VÄRMEFORSK

Säker hantering av gaser från biobränsletorkar

Ingemar Kristensson

DELPROGRAM TORKNING AV BIOBRÄNSLE 644

Säker hantering av gaser från biobränsletorkar

Safe handling of gases from biomass driers

Ingemar Kristensson
Vattenfall Energisystem AB

T9-611

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM - TEL 08/677 25 80
Oktober 1998
ISSN 0282-3772

Förord

Detta projekt har varit möjligt att genomföra tack vare följande personers och företags välvilliga delaktighet:

- VÄRMEFORSK - Värmeforsk Service AB - som har varit finansiär av projektet.
- Borås Energi, Rya kraftvärmeverk, Borås, på vars biobränsletork mätningar har genomförts.
- Södra Träpulver AB, Ulricehamn, på vars tork mätningar också har genomförts.
- Olle Moberg AB Ekerö, som utförde mätningarna i Borås.
- Miljökonsulterna i Nyköping, Vattenfall Energisystem AB, som utförde mätningarna i Ulricehamn.
- Vattenfall Utveckling AB som lånade ut sin FTIR-analysator till mätningarna i Ulricehamn.
- Karin Emilsson, Södra Cell AB och Evert Eriksson, Härjedalen Mineral AB som har deltagit i referensgruppen.

Ingemar Kristensson

Abstract

I denna studie har undersökts om gaser från biobränsletorkar är brand- och explosionsfarliga. För ändamålet har mätningar utförts på biobränsletorkarna i Borås och Ulricehamn. Vid dessa mätningar uppmättes som högst en totalkolvätehalt på 1,5 vol % i gaserna. Slutsatsen av detta resultat är att inga särskilda åtgärder behöver vidtagas med hänsyn till kolvätehaltens brand- och explosionsfarlighet.

Sammanfattning

Vid hantering av gaser från biobränsletorkar har frågan väckts om dessa är brand- och explosionsfarliga. Och om de är det hur de då i så fall bör hanteras för att undanröja denna fara.

Vattenfall Energisystem AB fick då i uppdrag av Värmeforsk att utföra en studie för att utröna om gaserna är brand- och explosionsfarliga, samt att föreslå åtgärder för att undvika brand och explosion.

Mätningar har utförts på biobränsletorkarna hos Södra Träpulver i Ulricehamn och Borås Energis Rya Kraftvärmeverk i Borås. Vid dessa mätningar uppmättes en totalkolvätehalt mellan 193 vol-ppm och 334 vol-ppm för torken i Ulricehamn. För Rya Kraftvärmeverks biobränsletork uppmättes 1,5 vol %.

Skillnaderna i totalkolvätehalt mellan de båda anläggningarna ligger i att de har olika torkprinciper. Borås torken arbetar enligt principen indirekt torkning. Den tar in biobränslet på ena sidan i en ”värmeväxlare”. På andra sidan i ”värmeväxlaren” kommer ånga från fastbränslepannorna. Både vid in och utmatning av biobränslet passeras slussmatare. Dessa har till uppgift att minska inläckage av luft. En stor del av gasen som lämnar torken är vattenånga och gaser som avgår från biobränslet.

Torken i Ulricehamn värms direkt med rökgaser från en brännkammare. Dessa rökgaser kommer i direkt kontakt med biobränslet. På så sätt späds gaser och vattenång som avgår från biobränslet med rökgaserna, vilket ger en lägre totalkolvätehalt.

För att definiera gasers brännbarhet används begreppet brännbarhetsområde. Det beskriver de blandningsförhållanden mellan den aktuella gasen och luft som bildar en brännbar gas/luft-blandning. Gas/luftblandningen kan endast antändas inom sitt brännbarhetsområde. Utanför detta område kan inte gasblandningen antändas. Gränserna för brännbarhetsområdet kallas för undre - respektive övre brännbarhetsgräns. Undre brännbarhetsgränsen för de vanligaste förekommande kolvätena ligger 1,5 till 5,3 vol-%.

I en brännbar gas finns det för det mesta inte enbart ett kolväte utan gasen består av en blandning av flera olika kolväten. Varje ingående kolväte påverkar den totala gasblandningens brännbarhetsområde både med sitt eget brännbarhetsområde men även med hur stor andel av den totala volymen den utgör av den totala gasblandningen.

Med detta resonemang kommer vi fram till att för kolvätesammansättningen i gaser från biobränsletorkar får en undre brännbarhetsgräns som ligger över 1,5 vol %. Detta får till resultat att dessa gaser inte behöver anses som brännbara.

Om gaserna släpps ut i luften kommer en utspädning att ske och därmed kommer totalkolvätehalten att sjunka. Detta medför att marginalen till undre brännbarhetsgränsen ökar.

När det har konstaterats att gaserna inte är brännbara innebär detta att inga särskilda åtgärder behöver vidtagas med hänsyn till kolvätehaltens brand- och explosionsfarlighet.

