

NILU TR: 8/91

NILU TR : 8/91
REFERANSE : O-8778
DATO : AUGUST 1991
ISBN : 82-425-0275-7

Vurdering av innføring av gassrensing på avfallsforbrenningsanlegg

T. Bøhler



NILU

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
Norwegian Institute For Air Research
POSTBOKS 64 — N-2001 LILLESTRØM — NORWAY

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG	2
1 INNLEDNING	3
2 KORTTIDSKONSENTRASJONER	4
2.1 Haraldrud Varmesentral	4
2.2 Resirkuleringsanlegget i Oslo	6
3 METTET VANNDAMP - UTBREDELSE AV SYNLIG RØYK	8
3.1 Metode for beregning av utbredelse av synlig røyk	8
3.2 Forekomst av temperatur og luftfuktighet	9
3.3 Utbredelse av synlig røyk	10
3.4 Vurdering av dråpedannelse og nedbør	12
4 REFERANSER	13
VEDLEGG A: Tekniske data - utslippsverdier for gass- rensing	14

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn vurdert hvordan innføring av gassrensing på avfallsforbrenningsanlegg vil virke på bakkekonsentrasjoner og utbredelse av synlig røyk. Det er foreslått å bruke en våt metode som reduserer utslippet av hydrogenklorid og hydrogenfluorid betydelig, men i liten grad renser svoveldioksid og nitrogendioksid.

Spredningsberegningene viser at maksimale timesmidlete bakkekonsentrasjoner for hydrogenklorid og hydrogenfluorid reduseres mer enn 90% ved innføring av gassrensing. Konsentrasjonene på bakken av nitrogendioksid vil øke på grunn av lavere røykløft ved gassrensing. Maksimal timesmidlet NO_2 -konsentrasjon på bakken vil være ca. 15% av forslag til norske retningslinjer for luftkvalitet. Maksimale bakkekonsentrasjoner av de andre gassene kan bli opp mot 5% av forslag til grenseverdier.

En enkel metode for utbredelse av synlig røyk er brukt for å studere effekten på innføring av mettet vanndamp i utslippet. Beregningene gir at i perioder hvor utelufta er nær metning, vil røykskyen være synlig ut til 300-1 500 m avhengig av stabiliteten i atmosfæren. Ved ugunstige meteorologiske forhold, dvs. metning og dårlig spredning, kan røykskyen være synlig i større avstander.

Ved utslipp av mettet vanndamp kan det dannes dråper som felles ut. Normalt vil røykskyen ved høy luftfuktighet være synlig i ca. 100-300 sekunder som trolig er for kort til at nok dråper kan dannes ved koalesens. Selv om utslippet inneholder dråper, er det lite sannsynlig at røykskyen gir nedbør på grunn av liten vertikal utstrekning. Den eneste forhold som kan gi nedbør er at røykskyen øker vanninnholdet under en skybasis som fra før gir nedbør som fordamper før det når bakken. Slike tilfeller kan føre til lett regn eller snø av kort varighet og liten utbredelse.

VURDERING AV INNFORING AV GASSRENSING PÅ AVFALLSFORBRENNINGSANLEGG

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn utført spredningsberegninger for å vurdere endring av konsentrasjoner på bakken for støv og sure gasser ved innføring av gassrensing på avfallsforbrenningsanlegg. Spredningsberegninger er utført for Haraldrud og Resirkulasjonsanlegget i Oslo ved bruk av utslippsdata basert på dagens forhold og de verdier som garanteres av leverandører av gassrenseanlegg (vedlegg A).

Det er valgt en våt rensemethode for gassene, hvor kalk blandes i vann og injiseres som fine vannpartikler motstrøms til røykgassen. Denne metoden fanger opp over 95% av hydrogenklorid og hydrogenfluorid, ca. 70% av svoveldioksid og kun 30% av nitrogendioksid. Støvmengden blir også noe lavere, da en del partikler kolliderer og øker sin størrelse slik at de fanges opp på elektrofilteret.

I tillegg presenteres en enkel metode for beregning av utbredelse av synlig røyk ved utslipp av mettete vanndamp fra et gassrenseanlegg. Ved bruk av denne metoden er maksimal avstand til synlig røyk ved varierende meteorologiske forhold beregnet ut fra målte data på Nordstrand fra mars 1981 til mars 1982.

