

RenoSam

# SO<sub>2</sub>-emissioner ved affaldsforbrænding

Delrapport 3: Afrapportering af fuldskalaforsøg med forbrænding  
af mellemlagret affald

Juni 2007

RenoSam

# SO<sub>2</sub>-emissioner ved affaldsforbrænding

Delrapport 3: Afrapportering af fuldskalaforsøg med forbrænding af  
mellemlagret affald

Juni 2007

Ref 657018A  
834-070113(Final)

Version Final

Dato 2007-06-01

Udarbejdet af DLB/TOH

Kontrolleret af PEHA

Godkendt af PEHA

Rambøll Danmark A/S  
Teknikerbyen 31  
DK-2830 Virum  
Danmark

Telefon +45 4598 6000  
[www.ramboll.dk](http://www.ramboll.dk)

## Indholdsfortegnelse

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Sammenfatning</b>                      | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Indledning</b>                         | <b>3</b>  |
| <b>3.</b> | <b>Baggrund</b>                           | <b>4</b>  |
| <b>4.</b> | <b>Beskrivelse af gennemførte forsøg</b>  | <b>5</b>  |
| 4.1       | Forbrændingsforsøg på AVV I/S             | 5         |
| 4.2       | Forbrændingsforsøg på I/S Nordforbrænding | 6         |
| 4.3       | Forbrændingsforsøg på I/S REFA            | 8         |
| <b>5.</b> | <b>Resultater af gennemførte forsøg</b>   | <b>10</b> |
| 5.1       | Rågasmålinger                             | 10        |
| 5.2       | Rengasmålinger                            | 12        |
| 5.3       | Massebalancer                             | 18        |
| 5.3.1     | Massebalancer for AVV I/S                 | 18        |
| 5.3.2     | Massebalancer for I/S Nordforbrænding     | 21        |
| 5.3.3     | Massebalancer for I/S REFA                | 24        |
| <b>6.</b> | <b>Konklusion</b>                         | <b>28</b> |

## 1. Sammenfatning

I forbindelse med projektet er der gennemført fuldskalaforsøg med forbrænding af mellemlagret affald på forbrændingsanlæggene AVV I/S, I/S Nordforbrænding og I/S REFA. På alle tre forbrændingsanlæg var forsøget delt op i 2 dele, én del med forbrænding af mellemlagret affald og én del, hvor der ikke blev medforbrændt mellemlagret affald. Det mellemlagrede affald bestod primært af neddelt affald af typerne storskrald og stort brændbart affald.

Ved at opsamle en række driftsdata både før, under og efter forsøgene samt sammenholde de opsamlede driftsdata med den generelle erfaring hos forbrændingsanlæggenes driftspersonale blev det sikret, at alle 3 forbrændingsanlæg kørte i normal drift i hele forsøgsperioden.

Ved forsøgene på AVV I/S og I/S Nordforbrænding blev der i perioden med forbrænding af mellemlagret affald brændt friskt dagrenovation blandet med ca. 30 % mellemlagret affald, mens der ved forsøget på I/S REFA udelukkende blev brændt mellemlagret affald. På alle tre anlæg blev der både før og efter forsøgene brændt almindeligt blandet affald.

Som et led i forsøgene blev der opsat rågasmåleinstrumenter på alle tre anlæg til bestemmelse af rågassens indhold af bl.a.  $\text{SO}_2$ . Rågasmålingerne viste på alle 3 anlæg en tydelig sammenhæng mellem rågassens indhold af  $\text{SO}_2$  og forbrænding af mellemlagret affald. Ved forbrænding af mellemlagret affald blev der observeret et tydeligt højere indhold af  $\text{SO}_2$  i rågassen end ved forbrænding af friskt blandet affald (primært dagrenovation) helt uden mellemlagret affald. Sammenhængen mellem rågassens  $\text{SO}_2$ -indhold og forbrænding af mellemlagret affald var især tydelig ved forsøgene på I/S Nordforbrænding og I/S REFA. Der sås dog også et stigende  $\text{SO}_2$ -indhold i rågassen i forsøget på AVV I/S.

Et forhøjet  $\text{SO}_2$ -indhold i rågassen kan resultere i et forhøjet  $\text{SO}_2$ -indhold i rengassen. For AVV I/S blev der ikke observeres nogen stigning i  $\text{SO}_2$ -emissionen under forbrændingsforsøgene hverken i forhold til det generelle  $\text{SO}_2$ -niveau eller i forhold til variationen i  $\text{SO}_2$ -emissionen i perioden omkring forbrændingsforsøgene. For både I/S Nordforbrænding og I/S REFA sås derimod højere  $\text{SO}_2$ -emissioner under forbrændingsforsøgene end det generelle niveau i perioden omkring forsøgene.  $\text{SO}_2$ -emissionerne for både I/S Nordforbrænding og I/S REFA vurderes at være større, end hvad der kan forklares med generelle variationer. Specielt sås der tydeligt højere  $\text{SO}_2$ -emissioner for I/S REFA. Dette stemmer med, at I/S REFA er det eneste af de 3 anlæg, hvor der i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald udelukkende blev brændt denne affaldstype.

Et højt indhold af  $\text{SO}_2$  i rågassen resulterer ikke nødvendigvis i et højt indhold af  $\text{SO}_2$  i rengassen. En eventuel sammenhæng mellem rågassens og rengassens indhold af  $\text{SO}_2$  (og andre sure gasser) kan skyldes både styringen af kalktilsætningen og det anvendte røggasrensningssystem på det enkelte anlæg.

De 3 undersøgte anlæg har 3 forskellige røggasrensningssystemer, men på alle 3 anlæg styres kalktilsætningen primært ud fra rengasmålinger af  $\text{SO}_2$  og  $\text{HCl}$ . På I/S REFA anvendes et GSA-baseret semitørt røggasrensningssystem, hvor der sker en stor recirkulering af kalk. Den gennemsnitlige opholdstid af kalk i røggasrensningssystemet er stor, hvilket betyder, at der altid er et forholdsvis stort indhold af overskudskalk i systemet, der kan reagere med  $\text{SO}_2$  og  $\text{HCl}$  og dermed også tage eventuelle kortvarige forhøjede koncentrationer af sure gasser i rågassen. Hverken AVV I/S eller I/S Nordforbrænding har nogen form for recirkulering af kalk. På disse anlæg er det derfor forventeligt, at forhøjet indhold af sure gasser i rågassen også vil give forhøjet indhold af sure gasser i rengassen. Dette stemmer med, hvad der under forsøgene blev observeret for de 3 anlæg.

Massebalancer for svovl for AVV I/S og I/S REFA viser, at der er mere svovl i det forbrændte affald i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald end i forsøgsperioden, hvor der udelukkende blev brændt frisk affald. For AVV I/S er fordelingen af svovl mellem de forskellige massestrømme ud af forbrændingsanlægget (slagge, røggasrensningsprodukt og røggas) nogenlunde den samme for de 2 forsøgsperioder, men da massestrømmen af svovl i det forbrændte affald er væsentlig større ved forbrænding af mellemlagret affald, er der tilsvarende mere svovl i de udgående massestrømme ved forbrænding af mellemlagret affald. For I/S REFA er fordelingen af svovl mellem de forskellige massestrømme ud af forbrændingsanlægget væsentlig forskellig for de 2 forsøgsperioder, idet en væsentlig større andel af svovlet i det indfyrede affald ender i røggasrensningsproduktet for forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald (ca. 40 %), end for forsøgsperioden med forbrænding af frisk dagrenovation (ca. 17 %). Tilsvarende er andelen af svovl, der genfindes i slaggen, lavere i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald (ca. 58 %) sammenlignet med forsøgsperioden med forbrænding af frisk dagrenovation (ca. 80 %). Andelen af svovl, der emitteres med rengassen, er nogenlunde den samme for de 2 forsøgsperioder (2-3 %).

Samlet vurderes det, at de opnåede resultater fra forbrændingsforsøgene på AVV I/S og I/S REFA underbygger teorien om, at der ved mellemlagring af affald sker en omlejring af svovl til en mere reaktiv form, der lettere omdannes til  $\text{SO}_2$  ved den efterfølgende forbrændingsproces. Yderligere indikerer resultaterne, at der ved mellemlagring af affald kan ske en vis opkoncentrering af svovl i affaldet, samt at affaldstyper der mellemlagret har et højere svovlindhold end frisk blandet affald. Forbrænding af mellemlagret affald er dermed en større udfordring for røggasrensningssystemet end forbrænding af almindelig blandet affald. Yderligere er der sandsynligvis nogle anlæg, der vil have større behov for at styre sammensætningen af det forbrændte affald (f.eks. mængden af mellemlagret affald) end andre anlæg for at sikre, at de gældende emissionskrav overholdes.

## 2. Indledning

På en række forbrændingsanlæg er der konstateret visse vanskeligheder med altid at overholde de gældende emissionskrav for SO<sub>2</sub>. Der kan være flere årsager til dette. De høje emissioner kan både tilskrives ikke-optimale forhold i røggasrensingsanlægget og højt indhold af SO<sub>2</sub> i rågassen, hvor rågassen er betegnelsen for den urensede røggas, der forlader ovn/kedelanlægget, dvs. inden den er rensset i røggasrensingsanlægget.

Hvad angår højt SO<sub>2</sub>-indhold i rågassen, har mistanken været rettet mod mellemlagret affald, men også specifikke affaldskomponenter med højt svovlindhold kan være af betydning, ligesom forbrændingsbetingelserne vil have indflydelse på sammensætningen af rågassen.

Det overordnede formål med det her afrapporterede projekt er at undersøge årsagerne til højt SO<sub>2</sub>-indhold i rågassen ved affaldsforbrænding. Resultaterne af denne undersøgelse skal bl.a. danne grundlag for beslutninger om mulige tiltag med hensyn til fremtidig affaldshåndtering og regulering af forbrændingsprocessen for at reducere indholdet af SO<sub>2</sub> i rågassen.

Grundelementer i undersøgelsen er:

1. Etablering af teoretisk grundlag og indhentning af rapporterede erfaringer.
2. Gennemgang af udvalgte anlægs historiske registreringer af tilkørt affald, ovndrift og rågasdata for især SO<sub>2</sub>.
3. Kontrollerede forsøg på udvalgte anlæg med samtidig registrering af indfyrede affaldstyper, forbrændingsbetingelser og rågasdata.

I nærværende rapport afrapporteres de gennemførte kontrollerede fuldskalaforsøg, der bl.a. omfattede:

- Forbrændingsforsøg på 3 udvalgte forbrændingsanlæg.
- Forbrænding af specifikke affaldsfraktioner (+/- mellemlagret affald) i fastsatte forsøgsperioder.
- Kontinuerte målinger af rågassens og rengassens indhold af en række komponenter under forsøgene.
- Massebalance for svovl under forsøgene, der viser hvordan svovlet fordeles i henholdsvis rågassen og restprodukterne.

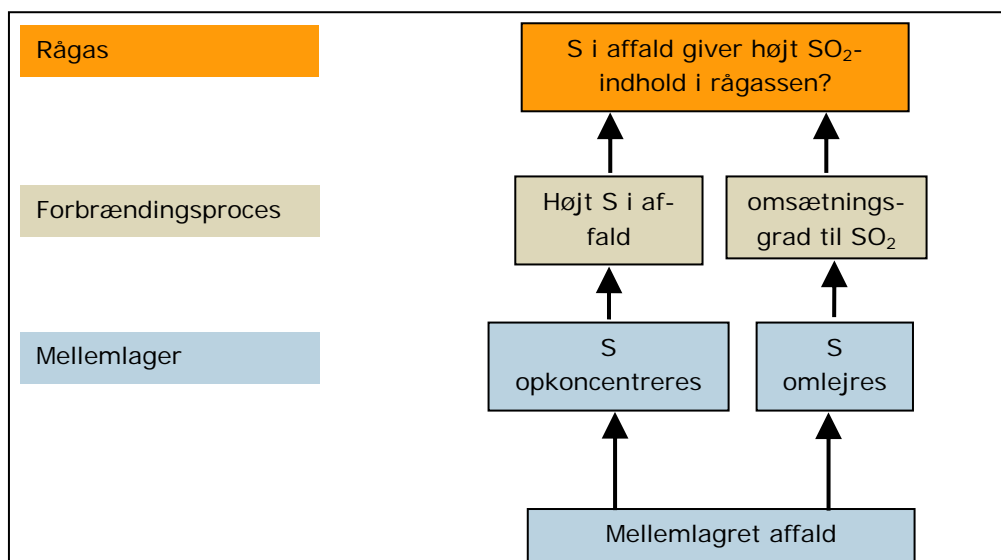
Muligheder for at reducere SO<sub>2</sub>-emissioner ved optimering af røggasrensingsprocessen er ikke en del af det her afrapporterede projekt, og beskrives derfor ikke i nærværende rapport.