Summary

The question has been awaked whether gases produced in driers for biomass are to be regarded as explosive or flammable. If the gases are hazardous in this regard, how should they be handled to aviod the risks involved.

Vattenfall Energisystem AB has been asked by Värmeforsk to carry out a study in order to determine if the gases produced (in biomass driers) are flammable and explosive and also suggest measures to be taken aviod or minimize these risks.

Field analyses have been carried out on the biomassdriers located at Södra Träpulver plant in Ulricehamn and at Borås Energi AB Rya combined heat and power plant. Analyses of gases produced in the dryer in Ulricehamn gave readings of total hydrocarbon content of 193 ppm (v/v) and 334 ppm (v/v). For the drier at Rya combined heat and power plant 1,5 % (v/v) was measured.

Differences in total hydrocarbon content in the gas between the two plants can be related to the different principles in drier techniques applied. In Borås the drier is indirectly heated. The feed of biomass is via a ”heatexchanger” placed at one side. Opposite side in the ”heatexchanger” steam from the biomass boiler is injected. Both when biomass is fed and discharged it passes airtight gatevalves. These are designed to minimize airflow into the dryer. This gives the effect that flue gases from the drier contain steam and other gases deriving from the biomass.

The drier in Ulricehamn i directly heated by flue gas from a combustor. The flue gases are exposed to the biomass. The moisture and other gases released from the biomass are diluted by the fluegases which results in lower readings of hydrocarboncontent compared to the steam driers.

To define the flammability of the gases the terrm explosion range is used. It describes the relation of air and produced gas that will result (create) in an explosive mixture. The gas/air mixture can only be ignited when it is whithin the explosive range. Other mixtures outside the explosion range will not ignite. The limits of the explosion range are defined as lower explosion limit (LEL) and upper explosion limit (UEL). Lower explosion limit (LEL) for the most frequent hydrocarbons normaly varies between 1,5 to 5,3 % (v/v).

A flammable gas often contain a mixture of several hydrocarbons. Each single hydrocarbon will affect the explosion limits of the gas mixture. The effect on the gasmixture by the separate components depends on the explosion limits and concentration each single hydrocarbon represented.

This discussion leads to the statement that hydrocarbon content in gases produced in driers for biomass normally will be lower than 1,5 % (v/v). One result of this is that drier gases not have to bee regarded as explosion hazardous.

If the gases from the driers are further diluted by ambient air the concentration of hydrocarbons will be lowered. This gives a larger safety margin to reach the lower explosion limit.

When it has been defined that the gas mixtures released from driers for biomass not are flammable or explosion hazardous, no further measures are recommended (found necessary) to reduce the risk of uncontrolled fire or explosion.

Innehåll:

1. BAKGRUND **7**

2. MÅL FÖR STUDIEN **7**

3. ANLÄGGNINGSBESKRIVNING **7**

3.1 BORÅS 7
3.2 ULRICEHAMN 8
3.3 BENÄMNING PÅ GASER FRÅN TORK 9

4. GENOMFÖRANDE **9**

4.1 BORÅS 10
4.1.1 Första mätningen 10
4.1.2 Andra mätningen 11
4.2 ULRICEHAMN 12

5. RESULTAT **13**

5.1 BORÅS 13
5.1.1 Första mätningen 13
5.1.2 Andra mätningen 14
5.2 ULRICEHAMN 14

6. DEFINITION AV BRÄNNBARHETSOMRÅDE **15**

7. DISKUSSION OCH SLUTSATSER **16**

8. FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE **17**

9. REFERENSER **18**

1. Bakgrund

Användningen av biobränsletorkar har ökat under 90-talet till största delen beroende på att man har velat ersätta kol och olja med just biobränslen. Den har dock för hög fuktighet för att kunna eldas i pannor som tidigare har eldats med kol och olja utan att kräva avsevärda ombyggnader. Genom att minska fuktigheten är det möjligt att elda biobränslet i en panna som tidigare har eldats med kol. En annan anledning till att man önskar torka biobränslet är att fuktigheten kan variera kraftigt. För att få bättre driftförhållanden på pannan så torkas bränslet till en jämn och låg fuktighetsnivå.

Tidigare har Värmeforsk initierat undersökningar av biobränsletorkar med avseende på olika torkningsmetoder, miljöpåverkan orsakad av emitterade organiska föroreningar från torkningsprocessen samt drift- och underhållserfarenheter (rapport 479). Vattenfall Energisystem AB har fått i uppdrag att identifiera eventuella risker med hanteringen av gaserna som bildas i torkningsprocessen med avseende på brand och explosion samt att föreslå åtgärder för att minska dessa risker. Åtgärder skall också konkretiseras för att kunna appliceras på Borås Energis torkanläggning.

