " ,	hyggesrester	28 km
Terminal/industri,	massaved	100 km
Terminal/värmeverk,	skogsbränsle	10 km
Skog/industri,	massaved	140 km
Kolhamn/värmeverk,	kol	200 km

SYSTEMANALYS I Tabell 10 b
Terminal B

	Massaved	Skogsbränsle	
Systemkostnad	Träddelar	ur träddelar	ur hyggesrester
Råvara	220 kr/ton TS	220	110
Transport terminal	72	72	79
Driftkostnad	51	51	51
Rejekt förlust	-	15	15
Lagringskostnad	-	17	17
Transport, användare	64	17	17
Summa (Sm)	407 kr/ton TS	(Sb) 392	289 kr/ton TS

ALTERNATIV KOSTNAD				
	kr/ton TS			kr/ton kr/MWh
Massaved fritt avlägg	350		Kol fritt hamn	465
Transport	83		Transport	60
Summa (Rm)	433	kr/ton TS	Summa	525 kr/ton 75 kr/MWh

INTÄKTER				
Skogsbränsle td	- 12	kr/MWh	- 896	kkkr/år
hr	+ 11		+ 822	
Massaved	+ 26	kr/ton TS	+ 845	kkkr/år
Värde av till- skottskvantitet			+ 310	kkkr/år
Summa intäkter			+ 1 081	kkkr/år
Investering			12 000	kkkr
Payofftid			11	år

SYSTEMANALYS
Tabell 11 a
Terminal C

RÅVARA	Träddelar (td)	50 000 tonTS/år
	Hyggesrester (hr)	-
PRODUKTION	Massaved	32 500 "
	Skogsbränsle (td)	16 600 "
	Skogsbränsle (hr)	-
	Rejekt (förlust)	900 "

TRANSPORTAVSTÅND		
Skog/terminal,	träddelar	50 km
" "	, hyggesrester	-
Terminal/industri,	massaved	-
Terminal/värmeverk,	skogsbränsle	60 "
Skog/industri,	massaved	50 "
Kolhamn/värmeverk,	kol	200 "

SYSTEMANALYS I
Terminal C
Tabell 11 b

Systemkostnad	Massaved	Skogsbränsle
Råvara, träddeklar	220 kr/ton TS	220
Transport terminal	72	72
Driftkostnad	33	33
Rejekt förlust	-	15
Lagringskostnad	-	17
Transport, användare	-	43
Summa (Sm)	325 kr/ton TS	(Sb) 400 kr/ton TS 89 kr/MWh

ALTERNATIV KOSTNAD			
	kr/ton TS		kr/ton kr/MWh
Massaved fritt avlägg	350	Kol fritt hamn	465
Transport	40	Transport	60
Summa (Rm)	390 kr/ton TS	Summa	525 kr/ton 75 kr/MWh

INTÄKTER			
Skogsbränsle	- 14 kr/MWh	- 1 046 kkr/år	
Massaved	+ 65 kr/ton TS	+ 2 212 kkr/år	
Värde av till-skottskvantitet		310 kkr/år	
Summa intäkter		+ 1 476 kkr/år	
Investering		5 500 kkr	
Payofftid		3,7 år	

SYSTEMANALYS
Tabell 12 a
Terminal D

RÅVARA	Träddelar (td)	100 000 ton TS/år
	Hyggesrester (hr)	-
PRODUKTION	Massaved	65 000 "
	Skogsbränsle (td)	33 200 "
	Skogsbränsle (hr)	-
	Rejekt (förlust)	1 800

TRANSPORTAVSTÅND		
Skog/terminal,	träddelar	70 km
" "	, hyggesrester	- "
Terminal/industri,	massaved	- "
Terminal/värmeverk,	skogsbränsle	60 "
Skog/industri,	massaved	70 "
Kolhamn/värmeverk,	kol	200 "



SYSTEMANALYS I

Tabell 12 b

Terminal D

Systemkostnad	Massaved	Skogsbränsle
Råvara, träddeklar	220 kr/ton TS	220
Transport terminal	88	88
Driftkostnad	18	18
Rejekt förlust	-	15
Lagringskostnad		17
Transport, användare		43
Summa (Sm)	326 kr/ton TS	(Sb) 401 kr/ton TS 89 kr/MWh