### 3. Baggrund

I et tidligere notat i projektet med undertitlen "Etablering af teoretisk grundlag" er baggrunden for projektet nærmere beskrevet. Baggrunden vil derfor kun kort blive opridset i det følgende.

Generelt kan for høje  $\text{SO}_2$ -emissioner både skyldes en lang række faktorer i røggasrensingsanlæg, og højt  $\text{SO}_2$ -indhold i rågassen. Højt  $\text{SO}_2$ -indhold i rågassen kan igen både skyldes de aktuelle forbrændingsbetingelser samt karakteren af det brændte affald. I den forbindelse er der indikationer på højt  $\text{SO}_2$ -indhold ved forbrænding af mellemlagret affald. Mange anlæg mellemlagrer affald om sommeren, hvor afsætningsmulighederne for den producerede varme er begrænset. Dette mellemlagrede affald brændes så om vinteren. Under mellemlagring vil der ofte ske en række forskellige kemiske reaktioner i affaldet. Herved kan svovlet i affaldet blive omdannet til en mere reaktiv form, der lettere omdannes til  $\text{SO}_2$  under forbrændingsprocessen. Ud over omdannelsen af svovlet vil nedbrydning af organisk stof under mellemlagringen betyde, at der sker en opkoncentrering af S. Dette skyldes, at nedbrydningen af det organiske stof resulterer i et tab af masse, idet C og H omsættes. Svovlet omsættes dog ikke, og der sker derfor ikke et tab af svovl.

I Figur 3.1 er den principielle påvirkning, som forbrænding af mellemlagret affald kan have på  $\text{SO}_2$ -dannelsen, illustreret.



Figur 3.1 Illustration af den principielle påvirkning, som forbrænding af mellemlagret affald kan have på  $\text{SO}_2$ -dannelsen.

I nærværende fase af projektet undersøges primært forhold, der har betydning for rågassen. Der er således tale om forhold, der er af generel betydning for alle anlæg uanset den anvendte røggasrensingsproces.

## 4. Beskrivelse af gennemførte forsøg

I forbindelse med projektet er der gennemført fuldskalaforsøg med forbrænding af mellemlagret affald på de forbrændingsanlæg, som ejes af affaldsselskaberne AVV I/S, I/S Nordforbrænding og I/S REFA. På alle tre forbrændingsanlæg var forsøget delt op i 2 dele, én del med forbrænding af mellemlagret affald og én del, hvor der ikke blev medforbrændt mellemlagret affald. Det mellemlagrede affald bestod primært af neddelt affald af typerne storskrald og stort brændbart affald.

De gennemførte forsøg er nærmere beskrevet i det følgende.

### 4.1 Forbrændingsforsøg på AVV I/S

Der blev gennemført fuldskala forbrændingsforsøg på AVV I/S d. 28. november 2006. Forsøget blev kørt på ovnlinie 2 og 3, der har fælles røggasrensningssystem. Forsøgsperioden strakte sig over tidsrummet kl. 9 til kl. 20, og var delt op i to dele. I første del af perioden (kl. 9 til 15) blev der udelukkende brændt friskt blandet affald (primært frisk dagrenovation), mens der i anden del af perioden fortsat blev brændt friskt blandet affald, men nu blandet med ca. 30 % mellemlagret affald. Både før og efter forsøget blev der brændt almindeligt blandet affald.

Det mellemlagrede affald var ballet og havde ligget nogle måneder. Det havde ligget fugtigt, men fremstod forholdsvis tørt. Inden opblanding med dagrenovation blev det neddelt. Affaldet var oprindelig primært neddelt storskrald og indeholdt en del brædder som en væsentlig enkeltbestanddel. Der sås ingen affaldskomponenter, som kunne udpeges som særligt svovlholdige (gipsplader, dæk mm.).

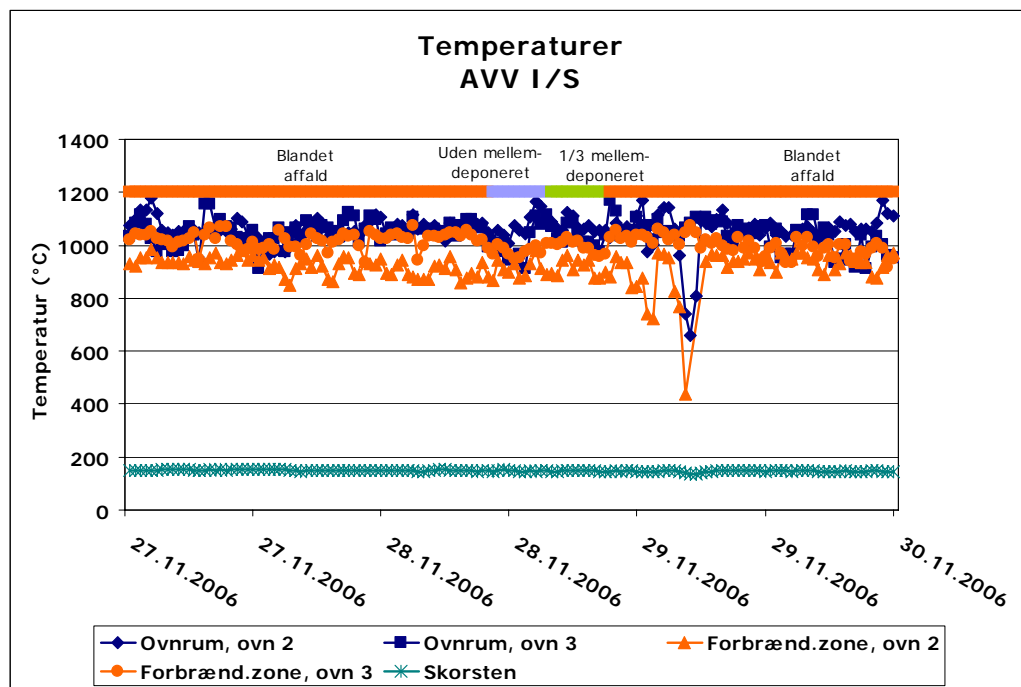
Inden forsøget blev tidligere opsat rågasmåleudstyr idriftsat til kontinuerede målinger af rågassens sammensætning under forsøget. Udstyret er det samme, som tidligere har været anvendt til rågasmålinger på anlægget (jf. delrapport 2 om historiske data). Udfald af målesystemet betød imidlertid, at der kun er data for 2-3 timer for forsøgsperioden med forbrænding af dagrenovation og for 2-3 timer med almindeligt blandt affald efter forsøget med mellemlagret affald. Der er dog rågasmålinger for hele forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald.

I løbet af forsøget blev der for hver forsøgsdel (med og uden mellemlagret affald) udtaget en blandingsprøve af den producerede slagge og det producerede røggasrensingsprodukt. For både røggasrensingsprodukt og slagge blev der udtaget en stikprøve én gang i timen. For hver delforsøg blev disse stikprøver samlet til én blandprøve af henholdsvis slagge og røggasrensingsprodukt. Fra indfødning af affald i tragten til det ender som restprodukt går der en vis tid. For at sikre at den udtagne restproduktprøve repræsenterede restprodukt fra affald, der var brændt i løbet af forsøgsperioden, blev der derfor først udtaget slaggeprøver og prøver af røggasrensingsproduktet 1½ time efter forsøgsperiodens begyndelse.

For at sikre, at der ikke var unormal drift i forsøgsperioden, blev der opsamlet en række driftsdata både før, under og efter forsøget. Der er set nærmere på driftsdata



for perioden 27.-29. november. Hermed er der ud over selve forsøgsdøgnet anvendt driftsdata fra det foregående og det efterfølgende døgn. Disse data sammenholdt med den generelle erfaring hos AVV's driftspersonale viser, at anlægget kørte i normal drift i hele forsøgsperioden. Til illustration af dette er der på Figur 4.1 vist temperaturer i ovnrøm og forbrændingszone samt i skorsten i en periode på 3 døgn, hvor selve forbrændingsforsøgene er kørt midt i perioden. Af figuren fremgår det, at der ikke har været specielle udsving i temperaturen i løbet af forsøgsperioden. Temperaturen i både ovnrøm, forbrændingszone og skorsten svarer til det generelle temperaturniveau både før og efter forsøget.



Figur 4.1. Temperaturer i ovnrøm og forbrændingszone for ovnlinie 2 og 3 samt i skorsten (fælles for ovnlinie 2 og 3) på AVV I/S i perioden 27.-29. november 2006.

Resultaterne af forbrændingsforsøget på AVV I/S er vist og gennemgået i kapitel 5.

#### 4.2 Forbrændingsforsøg på I/S Nordforbrænding

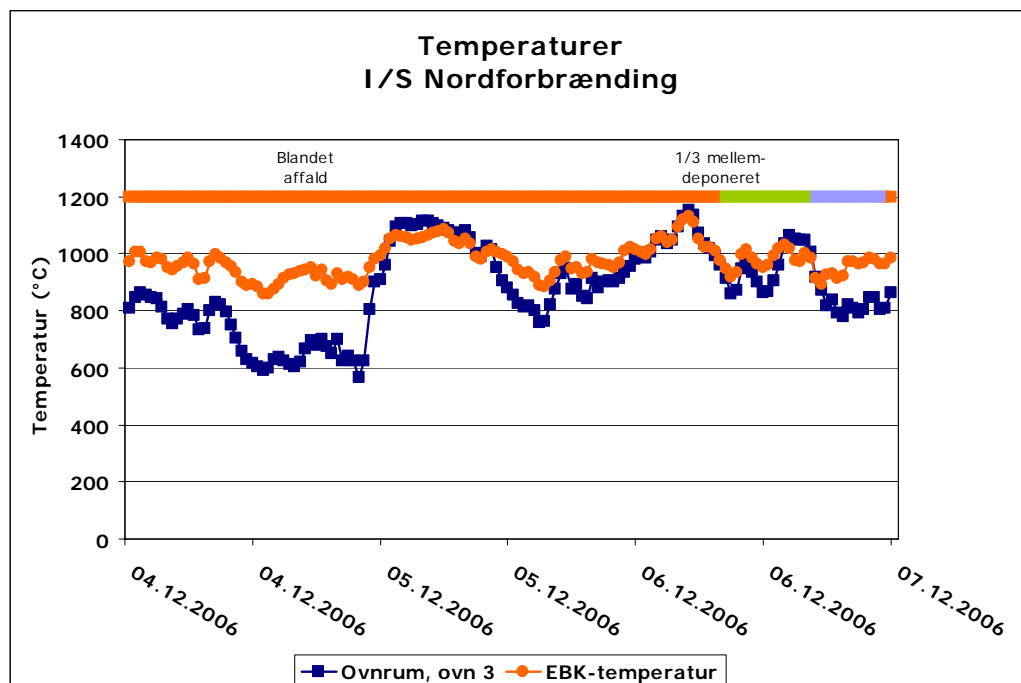
Der blev gennemført fuldskala forbrændingsforsøg på I/S Nordforbrænding d. 6. december 2006. Forsøget blev kørt på ovnlinie 3, og strakte sig over tidsrummet kl. 7 til kl. 21. Forsøgsperioden var delt op i to dele. I første del af perioden (kl. 7 til kl. 14) blev der brændt friskt dagrenovation blandet med ca. 30 % mellemlagret affald, mens der i anden del af perioden udelukkende blev brændt friskt dagrenovation. Både før og efter forsøget blev der brændt almindeligt blandet affald.

Det mellemlagrede affald var primært stort brændbart affald, lagret i nogle måneder og var karakteriseret ved en stor andel brædder. Det fremstod tørt. Det blev som alt andet affald til ovnlinie 3 neddelte inden indfyring. Der sås ingen affaldskomponenter, som kunne udpeges som særligt svovlholdige (gipsplader, dæk mm.).

Inden forsøget blev der opsat rågasmåleudstyr til kontinuerte målinger af rågassens sammensætning under forsøget.

I løbet af forsøget blev der for hver forsøgsdel (med og uden mellemlagret affald) udtaget en blandingsprøve af den producerede slagge og det producerede røggasrensingsprodukt. For både røggasrensingsprodukt og slagge blev der udtaget en stikprøve én gang i timen. For hver delforsøg blev disse stikprøver samlet til én blandprøve af henholdsvis slagge og røggasrensingsprodukt. Fra indfødning af affald i tragten til det ender som restprodukt går der en vis tid. For at sikre at den udtagne restproduktprøve repræsenterede restprodukt fra affald, der var brændt i løbet af forsøgsperioden, blev der derfor først udtaget slaggeprøver og prøver af røggasrensingsprodukt 2 timer efter forsøgsperiodens begyndelse.