2. Mål för studien

I samband med att gaserna från biobränsletorken hanteras har det befarats att de skulle innehålla brännbara gaser och därmed vara brand- och explosionsfarliga. Detta skulle då få till följd att avgaserna skall behandlas som energigas, som t ex biogas eller gasol, med de regelverk som gäller för dessa. Målet för studien är att utröna om gasernas kolvätehalt är så höga att de kan anses vara brand- och explosionsfarlig. Om så är fallet ingår det i studien att också komma med förslag på hur riskerna med hanteringen av gaserna kan bringas ner till ett minimum.

Mätningarna har utförts tillsammans med Värmeforskprojektet Teknisk och miljömässig analys av biobränsletorkar, där även en sammanfattning av denna rapport finns med.

Rapporten vänder sig i första hand till anläggningsägare som har eller står i begrepp att bygga en biobränsletork.

3. Anläggningsbeskrivning

3.1 Borås

Biobränsletorken i Borås ingår som en del i Borås Energis största produktionsanläggning Ryaverket. Det består av två stycken fastbränslepannor. Nominell kapacitet är 100 ton ånga per timme och panna. Torken har till uppgift att torka skogsbränsle till de båda fastbränslepannorna.

Det fuktiga skogsbränslet matas via en slussmatare och transportör in i biobränsletorken. Skogsbränslet har en fukthalt på ungefär 50 % före torkning. Torken arbetar enligt principen långsamt fluidiserad bädd med den avdrivna fukten i ångfas. Detta kan ske då skogsbränslet i torken är fluidiserat och således har vätskeliknande egenskaper. Trycket inne i torken är 3,8 bar(a).

Som värmande medium vid torkningen används processånga från pannorna som överförs genom en värmeväxlare placerad i mitten av torken. I en ångomformare före torken sänks ångans temperatur till 235 ºC. Ångtrycket varierar beroende på torkens last. Ångan kondenserar och blandas med kondensatet från turbinanläggningen.

Vid torkprocessen uppvärms biobränslet i torken till cirka 150°C. Vid denna temperatur kan bränslet delvis sönderdelas och ämnen som ättiksyra, fomaldehyd, metanol, mm. kan då finnas närvarande i gaser och kondensat från torken.

Det torkade bränslet matas ur torken via en slussmatare och transportörer vidare till fastbränslepannan. Då ligger fukthalten i biobränslet på ungefär 15 %.

Gaserna (eller som kanske mera berättigat att kalla gaserna för i Borås biobränsletorks fall, smutsångan) tas ut från toppen på torken. Det finns möjlighet att släppa gaserna över tak om gasbehandlingssystemet är ur funktion eller trycket i torken skulle stiga över 3,9 bar(a).

Det normala driftfallet är att gaserna som kommer från torken leds till 4 värmeväxlar som ligger i serie. Dessa värmeväxlare kyls dels med fjärrvärmevatten och dels med spädvatten till ångpannan. Efter första värmeväxlaren sitter ett kondensatkärl placerat. Från toppen på detta kondensatkärl tas en del av gaserna ut för att föras in i pannans eldstad för destruktion. Trycket i kondensatkärl är något över 1 bar (ö) och har således en temperatur över 100°C.

Från botten på kondensatkärlet leds kondensatet från gaserna vidare till de återstående värmeväxlare för att slutligen samlas upp i en kondensattank. Kondensattanken är trycklös. Ventilationsluften från denna kan ledas via en tryckstegringsfläkt till pannan och förbrännas på samma sätt som avgasen från kondensatkärlet.

Eftersom kondensatet från torken är mycket surt är man tvungen att tillsätta alkalier för att neutralisera detta. Detta görs i denna kondensattank. Efter neutralisationen släpps kondensatet till avlopp.

3.2 Ulricehamn

I Ulricehamn torkas biobränslet för att sedan bli pellets som sedan distribueras till olika användare i Västsverige. Torkanläggningen är en medströms rökgastork av trommeltyp (fabrikat Overhof & Altmeier). Rökgaser genereras av träpulvereldade brännare som via en blandningskammare direkt är ansluten till torktrumman. Förbränningsluft tillsätts vid brännaren samt även i blandningskammaren. Efter torken renas gasen med cykloner innan den emitteras genom skorstenen. Torkgodset faller huvudsakligen ur torktrumman till en utmatningsskruv dit även den torkgodsfraktion som avskiljts i cyklonerna förs.

Normal temperatur i brännkammaren (efter förbränningen) är ca 1100°C och vid inloppet till torktrumman ca 550 - 600°C. Efter torktrumman är gastemperaturen ca 120°C.

Brännarna till torkgasproduktionen eldas med torkat träpulver från den egna produktionen. Träpulver förs från utmatningsskruven till en silo som rymmer bränsle för 12 timmars produktion.