ALTERNATIV KOSTNAD			
	kr/ton TS	kr/ton TS	kr/ton kr/MWh
Massaved fritt avlägg	350	Kol fritt hamn	465
Transport	50	Transport	60
Summa (Rm)	400 kr/ton TS	Summa	525 kr/ton 75 kr/MWh

INTÄKTER			
Skogsbränsle	- 14	kr/MWh	- 2 090 kkr/år
Massaved	+ 74	kr/ton TS	+ 4 810 kkr/år
Värde av till-skottskvantitet			620 kkr/år
Summa intäkter			+ 3 340 kkr/år
Investering			9 000 kkr
Payofftid			2,7 år

SYSTEMANALYS I
Tabell 13 a
Terminal E

RÅVARA	Träddelar (td)	-
	Hyggesrester (hr)	35 000 ton TS
PRODUKTION	Massaved	-
	Skogsbränsle (td)	-
	Skogsbränsle (hr)	33 200 "
	Rejekt (förlust)	1 800 "

TRANSPORTAVSTÅND		
Skog/terminal,	träddelar	-
" " ,	hyggesrester	40 km
Terminal/industri,	massaved	-
Terminal/värmeverk,	skogsbränsle	10 km
Skog/industri,	massaved	-
Kolhamn/värmeverk,	kol	200 km



SYSTEMANALYS

Tabell 13 b

Terminal E

Systemkostnad	Massaved	Skogsbränsle
Råvara,		110 kr/ton TS
Transport terminal		90
Driftkostnad		56
Rejekt förlust		10
Lagringskostnad		-
Transport, användare		17
Summa		(Sb) 283 kr/ton TS 63 kr/MWh

	kr/ton
kol till hamn	465
transport	60
Summa	525 75 kr/MWh

INTÄKTER			
Skogsbränsle	+ 12	kr/MWh	+ 1 790 kkr/år
Summa intäkter			+ 1 790 kkr/år
Investering			6 500 kkr
Payofftid			3,6 år

SYSTEMANALYS -II Tabell 15
Terminal A

Systemkostnad	Massaved	Pellet ur träddeklar	Pellet ur hyggesrester
Råvara	220 kr/ton TS	220 kr/ton TS	kr/ton TS
Transport terminal	72 "	72 "	"
Driftkostnad, skogsbränsle, massaved	50 "	50 "	"
Driftkostnad, pelletproduktion	- "	102 "	"
Rejekt förlust	- "	15 "	"
Torkkostnad	- "	57 "	"
Transport, användare	64 "	55 "	"
Summa	406 kr/ton TS	571 kr/ton TS	kr/ton TS

ALTERNATIV KOSTNAD			
	kr/ton TS		kr/ton TS
Massaved fritt avlägg	350	Försäljningspris Pellet	
Transport industri	83	fritt användare	
Summa (Rm)	433 kr/ton TS	Summa	825 kr/ton TS

INTÄKTER (netto)			
Pellet (td)	254 kr/ton TS	3 556	kkkr/år
Pellet (hr)	- kr/ton TS	-	kkkr/år
Massaved	27 kr/ton TS	878	kkkr/år
Värde av till-skottskvantitet		310	kkkr/år
Summa intäkter		4 744	kkkr/år
Investering		20 000	kkkr
Payofftid		4,2	år

SYSTEMANALYS II Tabell 16
Terminal B

Systemkostnad	Massaved	Pellet ur träddeklar	Pellet ur hyggesrester
Råvara	220 kr/ton TS	220 kr/ton TS	110 kr/ton TS
Transport terminal	72 "	72 "	79 "
Driftkostnad, skogsbränsle, massaved	51 "	51 "	51 "
Driftkostnad, pelletproduktion	- "	70 "	70 "
Rejekt förlust	- "	15 "	15 "
Torkkostnad	- "	57 "	41 "
Transport, användare	64 "	70 "	70 "
Summa	407 kr/ton TS	550 kr/ton TS	436 kr/ton TS