For at sikre, at der ikke var unormal drift i forsøgsperioden, blev der opsamlet en række driftsdata både før, under og efter forsøget. Der er set nærmere på driftsdata for perioden 4.-6. december. Hermed er der ud over selve forsøgsdøgnet anvendt driftsdata fra de foregående 2 døgn. Disse data sammenholdt med den generelle erfaring hos Nordforbrændings driftspersonale viser, at anlægget kørte i normal drift i hele forsøgsperioden. Til illustration af dette er der på Figur 4.2 vist temperaturer i ovnrums og efterforbrændingskammer (EBK) i en periode på 3 døgn, hvor selve forbrændingsforsøgene er kørt sidst i perioden. Af figuren fremgår det, at temperaturen, specielt i ovnrummet har svinget en del, men der har ikke været specielle udsving i temperaturen i løbet af forsøgsperioden. Temperaturen i både ovnrums og efterforbrændingskammer svarer til det generelle temperaturniveau for ovnlinien.



Figur 4.2. Temperaturer i ovnrums og efterforbrændingskammer for ovnlinie 3 på I/S Nordforbrænding i perioden 4.-6. december 2006.

Resultaterne af forbrændingsforsøget på I/S Nordforbrænding er vist og gennemgået i kapitel 5.

#### 4.3 **Forbrændingsforsøg på I/S REFA**

Der blev gennemført fuldskala forbrændingsforsøg på I/S REFA d. 17. december 2006. Forsøget blev kørt på ovnlinie 3, og strakte sig over tidsrummet kl. 04 til kl. 21. Forsøgsperioden var delt op i to dele. I første del af forsøgsperioden (kl. 04 til kl. 13) blev der udelukkende brændt mellemlagret affald. I anden del af forsøgsperioden (kl. 13 til kl. 21) blev der udelukkende brændt friskt dagrenovation. Både før og efter forsøget blev der brændt almindeligt blandet affald. Det affald, der blev forbrændt fra kl. 21 til næste morgen, var dog udelukkende affald med en betydelig opholdstid i siloen, en måned eller mere. Det beror på at siloen ifølge driftspersonalet ikke havde været tømt tilsvarende langt ned i en længere periode.

Det mellemlagrede affald bestod af neddelt affald af typen "stort brændbart". Det var neddelt inden lagring, herefter oplagret i nogle måneder og neddelt igen inden tilkørsel til forbrændingsanlægget. Det neddelte affald indeholdt en del brædder og fremstod relativt tørt. Der sås ingen affaldskomponenter, som kunne udpeges som særligt svovlholdige (gipsplader, dæk mm.). Driftspersonalet oplyste, at når det mellemlagrede affald fremstår fugtigt, fornemmes at kalkforbruget til røggasrensning bliver højere end ved forbrænding af tørt mellemlagret affald.

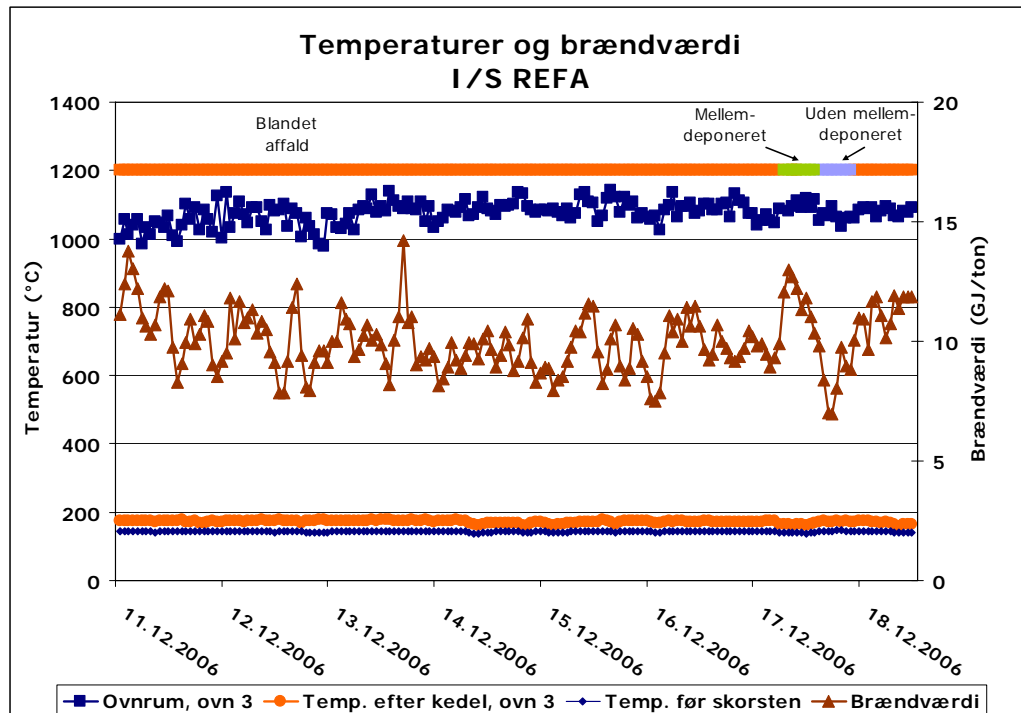
Inden forsøget blev der opsat rågasmåleudstyr til kontinuerte målinger af rågassens sammensætning under forsøget.

I løbet af forsøget blev der for hver forsøgsdel (med og uden mellemlagret affald) udtaget en blandingsprøve af den producerede slagge. Det var ikke muligt at udtage en repræsentativ prøve af røggasrensningsproduktet, da der sker en betydelig recirkulering af kalk i det anvendte røggasrensningssystem. Den gennemsnitlige opholdstid af kalken er dermed meget lang i reaktoren, og det er ikke muligt at udtage røggasrensningsprøver, der repræsenterer specifikke kortere varige tidsperioder som forsøgsperioden. For slaggen blev der udtaget en stikprøve én gang i timen. For hver delforsøg blev disse stikprøver samlet til én blandprøve. Fra indfødning af affald i tragten til det ender som restprodukt går der en vis tid, skønsmæssigt 2 timer. For at sikre at den udtagne restproduktprøve repræsenterede restprodukt fra affald, der var brændt i løbet af forsøgsperioden, blev der derfor først udtaget slaggeprøver 4 timer efter forsøgsperiodens begyndelse.

For at sikre at der ikke var unormal drift i forsøgsperioden, blev der opsamlet en række driftsdata både før, under og efter forsøget. Der er set nærmere på driftsdata for perioden 11.-18. december. Disse data sammenholdt med den generelle erfaring hos REFA's driftspersonale viser, at anlægget kørte i normal drift i hele forsøgsperioden.

Til illustration af dette er der på Figur 4.3 vist temperaturer i ovnrum, efter kedel og før skorsten for en uges drift, hvoraf der blev gennemført forsøg én dag sidst i perioden. Yderligere er vist brændværdien af det indfyrede affald. Af figuren fremgår det, at både temperatur og brændværdi svarer til det generelle niveau for ovnlinien. Der

var dog ved skift af brændsel mindre udsving inden ovnen fandt et stabilt leje. Ved skift til mellemlagret affald med høj brændværdi opstod der enkelte episoder med høj forbrændingstemperatur, høj last og lav O<sub>2</sub>. Tilsvarende faldt ovntemperaturen i en periode (ca. en time) ved skift til dagrenovation med lav brændværdi.



Figur 4.3. Temperaturer i ovnrøm, efter kedel og før skorsten for ovnlinie 3 på REFA I/S i perioden 11.-18. december 2006. Yderligere er vist brændværdien for den indfyrede affald.

Resultaterne af forbrændingsforsøget på I/S REFA er vist og gennemgået i kapitel 5.

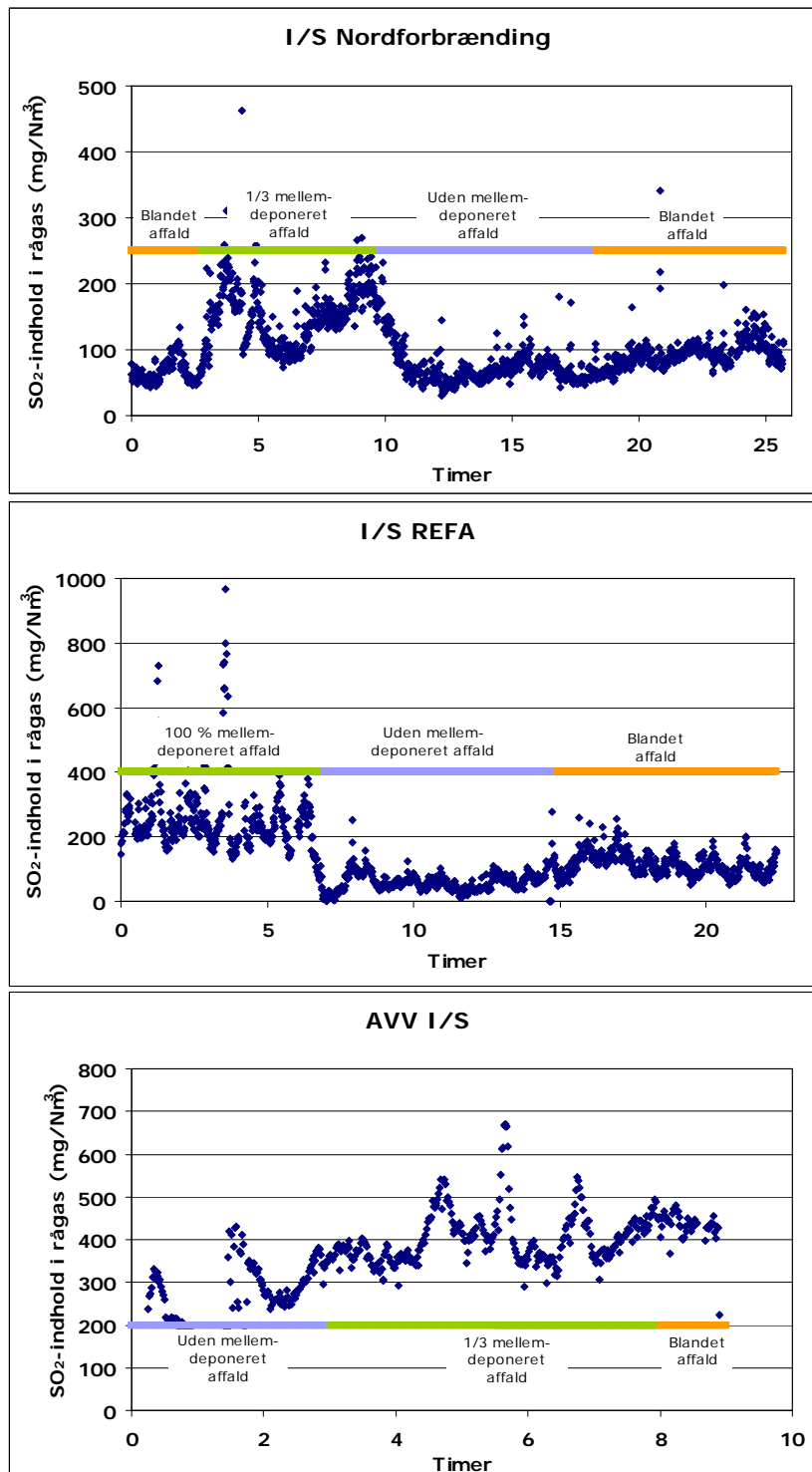
## 5. Resultater af gennemførte forsøg

### 5.1 Rågasmålinger

Som et led i forsøgene blev der som nævnt opsat rågasmåleinstrumenter på alle tre anlæg til bestemmelse af rågassens indhold af bl.a. SO<sub>2</sub>.

På Figur 5.1 er resultaterne af rågasmålingerne vist for alle 3 anlæg. Af figuren fremgår det, at der i forsøgene på alle 3 anlæg var en tydelig sammenhæng mellem rågassens indhold af SO<sub>2</sub> og indfyring af mellemlagret affald. Sammenhængen var især tydelig ved forsøgene på I/S Nordforbrænding og I/S REFA. Der ses også et stigende SO<sub>2</sub>-indhold i rågassen i forsøget på AVV I/S. Billedet er dog ikke lige så tydeligt, hvilket kan skyldes, at der var en del problemer på AVV I/S med det opsatte måleudstyr til rågassen. Det betyder, at der kun er rågasmålinger for de sidste par timer af den periode, hvor der udelukkende blev brændt frisk affald. Der er dog rågasmålinger for hele perioden med forbrænding af mellemlagret affald, og for den efterfølgende periode, hvor der blev brændt almindeligt blandet affald, som kan indeholde en mindre andel mellemlagret affald. Anvendes disse data for AVV I/S ses også for dette forbrændingsanlæg et stigende indhold af SO<sub>2</sub> i rågassen ved forbrænding af mellemlagret affald.