3.3 Benämning på gaser från tork

I detta kapitel har det beskrivits utförandet och principerna för de båda anläggningarna där mätningarna har utförts. För att reda ut begreppen vill jag här ge en förklaring. I Borås-torken används ånga för uppvärmning. Gaserna från torken innehåller mycket vattenånga. Detta leder till att man i Borås talar om ***smutsånga*** när man pratar om gaserna från torken. I Ulricehamn används rökgaser från en panna som torkmedium. Analogt med detta säger man här ***avgaser*** när man pratar om gaserna från sin tork. Detta kan leda till förvirring för läsaren, så jag har därför valt att här i denna rapport benämna smutsånga respektive avgaser för just bara ***g a s e r***.

4. Genomförande

I projektet har två olika torktyper inkluderats:

- ångtorkning; kort uppehållstid, låg konstant torktemperatur.
- rökgastorkning; lång uppehållstid, hög initial torktemperatur.

Anläggningarna som ingått i projektet är Ulricehamn (rökgastorkning) och Borås Energis kraftvärmeverk (ångtorkning). Mätningar har inom ramen för detta projekt genomförts vid anläggningen i Ulricehamn under februari 1998 och i Borås februari 1997 och februari 1998.

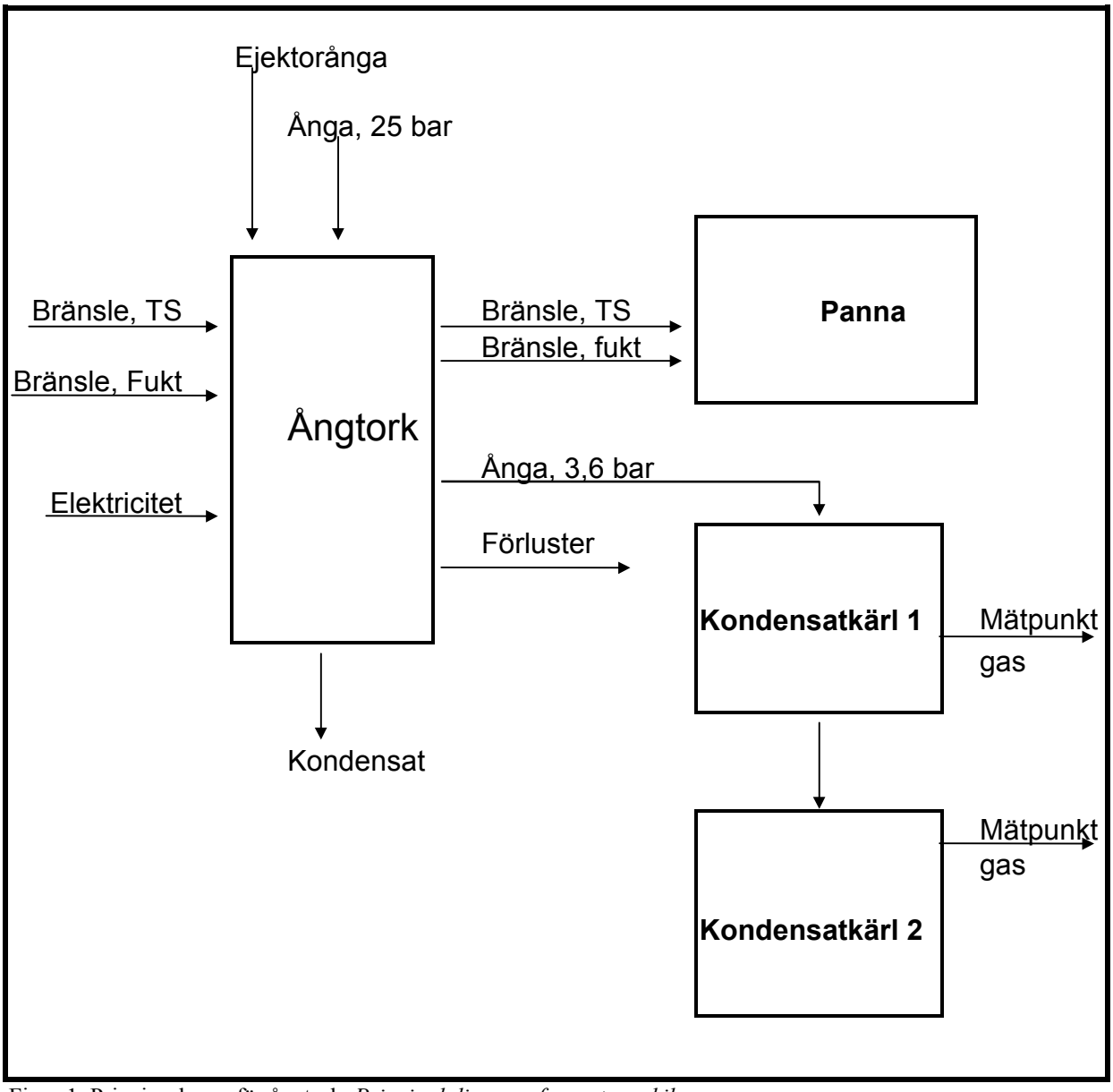
Mätningarna i Borås utfördes av Olle Moberg AB Ekerö och i Ulricehamn av Miljökonsulterna, Vattenfall Energisystem AB.