ALTERNATIV KOSTNAD			
	kr/ton TS		kr/ton TS
Massaved fritt avlägg	350	Försäljningspris Pellet	
Transport industri	83	fritt användare	
Summa (Rm)	433 kr/ton TS	Summa	825 kr/ton TS

INTÄKTER (netto)			
Pellet (td)	275 kr/ton TS	3 850	kk/år
Pellet (hr)	389 kr/ton TS	5 446	kk/år
Massaved	26 kr/ton TS	845	kk/år
Värde av till-skottskvantitet		310	kk/år
Summa intäkter		10 451	kk/år
Investering		27 000	kk
Payofftid		2,6	år

SYSTEMANALYS II Tabell 17
Terminal C

Systemkostnad	Massaved	Pellet ur träddeklar	Pellet ur hyggesrester
Råvara	220 kr/ton TS	220 kr/ton TS	kr/ton TS
Transport terminal	72 "	72 "	"
Driftkostnad, skogsbränsle, massaved	33 "	33 "	"
Driftkostnad, pelletproduktion	- "	102 "	"
Rejekt förlust	- "	15 "	"
Torkkostnad	- "	57 "	"
Transport, användare	- "	55 "	"
Summa	325 kr/ton TS	554 kr/ton TS	kr/ton TS

ALTERNATIV KOSTNAD			
	kr/ton TS		kr/ton TS
Massaved fritt avlägg	350	Försäljningspris Pellet fritt användare	825
Transport industri	40		
Summa (Rm)	390 kr/ton TS	Summa	825 kr/ton TS

INTÄKTER (netto)			
Pellet (td)	271 kr/ton TS	3 794	kkkr/år
Pellet (hr)	- kr/ton TS	-	kkkr/år
Massaved	65 kr/ton TS	2 212	kkkr/år
Värde av till-skottskvantitet		310	kkkr/år
Summa intäkter		6 316	kkkr/år
Investering		15 500	kkkr
Payofftid		2,5	år

SYSTEMANALYS II Tabell 18
Terminal D

Systemkostnad	Massaved	Pellet ur träddeklar	Pellet ur hyggesrester
Råvara	220 kr/ton TS	220 kr/ton TS	kr/ton TS
Transport terminal	88 "	88 "	"
Driftkostnad, skogsbränsle, massaved	18 "	18 "	"
Driftkostnad, pelletproduktion	- "	70 "	"
Rejekt förlust	- "	15 "	"
Torkkostnad	- "	57 "	"
Transport, användare	- "	70 "	"
Summa	326 kr/ton TS	538 kr/ton TS	kr/ton TS

ALTERNATIV KOSTNAD			
	kr/ton TS		kr/ton TS
Massaved fritt avlägg	350	Försäljningspris Pellet fritt användare	825
Transport industri	50		
Summa (Rm)	400 kr/ton TS	Summa	825 kr/ton TS

INTÄKTER (netto)			
Pellet (td)	287 kr/ton TS	8 036	kkkr/år
Pellet (hr)	- kr/ton TS	-	kkkr/år
Massaved	74 kr/ton TS	4 810	kkkr/år
Värde av till-skottskvantitet		620	kkkr/år
Summa intäkter		13 466	kkkr/år
Investering		24 000	kkkr
Payofftid		1,8	år

SYSTEMANALYS II

Tabell 19

Terminal E

Systemkostnad	Pellet ur hyggesrester
Råvara	110 kr/ton TS
Transport terminal	90 "
Driftkostnad, skogs- bränsle, massaved	56 "
Driftkostnad, pelletproduktion	70 "
Rejekt förlust	15 "
Torkkostnad	43 "
Transport, användare	70 "
Summa	454 kr/ton TS

ALTERNATIV KOSTNAD	
	kr/ton TS
Försälj- ningspris Pellet fritt användare	
Summa	825 kr/ton TS

Summa intäkter	371 kr/ton TS	10 388	kkkr/år
Investering		21 500	kkkr
Payofftid		2,1	år

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forkningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Värmeverksföreningen
- Övrig industri

Värmeforsk samarbetar med Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK).

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Box 1765 · 111 87 Stockholm
Tek: 08-7900600 · Fax 08-796 00 37