Generelt viser forsøgene, at der ved forbrænding af mellemlagret affald er et tydeligt højere indhold af SO<sub>2</sub> i rågassen end ved forbrænding af friskt blandet affald (primært dagrenovation) helt uden mellemlagret affald. Ved forbrænding af almindeligt blandet forbrændingsegnet affald med et vist indhold af mellemlagret affald, kan der for alle 3 anlæg konstateres en mindre stigning i rågassens indhold af SO<sub>2</sub> sammenlignet med en forsøgsperiode, hvor der ikke er brændt mellemlagret affald.

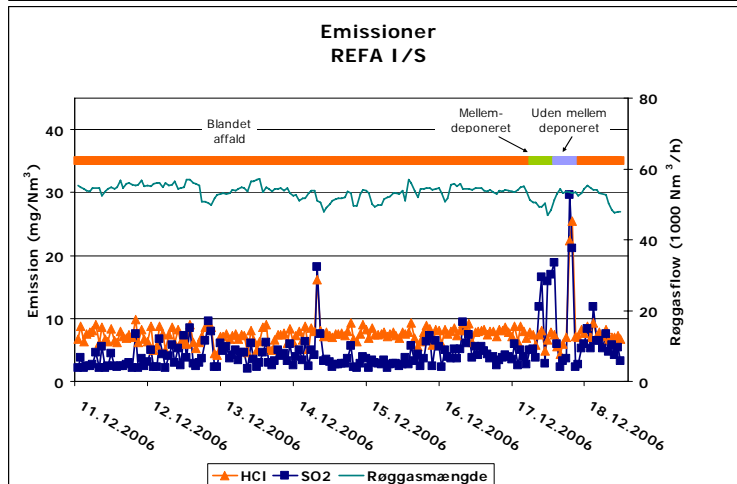
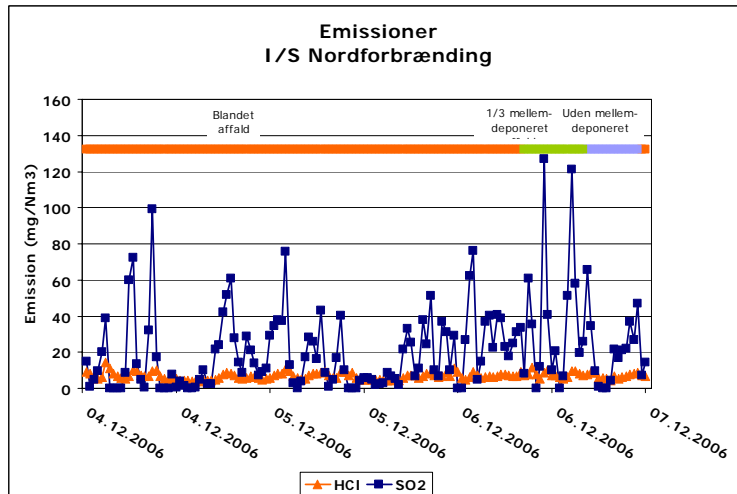
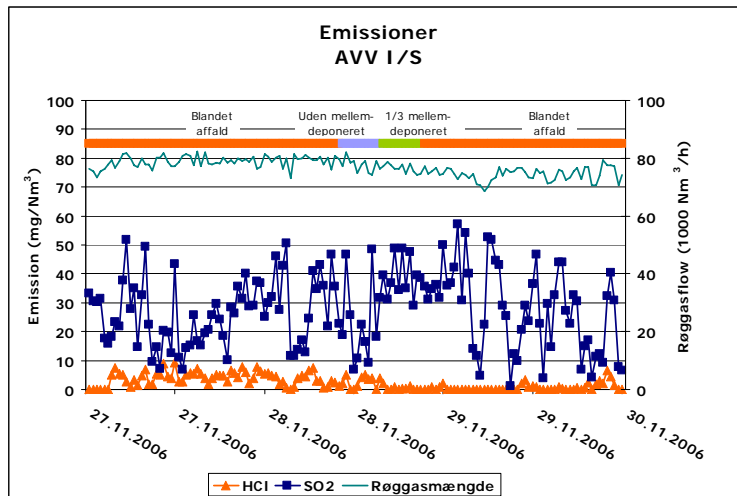


Figur 5.1. Resultater af fuldskalaforsøg på forbrændingsanlæggene AVV I/S, I/S Nordforbrænding og I/S REFA. På figurene er vist rågassens (før røggasrensning) indhold af SO<sub>2</sub> (korrigeret til tør rågas og 11 % ilt) for perioder både med og uden forbrænding af mellemlagret affald. De viste værdier er minutværdier.

## 5.2 Rengasmålinger

Et forhøjet SO<sub>2</sub>-indhold i rågassen kan resultere i et forhøjet SO<sub>2</sub>-indhold i rengassen. For at vurdere om der under forsøgene med forbrænding af mellemlagret affald var forhøjede emissioner af SO<sub>2</sub>, viser Figur 5.2 for alle 3 forbrændingsanlæg emissionsmålinger af SO<sub>2</sub> og HCl i perioden omkring forsøgene med forbrænding af mellemlagret affald.

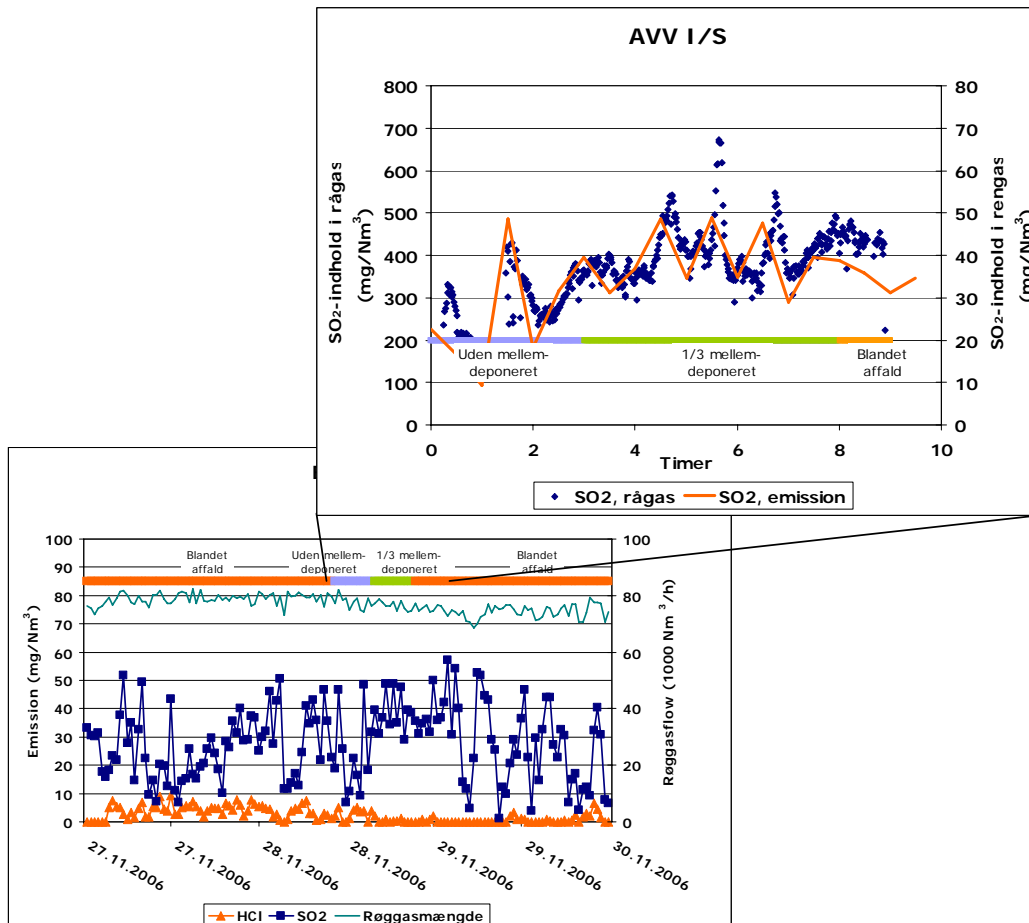
Af Figur 5.2 fremgår det, at der for AVV I/S ikke kunne observeres nogen stigning i SO<sub>2</sub>-emissionen under forbrændingsforsøgene hverken i forhold til det generelle SO<sub>2</sub>-niveau eller i variationen i SO<sub>2</sub>-emissionen i perioden omkring forbrændingsforsøgene. For både I/S Nordforbrænding og I/S REFA ses der derimod højere SO<sub>2</sub>-emissioner under forbrændingsforsøgene end det generelle niveau i perioden omkring forsøgene. SO<sub>2</sub>-emissionerne for både I/S Nordforbrænding og I/S REFA vurderes at være større end hvad der kan forklares med generelle variationer. Specielt ses der tydeligt højere SO<sub>2</sub>-emissioner for I/S REFA. Generelt er SO<sub>2</sub>-emissionerne hos I/S REFA meget lave, og de ligger meget konstant omkring 5 mg/Nm<sup>3</sup>. I forbindelse med forbrændingsforsøgene ses væsentlig større variation i SO<sub>2</sub>-emissionen end normalt med en del emissionsmålinger omkring 15-25 mg/Nm<sup>3</sup>. På trods af de højere SO<sub>2</sub>-emissioner er SO<sub>2</sub>-niveauet i rengassen hos I/S REFA stadig lavt, i forhold til hvad der ses på mange andre forbrændingsanlæg, og samtlige emissionsmålinger i den undersøgte periode ligger væsentligt under kravet til både døgnmiddelværdi på 50 mg/Nm<sup>3</sup> og til ½-timemiddelværdi på 200 mg/Nm<sup>3</sup>.



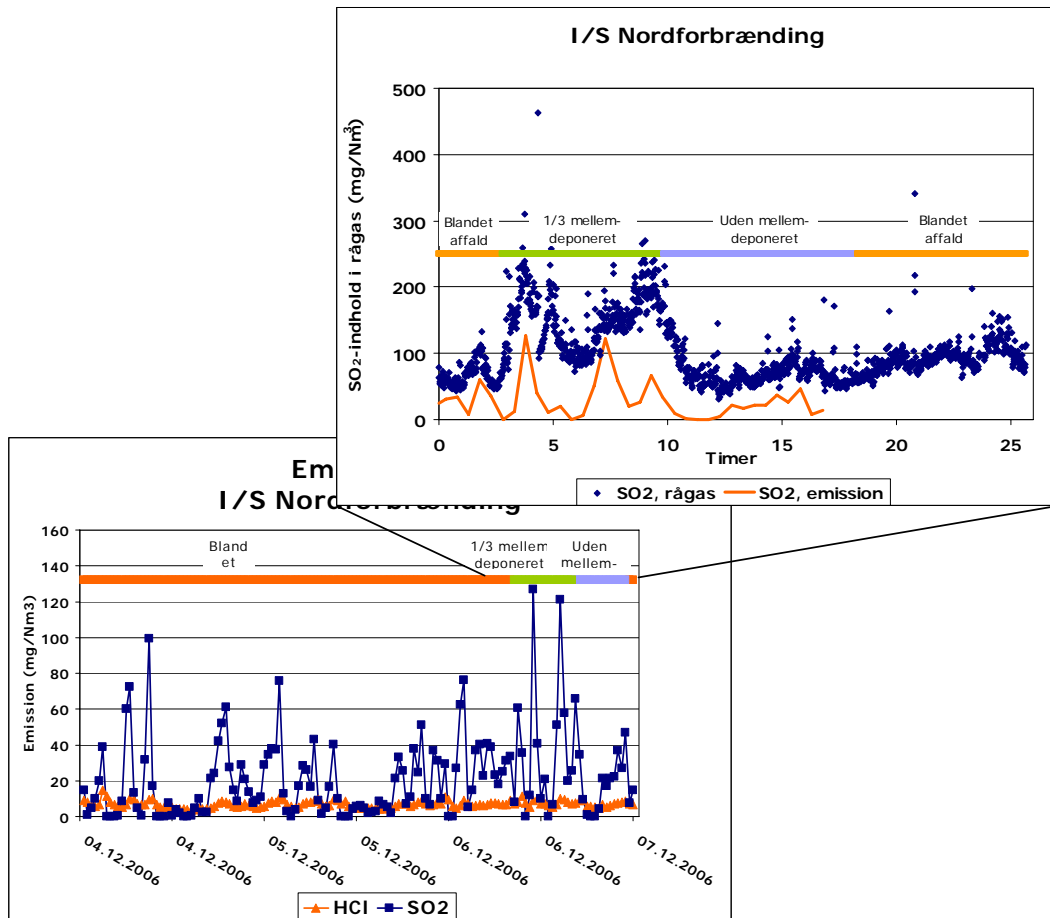
Figur 5.2. Emissionsmålinger af SO<sub>2</sub> og HCl i mg/Nm<sup>3</sup> (tør røggas, 11 % O<sub>2</sub>) i en periode omkring de gennemførte forbrændingsforsøg på de 3 forbrændingsanlæg. Emissionsmålingerne er baseret på ½-times middelværdier eller time-middelværdier.