4.1 Borås

Mätningar har genomförts på Borås Biobränsletork vid två tillfällen. Den första genomfördes 14 februari 1997 och nästa 23 - 24 februari 1998.

4.1.1 Första mätningen

Vid den första mätningen togs gasproven ut från två olika ställen i gashanteringssystemet. Det var på gaser från kondensathanteringen som leds direkt in i pannan och det var på ventilationsgas från kondensattank. Gasen från kondensathanteringen har ett tryck på cirka 1 bar(ö) och en temperatur på strax över 100°C.



Figur 1. Principschema för ångtork. *Principal diagram for a steam kiln.*

För denna mätning användes en högupplösande FTIR-analysator av märket BOMEM MB 100. Den spektrala upplösningen vid mättillfället var 1 cm^{-1} och ett medelvärde av 50 scan användes vid mätningen (5 minuter). Instrumentet är utrustat med en uppvärmd mätcell (200°C). Vid den aktuella mätningen bestämdes ämnen och detektionsnivå enligt tabell 1.

• Ättiksyra	$\pm$ 0,1 ppm
• Metanol	$\pm$ 0,1 ppm
• Koldioxid	$\pm$ 5 ppm
• Kolmonoxid	$\pm$ 1 ppm
• eten	$\pm$ 0,5 ppm
• Metan	$\pm$ 0,5 ppm
• Formaldehyd	$\pm$ 0,1 ppm

Tabell 1. Uppmätta ämnen och dess detektionsnivåer.
Mesured stuff and there detectionlevels.

Gasen från processen späddes med kvävgas i proportion 1/100 före analys. Detta för att koncentrationen av i gasen ingående komponenter var för hög för kvantifiering med denna typ av analysmetod. Resultatet från mätningen som redovisas i kapitel ”5 Resultat” är multiplicerade med 100 och är alltså de faktiska koncentrationerna i gasen.

Det visade sig att vattenhalten i gasen var så hög att någon bestämning av denna ej var möjlig, eftersom kondensering startade före utloppet till provtagningen. För att få reda på hur hög vattenhalten är i avgaserna beslöts att göra ytterligare en mätning.

4.1.2 Andra mätningen

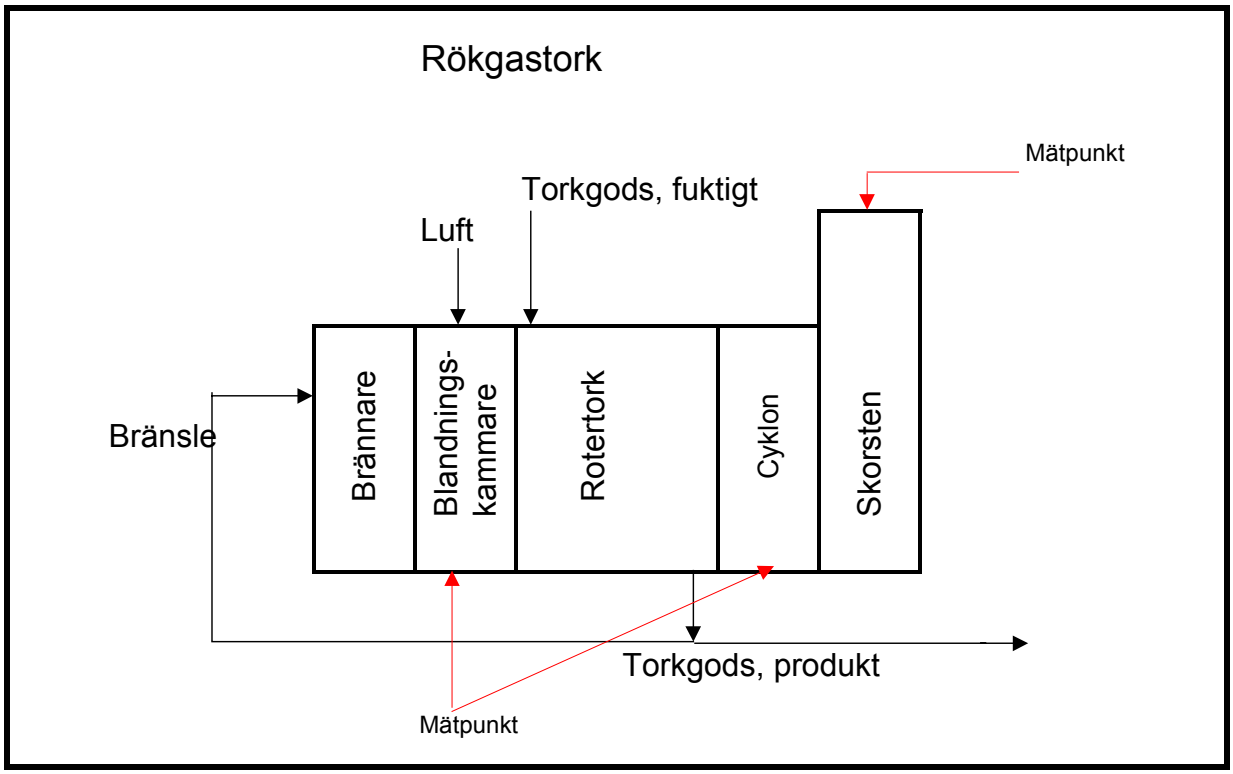
Vid den andra mätningen den 23 och 24 februari 1998 togs gasproverna ut på brännararrangemanget framme vid pannan. Dessa leddes in i en kylare och kondenserades vid cirka 0°C. Kondensatet samlades upp och dess volym uppmättes. Den kvarvarande torra gasen efter kondenseringen uppmättes och samlades upp i påsar.

Från påsarna togs prover som analyserades i högupplösande FTIR-analysator enligt samma princip som vid den första mätningen februari 1997.

4.2 Ulricehamn

Som tidigare beskrivits i *kapitel 3* är anläggningen i Ulricehamn en medströms rökgastork. Rökgaser genereras av en träpulvereldad panna (eldad med träpulver av egen produktion) som via en blandningskammare direkt är ansluten till torktrumman. Förbränningsluft tillsätts vid brännaren samt i blandningskammaren. Efter torken renas gasen med cykloner innan den emitteras genom skorstenen. Torkgodset faller huvudsakligen ur torktrumman till en utmatningsskruv dit även den torkgodsfraktion som avskiljts i cyklonerna förs. Normal temperatur i brännkammaren (efter förbränningen) är ca 1100°C och vid inloppet till torktrumman ca 550 - 800°C. Efter torktrumman är rökgastemperaturen ca 120°C.

För att kunna särskilja emissioner som bildats i pulverpannan från emissioner uppkomna under torkprocessen analyserades gaserna både före och efter torken. Mätningar gjordes således före torken (en mätpunkt) samt efter torkningen (två mätpunkter). Provtagningarna efter torken förlades av praktiska skäl till dels före cyklonerna (omedelbart före torkgasfläkt) dels i skorstenen (efter cyklonerna). De mätparametrar som uttogs före cyklonerna var dels sådana komponenter som ej påverkas av rökgasrening med cyklonavskiljning (NO_x, CO_2, CO, N_2O, O_2, SO_2 samt rökgastemperatur) dels uttogs gaskondensat för senare analys.



Figur 2. Principschema för rökgastork. *Principal diagram for a fluegas kiln*

Vissa komponenter som kondensatet sedermera analyserades med avseende på påverkas givetvis av rökgasreningen. För att ändå få en relevant jämförelse med innehållet i den ånga som emitteras genom skorstenen genomfördes kondensatprovtagningen via en provtagningscyklon. Därmed kunde den verkliga processen på ett relevant sätt återspeglas. Även mätning av totalkolväten (THC = icke kondenserbara + kondenserbara kolväten) genomfördes före cyklonerna. I det fallet användes ett insticksfilter (i gaskanalen) samt ett tämligen lågt provgasflöde. Trots att denna mätning gjordes i en tämligen *"stoftrik"* miljö byggdes det ej upp någon filterkaka av torkat gods på insticksfiltret. Därmed inses att alla uppmätta kolväten härrör från gasfasiga partiklar och ej från medryckning från fasta godsfraktioner, vilket hade varit tänkbart om provgasen först hade passerat en filterkaka. Av mättekniska orsaker var det ej möjligt att mäta totalkolvätehalten i torkgaserna före torkningen.

5. Resultat

I detta kapitel redovisas mätningarna från Borås och Ulricehamn.

5.1 Borås

5.1.1 Första mätningen

Här redovisas resultatet från mätningarna den 14 februari 1997.

Ättiksyra	< 0,1 ppm
Metanol	15 ppm
Formaldehyd	< 0,5 ppm
Metan	< 1 ppm
CO_2	2800 ppm
CO	< 1 ppm
C_2H_4	< 1 ppm
C_2H_2	< 1 ppm

Tabell 2. Ventilationsluft från kondensattank.
Ventilated air from the condensatetank.

Ättiksyra	< 10 ppm
Metanol	981 ppm
Formaldehyd	< 10 ppm
Metan	< 10 ppm
CO_2	0,3 %
CO	2500 ppm
C_2H_4	< 10 ppm
C_2H_2	< 10 ppm
Tot HC	1 %

Tabell 3. Gas från kondensathanteringen.
Analyses of gases from condensate tank.

5.1.2 Andra mätningen

Resultatet från mätningarna i Borås den 23 - 24 februari 1998.