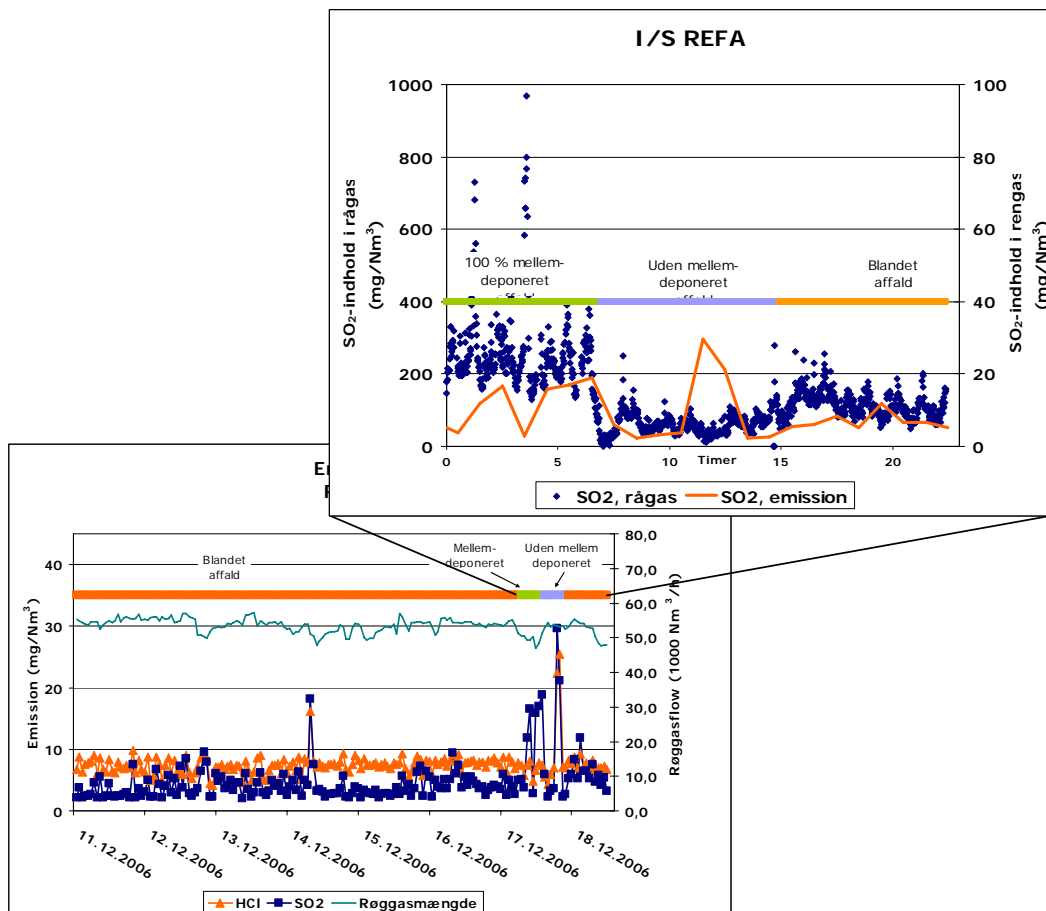
Til yderligere vurdering af, om der er en direkte sammenhæng mellem SO<sub>2</sub>-indholdet i rågassen og SO<sub>2</sub>-indholdet i rengassen er der på Figur 5.3, Figur 5.4 og Figur 5.5 optegnet samhørende værdier af SO<sub>2</sub>-indholdet i henholdsvis rågassen og rengassen under forbrændingsforsøgene på de 3 forbrændingsanlæg.



Figur 5.3. Samhørende målinger af rågassens og rengassens indhold af SO<sub>2</sub> i mg/Nm<sup>3</sup> (tør røggas, 11 % O<sub>2</sub>) under det gennemførte forbrændingsforsøg på AVV I/S. Rågasmålingerne er baseret på minutværdier, mens rengasmålingerne er baseret på ½-times middelværdier.



Figur 5.4. Samhørende målinger af rågassens og rengassens indhold af SO<sub>2</sub> i mg/Nm<sup>3</sup> (tør røggas, 11 % O<sub>2</sub>) under det gennemførte forbrændingsforsøg på I/S Nordforbrænding. Rågasmålingerne er baseret på minutværdier, mens rengasmålingerne er baseret på ½-times middelværdier.



Figur 5.5. Samhørende målinger af rågassens og rengassens indhold af SO<sub>2</sub> i mg/Nm<sup>3</sup> (tør røgas, 11 % O<sub>2</sub>) under det gennemførte forbrændingsforsøg på I/S REFA. Rågasmålingerne er baseret på minutværdier mens rengasmålingerne er baseret på timemiddelværdier.

For forsøgene på AVV I/S og I/S Nordforbrænding (Figur 5.3 og Figur 5.4) ses en tydelig sammenhæng mellem rågassens SO<sub>2</sub>-indhold og emissionen af SO<sub>2</sub>. SO<sub>2</sub>-kurverne over henholdsvis rågas og rengas (emission) har helt samme forløb med sammenfaldende toppe af SO<sub>2</sub>. For forsøgene på I/S REFA ses derimod ingen entydig sammenhæng mellem rågassens og rengassens SO<sub>2</sub>-indhold, når der specifikt ses på en tidsmæssig begrænset periode, som den forbrændingsforsøgene strækker sig over (Figur 5.5).

Grunden til, at der på nogle anlæg ses en meget tydelig sammenhæng mellem indholdet i rågassen og rengassen, selv over kortere tidsperioder, mens der på andre anlæg ikke kan observeres noget direkte sammenfald, kan skyldes både styringen af kalktilsætningen og det anvendte røggasrensningssystem. De 3 undersøgte anlæg har 3 forskellige røggasrensningssystemer, men på alle 3 anlæg styres kalktilsætningen primært ud fra rengasmålinger af SO<sub>2</sub> og HCl.

På I/S REFA anvendes et GSA-baseret røggasrensningssystem, hvor GSA står for GasSuspensionsAbsorber. Et GSA-system er et specielt semitørt røggasrensningssy-

stem, hvor der sker en stor recirkulering af kalken. Den gennemsnitlige opholdstid af kalken i røggasrensningssystemet er stor (adskillige dage), hvilket betyder, at der altid er et forholdsvis stort indhold af overskudskalk i systemet, der kan reagere med  $\text{SO}_2$  og  $\text{HCl}$  og dermed også tage eventuelle kortvarige forhøjede koncentrationer af sure gasser i rågassen. Dette er sandsynligvis grunden til, at der ikke ses en entydig sammenhæng mellem rågassens og rengassens  $\text{SO}_2$ -indhold på trods af, at der under forbrændingsforsøgene generelt observeres højere  $\text{SO}_2$ -emissioner end det normale emissionsniveau for I/S REFA (jvf. Figur 5.2 og Figur 5.5).

I/S Nordforbrænding har på den anvendte ovnlinie et semitørt røggasrensingsanlæg med direkte inddysning af kalk i røggassen efter economiseringen og efterfølgende opsamling af røggasrensingsprodukt på posefilter. Der sker ingen recirkulering af kalk i forbindelse med røggasrensningen. Da kalkdoseringen som nævnt primært styres af rengassens indhold af  $\text{HCl}$  og  $\text{SO}_2$ , og der ikke er en recirkulerende mængde af kalk, der kan fungere som buffer ved kortvarige høje koncentrationer af sure gasser, er det forventeligt, at forhøjet indhold af sure gasser (her primært  $\text{SO}_2$ ) i rågassen også vil give forhøjet indhold af sure gasser i rengassen. Dette svarer også til, hvad der blev observeret på I/S Nordforbrænding i forbindelse med forbrændingsforsøgene (se Figur 5.2 og Figur 5.4).

AVV I/S har et tørt røggasrensningssystem uden recirkulering af den inddyssede kalk. I stil med I/S Nordforbrænding er det derfor forventeligt, at forhøjet indhold af  $\text{SO}_2$  i rågassen giver forhøjet emission af  $\text{SO}_2$ . Dette svarer også til, hvad der blev observeret på AVV I/S i forbindelse med forbrændingsforsøgene (se Figur 5.2 og Figur 5.3).

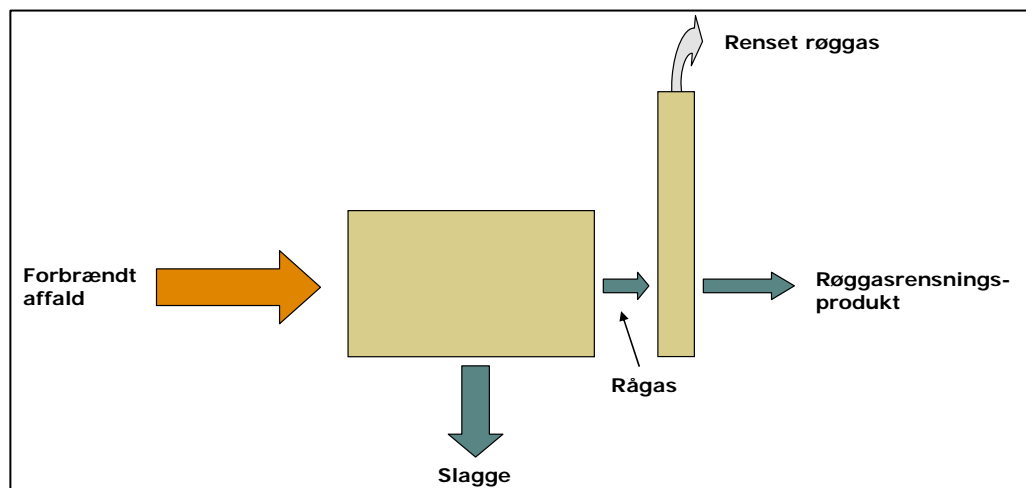
Alt i alt viser resultaterne på Figur 5.2 til Figur 5.5, at et højt indhold af  $\text{SO}_2$  i rågassen kan resultere i et højt indhold af  $\text{SO}_2$  i rengassen. Der er dog ikke nødvendigvis en sammenhæng mellem  $\text{SO}_2$ -indholdet i rågassen og i rengassen. Hvorvidt der er en sådan sammenhæng eller ej vil helt afhænge af det aktuelle røggasrensningssystem på det enkelte anlæg. Yderligere kan styringen af kalktilsætningen i forbindelse med røggasrensningen være af betydning. På de fleste anlæg styres kalktilsætningen primært af emissionsmålinger af  $\text{SO}_2$  og  $\text{HCl}$ . Der er dog også anlæg, hvor kalktilsætningen styres af rågasmålinger af  $\text{SO}_2$  og  $\text{HCl}$ , eller eventuelt af en kombination af rågas- og rengasmålinger. En øget styring af kalktilsætning ud fra rågasmålinger vil muligvis kunne give en mere kontrolleret styring af emissionen af sure gasser. Yderligere vil en ændret styring af kalktilsætningen muligvis kunne sænke niveauet af overskudskalk i røggasrensningsproduktet.

Generelt viser de opnåede resultater, at nogle anlæg sandsynligvis vil have større behov for at styre sammensætningen af det indfyrede affald (f.eks. mængden af mellemlagret affald) end andre anlæg for at sikre, at de gældende emissionskrav overholdes. De opnåede resultater indikerer, at der kan være mindre behov for at styre sammensætningen af det indfyrede affald, hvis røggasrensningssystemet er opbygget med kalk-recirkulering og dermed har en vis mængde overskudskalk til at sorbere kortvarige  $\text{SO}_2$ -toppe.

### 5.3 Massebalancer

I forbindelse med forsøgene blev der også udtaget restproduktprøver (både slagge og røggasrensningsprodukt) til vurdering af, om forbrænding af mellemlagret affald har betydning for sammensætningen af restprodukterne (primært svovl-indholdet). For hvert forbrændingsforsøg er der som tidligere beskrevet udtaget én blandprøve for forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald og én blandprøve for forsøgsperioden med forbrænding af udelukkende frisk affald. Resultaterne af de udtagne restproduktprøver fra de tre forbrændingsforsøg er vist i henholdsvis Tabel 5.1, Tabel 5.2 og Tabel 5.3.

Ud fra kendskab til svovlindholdet i restprodukterne samt emissionen af  $\text{SO}_2$  er det muligt at opstille en samlet massebalance for svovl for de tre anlæg. De massestrømme, der medtages i svovl-massebalancen, er angivet i Figur 5.6.



Figur 5.6. Angivelse af medtagne massestrømme ved opstilling af massebalance for svovl i forbindelse med de gennemførte forbrændingsforsøg.

#### 5.3.1 Massebalancer for AVV I/S

I Tabel 5.1 er vist analyseresultaterne af de udtagne restproduktprøver fra AVV I/S. Yderligere er vist gennemsnitsværdier for udvalgte parametre som røggasflow og  $\text{SO}_2$ -indhold i rågas og rengas under forsøget. De angivne mængder af røggasrensningsprodukt er kun grove overslag baseret på kalkforbrug og et estimeret støkiometrisk forhold på 2. Det betyder, at det er antaget at halvdelen af det kalk, der tilsættes i røggasrensningsystemet, anvendes til neutralisering af røggassens sure komponenter, mens den anden halvdel af det tilsatte kalk findes i røggasrensningsproduktet som overskudskalk.

Tabel 5.1. Estimeret mængde og sammensætning af restprodukter udtaget i forbindelse med forbrændingsforsøgene på AVV I/S.

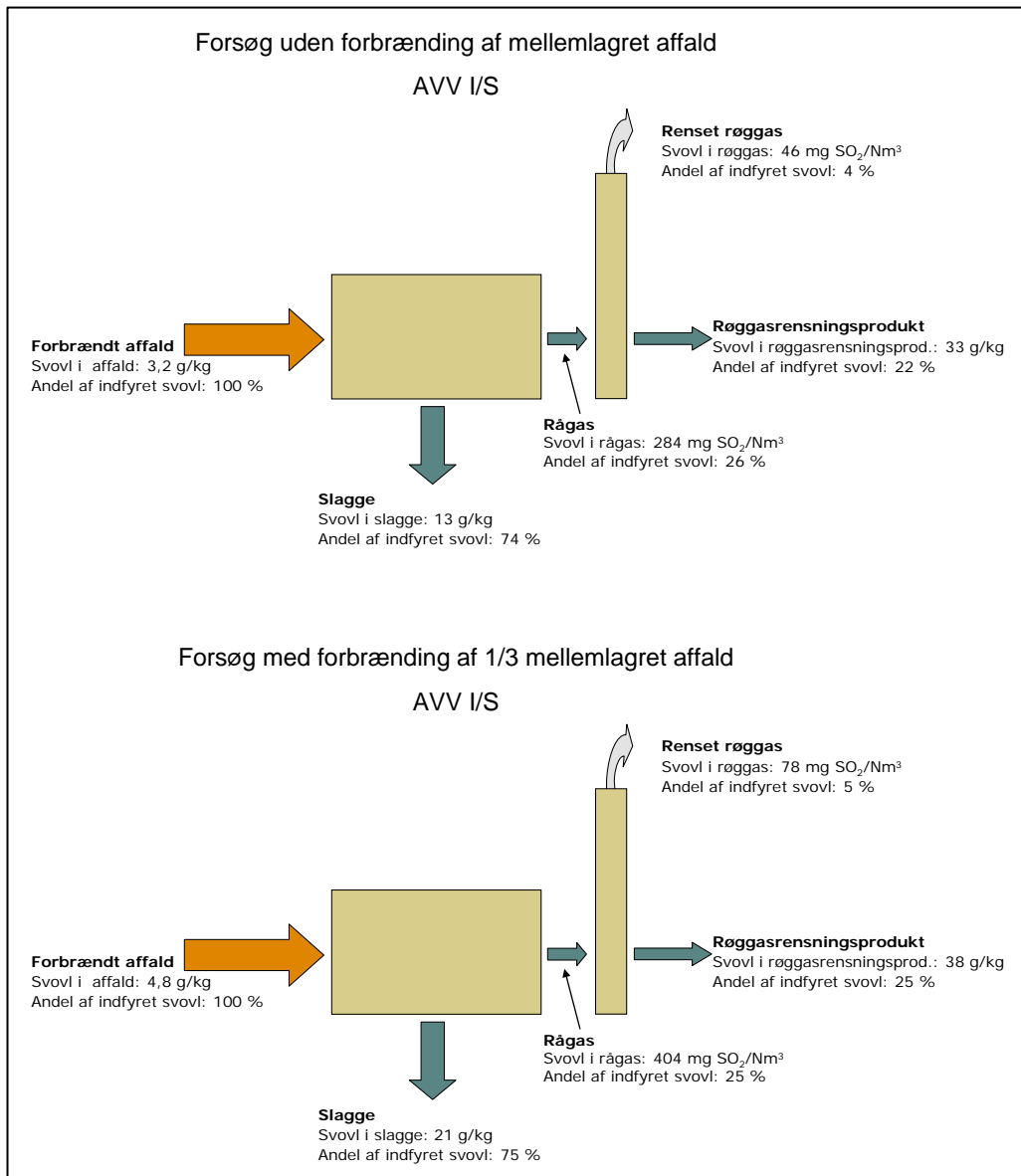
| Parameter   | Enhed                               | 0 % mellem-                      | 1/3 mellem-                      |
|---|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|   |                                     | deponeret affald<br>Ovnlinie 2+3 | deponeret affald<br>Ovnlinie 2+3 |
| <b>Affald</b>   |                                     |                                  |                                  |
| Indfyret affaldsmængde                                    | t/h                                 | 10,4                             | 10,9                             |
| Svovl i indfyret affald                                   | kg/h                                | 33                               | 52                               |
| Svovl i indfyret affald                                   | %                                   | 0,32                             | 0,48                             |
| <b>Slagge</b>   |                                     |                                  |                                  |
| Slaggemængde  | t/h                                 | 2,7                              | 2,7                              |
| Slaggemængde i % af indfyret affald                       | %                                   | 25                               | 24                               |
| TOC <sup>2</sup>  | kg/h                                | 51                               | 26                               |
| Klorid (Cl)   | kg/h                                | 11                               | 9,5                              |
| Svovl (S)   | kg/h                                | 25                               | 39                               |
| <b>RRP<sup>1</sup></b>                                    |                                     |                                  |                                  |
| Mængde RRP  | kg/h                                | 223                              | 338                              |
| Mængde af RRP i % af indfyret affald                      | %                                   | 2,1                              | 3,1                              |
| Klorid (Cl)   | kg/h                                | 34                               | 56                               |
| Svovl (S)   | kg/h                                | 7,5                              | 13                               |
| Ca(OH) <sub>2</sub>                                       | %                                   | 23                               | 20                               |
| <b>Rågas</b>  |                                     |                                  |                                  |
| Rågasflow (tør, 11 % O <sub>2</sub> )                     | Nm <sup>3</sup> /h                  | 62.000                           | 65.000                           |
| SO <sub>2</sub> -indhold                                  | mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> | 284                              | 404                              |
| S-indhold i rågas   | kg/h                                | 8,9                              | 13                               |
| Estimeret S i røggasrensningsprodukt ud fra rågasmålinger | kg/h                                | 7,4                              | 11                               |
| Difference mellem estimeret og målt S i RRP               | kg/h                                | - 0,02                           | - 2,2                            |
| <b>Rengas</b>   |                                     |                                  |                                  |
| Røggasflow (tør, 11 % O <sub>2</sub> )                    | Nm <sup>3</sup> /h                  | 62.000                           | 65.000                           |
| SO <sub>2</sub> -emission                                 | mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> | 46                               | 78                               |
| S-emission  | kg/h                                | 1,4                              | 2,6                              |

<sup>1</sup>: RRP: Røggasrensningsprodukt; <sup>2</sup>: TOC: Total organisk kulstof

Ved opstilling af svovl-massebalancen for AVV I/S er svovl-indholdet i røggasrensningsproduktet estimeret ud fra kendskab til indholdet af svovl i rågassen og i den rensede røggas. Det er så antaget, at forskellen mellem svovl-indholdet i rågassen og i rengassen er et udtryk for det svovl, der findes i røggasrensningsproduktet. Dette er naturligvis en forholdsvis grov antagelse, hvor der bl.a. ses bort fra evt. svovl i flyveasken, som ikke medtages i rågas-analyserne. På det foreliggende datagrundlag vurderes det dog at være den mest sikre massebalance, der kan opstilles. Dette skyldes blandt andet, at der ikke findes et direkte mål for den producerede mængde restprodukt i forsøgsperioden. Restproduktmængden er som tidligere beskrevet estimeret ud fra kalkforbruget, mængden af overskudskalk i restproduktet og et antaget støkiometrisk forhold på 2 mellem kalktilsætning og forbrug af kalk til neutralisering af røggassens sure komponenter. Yderligere er forsøgsperioden forholdsvis kort, hvorved der f.eks. ikke kan ses bort fra usikkerheden om hvilken tidsperiode, den estimerede restproduktmængde svarer til.

Massebalancen for svovl for forbrændingsforsøget på AVV I/S fremgår af Figur 5.7. Af figuren ses det, at der er mere svovl i det forbrændte affald i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald (4,8 g/kg) end i forsøgsperioden, hvor der udelukkende blev brændt frisk affald (3,2 g/kg). Svovlindholdet er således betydeligt højere i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald end i forsøgsperioden med forbrænding af frisk affald. Dette kan skyldes, at affaldstyper, der mellemlagres, har et højere svovlindhold end frisk dagrenovation. Grunden kan dog også være, at der som nævnt i delrapport 1 kan ske en opkoncentrering af svovl i affaldet under mellemlagring som følge af nedbrydning af organisk stof og deraf følgende tab af samlet masse.

Fordelingen af svovl mellem de forskellige massestrømme ud af forbrændingsanlægget (slagge, røggasrensningsprodukt og røggas) er nogenlunde den samme for de 2 forsøgsperioder. Forsøgsresultaterne for AVV I/S underbygger dermed ikke umiddelbart teorien fra delrapport 1 om, at mellemlagring af affald kan resultere i en efterfølgende større omdannelse af svovl til  $\text{SO}_2$  under forbrændingsprocessen. Samlet er der dog væsentligt mere svovl i de udgående massestrømme for forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald, hvilket skyldes, at massestrømmen af svovl i det forbrændte affald er væsentlig større i denne forsøgsperiode.



Figur 5.7. Massebalancer for svovl for forbrændingsforsøg på AVV I/S. Øverst er vist massebalancen for forsøgsperioden uden forbrænding af mellemlagret affald, og nederst er vist massebalancen for perioden med forbrænding af 1/3 mellemlagret affald.

### 5.3.2 Massebalancer for I/S Nordforbrænding

I Tabel 5.2 er vist analyseresultaterne af de udtagne restproduktprøver fra I/S Nordforbrænding. Yderligere er vist gennemsnitsværdier for udvalgte parametre som røggasflow og SO<sub>2</sub>-indhold i rågas og rengas under forsøget. Som tilfældet var for AVV I/S er de angivne mængder af røggasrensningsprodukt grove overslag baseret på kalkforbrug og et estimeret støkiometrisk forhold på 2. Det betyder, at det er antaget at halvdelen af det kalk, der tilsættes i røggasrensningssystemet, anvendes til neutralisering af røggassens sure komponenter, mens den anden halvdel af det tilsatte kalk findes i røggasrensningsproduktet som overskudskalk.