Torr gas		18.6 liter
Kondensat	175 gram	217 liter gas
Gas genom mätsystemet (torr gas + kondensat)		235.6 liter gas
Kolväten i kondensat		2.9 liter gas (cyklohexanekvivalenter)
Kolväten i den torra gasen	(4 %)	0.74 liter gas (cyklohexanekvivalenter)
CO_2 i den torra gasen	(20 %)	3.7 liter gas
CO	(0.2 %)	0.037 liter gas

Tabell 4. Analysresultat. *Analyses of gases.*

Vattenhalt i smutsångan	92 %
Kolvätehalt i smutsångan	1.5 % inklusive terpener
CO_2 i smutsångan	1.57 %
Lättflyktiga brännbara ej kondenserbara föreningar (CO + kolväten)	0.33 %

Tabell 5. Resultat givna av tabell 4. *Result from analyses of gases, tab 4.*

Punkten ”Kolvätehalt i smutsångan 1,5 % inklusive terpener” i tabell 5 är summan av volymerna i punkterna ”Kolväten i kondensatet 2,9 liter gas” och ”Kolväte i den torra gasen 0,74 liter gas” i tabell 4. Gasen har trycket drygt 1 bar(ö) och temperaturen drygt 100°C. När vattenångan kondenserades ut kondenserade också en stor del av terpenerna.

5.2 Ulricehamn

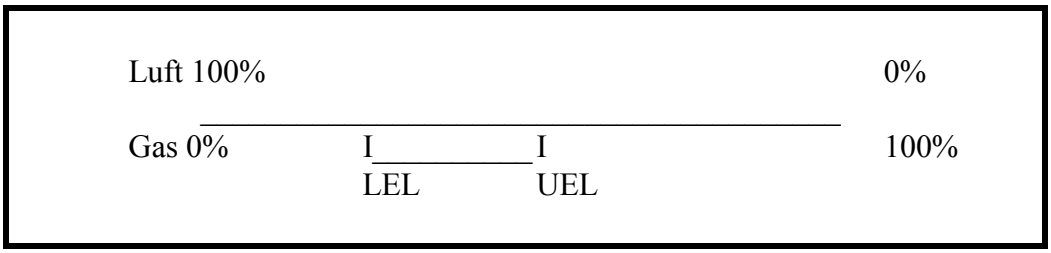
I ***tabell 6. Totalkolväten som CH_4*** redovisas uppmätta totalkolvätehalten efter torken.

Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5
193 ppm	232 ppm	334 ppm	280 ppm	308 ppm

Tabell 6. Totalkolväten som CH_4. *Total hydrocarbon content as CH_4.*

6. Definition av brännbarhetsområde

För att definiera gasers brännbarhet används begreppet brännbarhetsområde. Det beskriver de blandningsförhållanden mellan den aktuella gasen och luft som bildar en brännbar gas/luft-blandning. I luften är det syret som är den aktiva delen.



Figur 3. Brännbarhetsområde. *Combustion limits*.

Gas/luftblandningen kan endast antändas inom sitt brännbarhetsområde. Den blandning med lägst gasinnehåll som kan brinna kallas för LEL (Lower Explosiv Limit) eller undre brännbarhetsgräns. Analogt med detta kallas den gas/luftblandning med högst gasinnehåll för UEL (Uper Explosiv Limit) eller övre brännbarhetsgräns. För att erhålla stökiometrisk förbränning skall blandningsförhållandet ligga mitt i brännbarhetsområdet.

En gas/luftblandning som ligger över övre brännbarhetsgränsen kallas för överkarborerad. Vilket innebär att det är för lite syre tillgängligt och därmed obrännbart.

Blandningar under undre brännbarhetsgränsen är underkarborerade eller för magra, dvs det finns för lite bränsle tillgängligt för att bilda en brännbar blandning.

Undre brännbarhetsgränsen för de vanligaste förekommande kolvätena ligger mellan 1,5 till 5,3 vol-%. För pentan (C_5H_{12}) är undre brännbarhetsgränsen 1,5 vol % vilket satts som referensnivå för undersökningen.

Komponent	Kemisk formel	vol % gas i luft
Metanol	CH_3OH	6,7
Metan	CH_4	5,3
Eten	C_2H_4	3,1
Etan	C_2H_6	3,0
Pentan	C_5H_{12}	1,5
Kolmonoxid	CO	12,5

Tabell 7. Undre brännbarhetsgräns i luft. *Lower flammability limit*.

I en brännbar gas finns det för det mesta inte enbart ett kolväte utan gasen består av en blandning av flera olika kolväten. För att ta reda på den aktuella gasblandningens brännbarhetsområde används då en beräkningsfomel enligt LeChatelier:

$L_m = 100/(\sum X_i/L_i)$ vol%

där:
L_m = övre resp. undre brännbarhetsgräns hos gasblandningen i vol % gas i luft
X_i = vol % i gasblandningen av komponent i.
L_i = övre resp. undre brännbarhetsgräns hos komponent i uttrycket som vol % gas i luft

Med denna formel vill jag visa att varje ingående gas påverkar den totala gasblandningens brännbarhetsområde både med sitt brännbarhetsområde men även med hur stor andel av den totala volymen den utgör i den totala gasblandningen.