Tabel 5.2. Estimeret mængde og sammensætning af restprodukter udtaget i forbindelse med forbrændingsforsøgene på I/S Nordforbrænding.

| Parameter   | Enhed                               | 0 % mellemlagret affald<br>Ovnlinie 3 | 1/3 mellem-laget affald<br>Ovnlinie 3 |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Affald</b>   |                                     |                                       |                                       |
| Indfyret affaldsmængde                                    | t/h                                 | 3,3                                   | 2,89                                  |
| Svovl i indfyret affald                                   | kg/h                                | 2,5                                   | 5,3                                   |
| Svovl i indfyret affald                                   | %                                   | 0,07                                  | 0,19                                  |
| <b>Slagge</b>   |                                     |                                       |                                       |
| Slaggemængde  | t/h                                 | 0,62                                  | 0,60                                  |
| Slaggemængde i % af indfyret affald                       | %                                   | 19                                    | 21                                    |
| TOC <sup>2</sup>  | kg/h                                | 3,2                                   | 9,7                                   |
| Klorid (Cl)   | kg/h                                | 0,85                                  | 1,6                                   |
| Svovl (S)   | kg/h                                | 1,8                                   | 4,0                                   |
| <b>RRP<sup>1</sup></b>                                    |                                     |                                       |                                       |
| Mængde RRP  | kg/h                                | 85                                    | 39                                    |
| Mængde af RRP i % af indfyret affald                      | %                                   | 2,6                                   | 1,4                                   |
| Klorid (Cl)   | kg/h                                | 13                                    | 4,4                                   |
| Svovl (S)   | kg/h                                | 2,5                                   | 0,87                                  |
| Ca(OH) <sub>2</sub>                                       | %                                   | 44                                    | 56                                    |
| Kalkforbrug til røggasrensning                            | kg/h                                | 75                                    | 44                                    |
| <b>Rågas</b>  |                                     |                                       |                                       |
| Rågasflow (tør, 11 % O <sub>2</sub> )                     | Nm <sup>3</sup> /h                  | 20.000                                | 17.000                                |
| SO <sub>2</sub> -indhold                                  | mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> | 72                                    | 151                                   |
| S-indhold i rågas   | kg/h                                | 0,71                                  | 1,3                                   |
| Estimeret S i røggasrensningsprodukt ud fra rågasmålinger | kg/h                                | 0,50                                  | 0,96                                  |
| Difference mellem estimeret og målt S i RRP               | kg/h                                | -2,0                                  | -0,09                                 |
| <b>Rengas</b>   |                                     |                                       |                                       |
| Røggasflow (tør, 11 % O <sub>2</sub> )                    | Nm <sup>3</sup> /h                  | 20.000                                | 17.000                                |
| SO <sub>2</sub> -emission                                 | mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> | 22                                    | 37                                    |
| S-emission  | kg/h                                | 0,22                                  | 0,31                                  |

<sup>1</sup>: RRP: Røggasrensningsprodukt; <sup>2</sup>: TOC: Total organisk kulstof

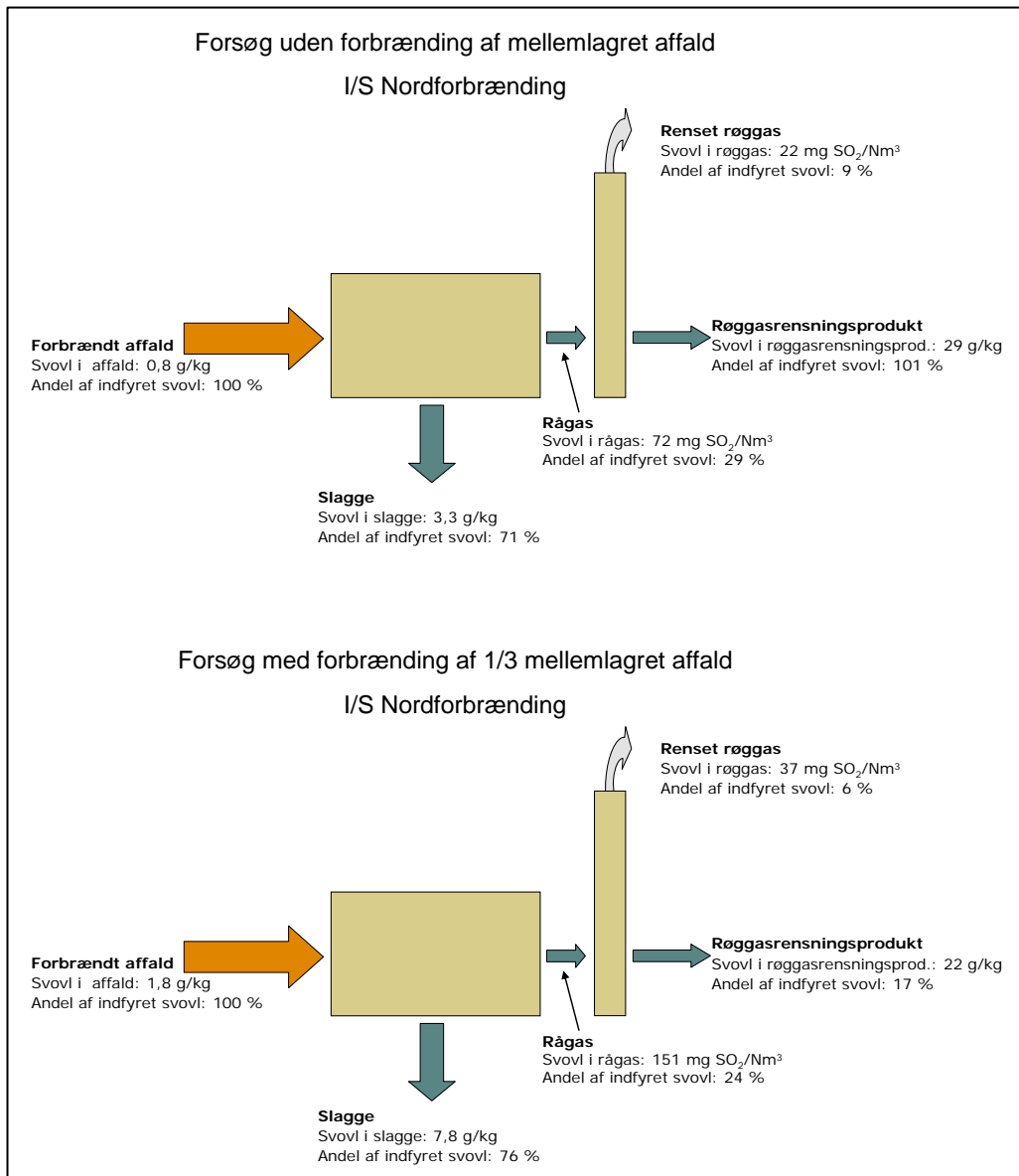
Ved opstilling af svovl-massebalancen for I/S Nordforbrænding er svovl-indholdet i røggasrensningsproduktet estimeret ud fra kendskab til indholdet af svovl i rågassen og i den rensede røggas. Det er så antaget, at forskellen mellem svovl-indholdet i rågassen og i rengassen er et udtryk for det svovl, der findes i røggasrensningsproduktet. Dette er naturligvis en forholdsvis grov antagelse, hvor der bl.a. ses bort fra evt. svovl i flyveasken, som ikke medtages i rågas-analyserne. På det foreliggende datagrundlag vurderes det dog at være den mest sikre massebalance, der kan opstilles. Dette skyldes blandt andet, at der ikke findes et direkte mål for den producerede mængde restprodukt i forsøgsperioden. Restproduktmængden er som tidligere beskrevet estimeret ud fra kalkforbruget, mængden af overskudskalk i restproduktet og et antaget støkiometrisk forhold på 2 mellem kalktilsætning og forbrug af kalk til neutralisering af røggassens sure komponenter. Yderligere er forsøgsperioden forholdsvis kort, hvorved der f.eks. ikke kan ses bort fra usikkerheden om hvilken tidsperiode, den estimerede restproduktmængde svarer til.

Massebalancen for svovl for forbrændingsforsøget på I/S Nordforbrænding fremgår af Figur 5.8. Af figuren ses det, at der er mere svovl i det forbrændte affald i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald (1,8 g/kg) end i forsøgsperioden, hvor der udelukkende blev brændt frisk affald (0,8 g/kg). Svovlindholdet er således betydeligt højere i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald end i forsøgsperioden med forbrænding af frisk affald. Dette kan skyldes, at affaldstyper, der mellemlagres, har et højere svovlindhold end frisk dagrenovation. Grunden kan dog også være, at der som nævnt i delrapport 1 kan ske en opkoncentrering af svovl i affaldet under mellemlagring som følge af nedbrydning af organisk stof og deraf følgende tab af samlet masse.

Fordelingen af svovl mellem de forskellige massestrømme ud af forbrændingsanlægget (slagge og røggas) inden røggasrensningen er nogenlunde den samme for de 2 forsøgsperioder. Forsøgsresultaterne for I/S Nordforbrænding underbygger dermed ikke umiddelbart teorien fra delrapport 1 om, at mellemlagring af affald kan resultere i en efterfølgende større omdannelse af svovl til SO<sub>2</sub> under forbrændingsprocessen. Samlet er der dog væsentligt mere svovl i de udgående massestrømme for forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald, hvilket skyldes, at massestrømmen af svovl i det forbrændte affald er væsentlig større i denne forsøgsperiode.

Ses der særskilt på massebalancen for svovl for røggasrensningsdelen ses det, at den opnåede massebalance for forsøgsperioden uden forbrænding af mellemlagret affald ikke stemmer. S-indholdet i rågassen er estimeret til at udgøre 29 % af det samlede S-indhold i det brændte affald, mens de resterende 71 % af det samlede S-indhold genfindes i slaggen. Den særskilte massebalance for røggasrensningsdelen indikerer dog, at 101 % af den samlede mængde S i det brændte affald ender i røggasrensningsproduktet. Denne store uoverensstemmelse indikerer at massebalancen for især røggasrensningsdelen er meget usikker, da den er baseret på en enkelt blandprøve fra hver forsøgsperiode. Yderligere er bestemmelsen af S-indhold i røggasrensningsproduktet ikke en standardanalyse, og analyseresultatet må forventes at være forbundet med en forholdsvis stor usikkerhed. Samlet vurderes det, at de store forskelle på de opnåede massebalancer for forsøgene på I/S Nordforbrænding skyldes, at datagrundlaget for at opstille massebalancer for røggasrensningsdelen er meget begrænset og meget usikkert, og de opnåede massebalancer vil derfor være behæftet med stor usikkerhed.

I modsætning til de opstillede massebalancer for røggasrensningsdelen vurderes de opnåede massebalancer for fordelingen af S mellem slagge, rågas og rengas at være betydeligt mere pålidelige og anvendelige til vurdering af indhold og fordeling af svovl for de gennemførte forbrændingsforsøg.



Figur 5.8. Massebalancer for svovl for forbrændingsforsøg på I/S Nordforbrænding. Øverst er vist massebalancen for forsøgsperioden uden forbrænding af mellemlagret affald, og nederst er vist massebalancen for perioden med forbrænding af 1/3 mellemlagret affald.

### 5.3.3 Massebalancer for I/S REFA

I Tabel 5.3 er vist analyseresultaterne af de udtagne restproduktprøver fra I/S REFA. Yderligere er vist gennemsnitsværdier for udvalgte parametre som røggasflow og SO<sub>2</sub>-indhold i rågas og rengas under forsøget.

For I/S REFA er der kun udtaget slaggeprøver, da det på grund af den store recirkulering af kalk og røggasrensningsprodukt i det GSA-baserede røggasrensningsystem

ikke er muligt at udtage en prøve af røggasrensingsproduktet, der er repræsentativt for de aktuelle forsøgsperioder.