7. Diskussion och slutsatser

För att utröna om det finns någon risk att avgaserna från biobränsletorkar är brand- och explosionsfarliga gjordes mätningar på gaserna från torkarna i Borås och Ulricehamn. Totalkolvätehalten (inklusive terpener) som cyklopentan uppmättes som mest till 1,5 vol-% i den totala gasmängden från torken i Borås. I Ulricehamn uppmättes betydligt lägre totalkolvätehalter, närmare bestämt mellan 193 ppm och 334 ppm.

Vad är anledningen till att de uppmätta totalkolvätehalten är högre i Borås jämfört med i Ulricehamn? Det ligger förmodligen i att det är två olika torkprinciper som jämförs. Borås-torken är av typen indirekt torkning. ”Värmeväxlaren” uppvärms av ånga från pannorna. Ursprunget till gaserna från torken är den fukt som finns i bränslet och den mängd luft som följer in med bränslet. Innan bränslet kommer in i själva torken måste det passera en slussmatare, det samma gäller när bränslet lämnar torken för att transporteras vidare ut på systemet av transportörer. Slussmatarnas uppgift är att minimera inläckage av luft, både vid in och utmatning, så att konsekvenserna vid eventuell brand i torken minskas. En effekt av detta blir då att lufttillskottet till gasen begränsas, vilket medför att volymen bulkgaser som t ex kväve blir liten och därmed att kolvätehalten blir mera koncentrerad. I Ulricehamns-torken används rökgaser som torkmedium. Dessa blåses in direkt till biomassan, värmer upp den och på sin väg ut blandas rökgaserna med den avdrivna fukten. Detta innebär att gasvolymen ut från torken blir större än vad som är fallet i Borås. Ulricehamns gaser innehåller också mera ”bulkgaser” och därmed så blir andelen totalkolvät i gaserna lägre.

Om vi räknar att den högst uppmätta totalkolvätehalten (1,5 vol-%) i gaserna från biobränsletorkarna består av endast det kolväte (pentan, C_5H_{12}) som har lägsta undre brännbarhetsgräns (1,5 vol-%), så visar mätningarna att vi i så fall skulle ligga på den undre gränsen för brännbarhet. Men eftersom det ingår flera kolväten i den uppmätta totalkolvätehalten och deras undre brännbarhetsgräns är högre (enligt tabell 7.) kommer undre brännbarhetsgränsen för gaser från biobränsletorkar att ligga betydligt över 1,5 vol %.

Den uppmätta totalkolvätehalten är så låg i gaserna från biobränsletorkarna att gaserna i sig själva inte utgör någon brand- och explosionsfarlig gasblandning, det vill säga om det skulle finnas tillräcklig mängd syre i gaserna så är inte totalkolvätehalten så hög att enbart kolvätena kommer att agera som bränsle.

När gaserna kommer ut i fria luften blandas de med luft och en utspädning av gaserna kommer att ske. Detta i sin tur innebära att totalkolvätehalten mätt i vol-% ytterligare kommer att sjunka, och därmed kommer marginalen till gasens undre brännbarhetgräns att öka.

Detta innebär att inte något enskilt kolväte kommer upp till sin undre brännbarhetsgräns och därmed kan avgaserna från biobränsletorkar betraktas som icke brännbar gas.

När det har konstaterats att gaserna inte är brännbara innebär detta att inga särskilda åtgärder behöver vidtagas med hänsyn till kolvätehaltens brand- och explosionsfarlighet.

8. Förslag till fortsatt arbete

I uppdraget ingick att ta reda på om avgaser från biobränsletorkar är brand- och explosionsfarliga. Under uppdragets genomförande har det framkommit att det finns risk för bränder och explosioner i torken. Dessa kan ibland bero på damm vilket inte har beaktats i denna studie. Därför föreslås att brand- och explosionsrisker i själva biobränsletorken studeras och föreslå åtgärder för att minska dessa risker. Där även dammexplosionsrisken inne i torken beaktas.

9. Referenser

1. Magnusson Leif, Uppföljning av erfarenheter från anläggningar för torkning av biobränsle. Värmeforsk rapport nr 479 (1993)

2. Maunsbach Katarina, Analys och bedömning av reningsmöjligheter för kondensat från biobränsletorkning, Kungliga Tekniska Högskolan, Examensarbete nr 2/95

3. Peters Gunnar, Biobränsletork, Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB, (1994)

4. Sydgas, Naturgas handbok (1981)

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

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrierna
- Övrig Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Energimyndighet.

VÄRMEFORSK Service AB

101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80 ● Fax 08-677 25 35
http://www.varmeforsk.se