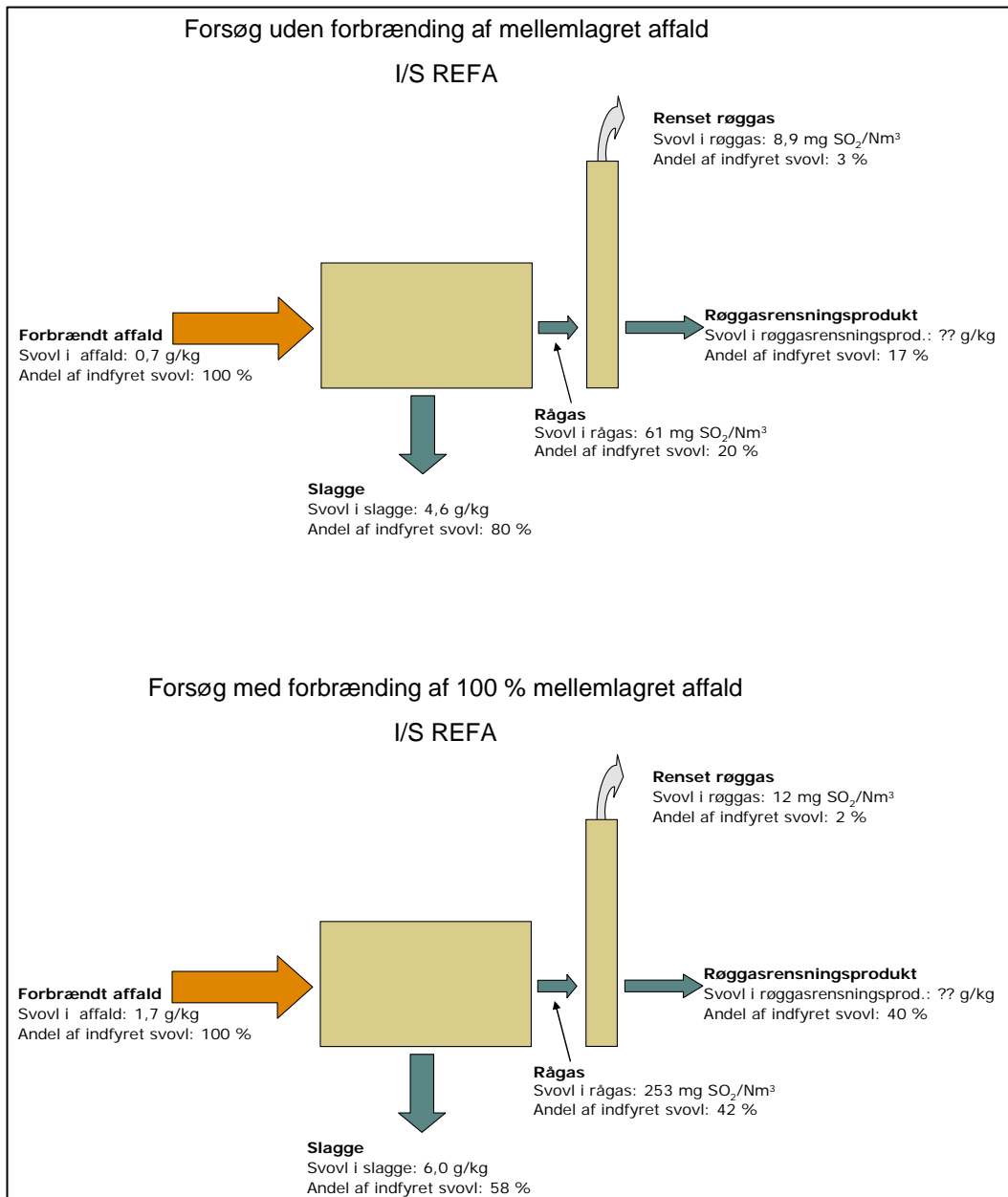
Tabel 5.3. Estimeret mængde og sammensætning af restprodukter udtaget i forbindelse med forbrændingsforsøgene på I/S REFA.

| Parameter  | Enhed                               | 0 % mellem-                    | 100 % mellem-                  |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|  |                                     | deponeret affald<br>Ovnlinie 3 | deponeret affald<br>Ovnlinie 3 |
| Indfyret affaldsmængde                                   | t/h                                 | 11,3                           | 8,9                            |
| Svovl i indfyret affald                                  | kg/h                                | 8,0                            | 15                             |
| Svovl i indfyret affald                                  | %                                   | 0,07                           | 0,17                           |
| <b>Slagge</b>  |                                     |                                |                                |
| Slaggemængde   | t/h                                 | 1,9                            | 1,9                            |
| Slaggemængde i % af indfyret affald                      | %                                   | 17                             | 21                             |
| TOC <sup>2</sup>   | kg/h                                | 33                             | 15                             |
| Klorid (Cl)  | kg/h                                | 8,1                            | 6,7                            |
| Svovl (S)  | kg/h                                | 6,4                            | 8,8                            |
| <b>Rågas</b>   |                                     |                                |                                |
| Rågasflow (tør, 11 % O <sub>2</sub> )                    | Nm <sup>3</sup> /h                  | 53.000                         | 50.000                         |
| SO <sub>2</sub> -indhold                                 | mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> | 61                             | 253                            |
| S-indhold i rågas  | kg/h                                | 1,6                            | 6,3                            |
| Estimeret S i røggasrensingsprodukt ud fra rågasmålinger | kg/h                                | 1,4                            | 6,0                            |
| <b>Rengas</b>  |                                     |                                |                                |
| Røggasflow (tør, 11 % O <sub>2</sub> )                   | Nm <sup>3</sup> /h                  | 53.000                         | 50.000                         |
| SO <sub>2</sub> -emission                                | mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> | 8,9                            | 12                             |
| S-emission   | kg/h                                | 0,24                           | 0,29                           |

<sup>1</sup>: RRP: Røggasrensingsprodukt; <sup>2</sup>: TOC: Total organisk kulstof

Ved opstilling af svovl-massebalancen for I/S REFA er svovl-indholdet i røggasrensingsproduktet estimeret ud fra kendskab til indholdet af svovl i rågassen og i den rensede røggas. Det er så antaget, at forskellen mellem svovl-indholdet i rågassen og i rengassen er et udtryk for det svovl, der findes i røggasrensingsproduktet. Dette er naturligvis en forholdsvis grov antagelse, hvor der bl.a. ses bort fra evt. svovl i flyveasken, som ikke medtages i rågas-analyserne. Da det på grund af det anvendte røggasrensningssystem på I/S REFA som nævnt ikke er muligt at udtage repræsentative prøver af røggasrensingsprodukt, er det nødvendigt at lave denne antagelse for at kunne opstille en samlet massebalance.

Massebalancen for svovl for forbrændingsforsøget på I/S REFA fremgår af Figur 5.9. Af figuren ses det, at der er 2,4 gange mere svovl i det forbrændte affald i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald (1,7 g/kg) end i forsøgsperioden, hvor der udelukkende blev brændt frisk dagrenovation (0,7 g/kg). Svovlindholdet er således væsentligt højere i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald end i forsøgsperioden med forbrænding af frisk affald. Som for AVV I/S kan dette skyldes, at affaldstyper, der mellemlagres, har et højere svovlindhold end frisk dagrenovation. Grunden kan dog også være, at der som nævnt i delrapport 1 kan ske en opkoncentrering af svovl i affaldet under mellemlagring som følge af nedbrydning af organisk stof og deraf følgende tab af samlet masse.



Figur 5.9. Massebalancer for svovl for forbrændingsforsøg på I/S REFA. Øverst er vist massebalancen for forsøgsperioden uden forbrænding af mellemlagret affald, og nederst er vist massebalancen for perioden med forbrænding af 100 % mellemlagret affald.

For forsøget på I/S REFA er fordelingen af svovl mellem de forskellige massestrømme ud af forbrændingsanlægget (slagge, røggasrensningsprodukt og røggas) væsentlig forskellig for de 2 forsøgsperioder. I forsøget med forbrænding af mellemlagret affald ender ca. 40 % svovlet i det indfyrede affald i røggasrensningsproduktet, mens det for forsøgsperioden med forbrænding af frisk dagrenovationer kun er 17 % den samlede mængde svovl i det indfyrede affald, der ender i røggasrensningsproduktet. Andelen af svovl, der emitteres med rengassen er nogenlunde den samme

for de 2 forsøgsperioder (2-3 %), mens andelen af svovl, der genfindes i slaggen, er væsentlig højere i forsøgsperioden med forbrænding af frisk dagrenovation (80 %) end i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald (58 %). Herved underbygger forsøgsresultaterne for I/S REFA teorien fra delrapport 1 om, at mellemlagring af affald kan resultere i en efterfølgende større omdannelse af svovl til SO<sub>2</sub> under forbrændingsprocessen.

I modsætning til forsøgsresultaterne for AVV I/S og I/S Nordforbrænding viser resultaterne opnået på I/S REFA således en tydelig sammenhæng mellem forbrænding af mellemlagret affald og omdannelsen af svovl i affaldet til SO<sub>2</sub>, idet en større fraktion af svovlet i affaldet omdannes til SO<sub>2</sub> under forbrændingen og ender i rågassen. Grunden, til at der kun ses denne tydelige sammenhæng for forsøgene på I/S REFA, skyldes sandsynligvis, at der her blev brændt 100 % mellemlagret affald i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald, mens det indfyrede affald på de 2 øvrige anlæg i perioden med forbrænding af mellemlagret affald kun indeholdt ca. 1/3 mellemlagret affald. Effekten af forbrænding af mellemlagret affald må derfor forventes at være mest tydelig på I/S REFA, hvilket også underbygges af de opnåede resultater.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at der ved forsøget på I/S REFA blev brændt 100 % frisk dagrenovation i den ene forsøgsperiode og 100 % mellemlagret affald (småt og stort brændbart affald) i den anden forsøgsperiode. Ud over mellemlagringen er der således også tale om 2 forskellige affaldstyper, hvilket kan have indflydelse på de opnåede resultater.

Samlet vurderes det dog, at de opnåede resultater fra forbrændingsforsøget på I/S REFA underbygger teorierne om at der ved mellemlagring både kan ske en opkoncentrering af svovl i affaldet og en omlejring af svovl til en mere reaktiv form, der lettere omdannes til SO<sub>2</sub> ved den efterfølgende forbrændingsproces.

## 6. Konklusion

Der er som nævnt gennemført fuldskalaforsøg med forbrænding af mellemlagret affald på forbrændingsanlæggene AVV I/S, I/S Nordforbrænding og I/S REFA. På baggrund af de gennemførte forbrændingsforsøg kan følgende konkluderes:

- Alle 3 forbrændingsanlæg kørte i normal drift i hele forsøgsperioden.
- Ved forsøgene på AVV I/S og I/S Nordforbrænding blev der i perioden med forbrænding af mellemlagret affald brændt friskt dagrenovation blandet med ca. 30 % mellemlagret affald, mens der ved forsøget på I/S REFA udelukkende blev brændt mellemlagret affald. Det er derfor forventeligt, at eventuelle effekter af forbrænding af mellemdeponeret affald på dannelsen af SO<sub>2</sub> vil være mest tydeligt for I/S REFA. På alle tre anlæg blev der både før og efter forsøgene brændt almindeligt blandet affald.
- 20-50 % af det samlede indhold af svovl i det indfyrede affald blev under forbrænding omdannet til SO<sub>2</sub>.
- På alle tre anlæg var der en tydelig sammenhæng mellem rågassens indhold af SO<sub>2</sub> og indfyring af mellemlagret affald. Ved forbrænding af mellemlagret affald blev der observeret et tydeligt højere indhold af SO<sub>2</sub> i rågassen end ved forbrænding af friskt blandet affald (primært dagrenovation) helt uden mellemlagret affald.
- Et forhøjet SO<sub>2</sub>-indhold i rågassen kan resultere i et forhøjet SO<sub>2</sub>-indhold i rengassen. For AVV I/S kunne der ikke observeres nogen stigning i SO<sub>2</sub>-emissionen under forbrændingsforsøgene, mens der for både I/S Nordforbrænding og I/S REFA sås højere SO<sub>2</sub>-emissioner under forbrændingsforsøgene med mellemlagret affald end det generelle niveau i perioden omkring forsøgene.
- Et højt indhold af SO<sub>2</sub> i rågassen resulterer ikke nødvendigvis i et højt indhold af SO<sub>2</sub> i rengassen. En eventuel sammenhæng kan både skyldes styringen af kalktilsætningen og det anvendte røggasrensningssystem.
- Massebalancer for svovl for de 3 forbrændingsanlæg viser, at der er mere svovl i det forbrændte affald i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald end i forsøgsperioden, hvor der udelukkende brændes frisk affald. Dette kan både skyldes, at affaldstyper der mellemlagres har et højere svovlindhold end frisk dagrenovation, og at der kan ske en opkoncentrering af svovl i affaldet under mellemlagring som følge af nedbrydning af organisk stof og deraf følgende tab af samlet masse.
- For AVV I/S og I/S Nordforbrænding er fordelingen af svovl mellem de forskellige massestrømme ud af forbrændingsanlægget (slagge, røggasrensingsprodukt og røggas) nogenlunde den samme for de 2 forsøgsperioder, mens der for I/S REFA fås en væsentlig forskellig fordeling af svovl mellem de forskellige massestrømme ud af forbrændingsanlægget ved de 2 forsøgsperioder. Ved forsøget på I/S REFA ender en væsentlig større andel

af svovlet i det forbrændte affald i røggasrensningsproduktet for forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald, sammenlignet med forsøgsperioden med forbrænding af frisk dagrenovation. Andelen af svovl, der genfindes i slaggen, er tilsvarende lavere i forsøgsperioden med forbrænding af mellemlagret affald end i forsøgsperioden med forbrænding af frisk dagrenovation.

- Samlet vurderes det, at de opnåede resultater fra forbrændingsforsøgene underbygger teorierne om, at der ved mellemlagring både kan ske en opkoncentrering af svovl i affaldet og en omlejring af svovl til en mere reaktiv form, der lettere omdannes til  $SO_2$  ved den efterfølgende forbrændingsproces. Yderligere indikerer forsøgsresultaterne, at affaldstyper, der mellemlagres, har et højere svovlindhold end frisk blandet affald. Forbrænding af mellemlagret affald er dermed en større udfordring for røggasrensningsanlægget end forbrænding af almindelig blandet affald.