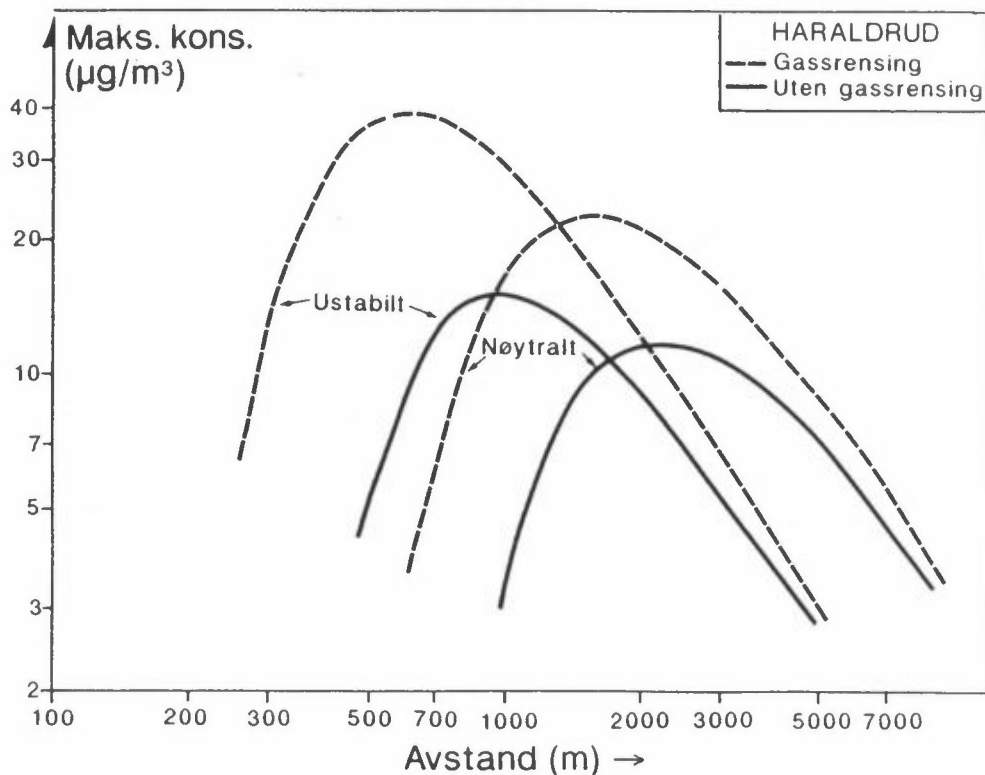
2 KORTTIDSKONSENTRASJONER

Ved bruk av utslippsverdier gitt av oppdragsgiver har NILU utført spredningsberegninger for å vurdere endring av maksimale timesmiddelkonsentrasjoner på bakken ved innføring av gassrensing av utslippet. Spredningsberegningene er utført ved bruk av NILUs gaussiske spredningsmodeller, hvor det antas at konsentrasjonsfordelingen i røykskyen er normalfordelt både horisontalt og vertikalt normalt på vindretningen (Bøhler, 1987).

Resultatene av spredningsberegningene er sammenlignet med foreslåtte norske retningslinjer for luftkvalitet og hvor disse ikke finnes, med utenlandske eller omregnede verdier fra norske normer for arbeidsatmosfære.

2.1 HARALDRUD VARMESENTRAL

Ved bruk av tekniske data gitt i vedlegg A, er det utført spredningsberegninger for utslipp til luft med og uten bruk av gassrensing fra Haraldrud Varmesentral. Maksimale timesverdier på bakken for ustabil og nøytral sjiktning er vist i figur 1. Innføring av gassrensing gjør at utslippstemperaturen blir redusert fra 210⁰C til 60⁰C. Mindre overskuddsvarme i røykskyen gir lavere røykløft og dermed høyere konsentrasjoner på bakken ved ellers like forhold. Figur 1 viser at et tenkt utslipp på 10 g/s gir maksimale timesverdier på bakken ved ustabil sjiktning på ca. 15 µg/m³ uten gassrensing og ca. 40 µg/m³ med gassrensing. Avstanden til maksimum vil ved innføring av gassrensing reduseres fra ca. 1 500 m til ca. 600 m. Utslippsverdier for støv og sure gasser med tilhørende maksimale timeskonsentrasjoner på bakken er gitt i tabell 1.



Figur 1: Haraldrud Varmesentral.
Maksimale timesmidlelte konsentrasjoner på bakken i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som funksjon av avstanden fra utslippet.
Utslippsmengde: 10 g/s.

Tabell 1: Utslippsverdier og maksimale timesmidlelte konsentrasjoner på bakken for utslipp fra Haraldrud Varmesentral.

Stoff	Uten gassrensing		Med gassrensing		Forslag til grenseverdier
	Utslipp	Konsentrasjon	Utslipp	Konsentrasjon	
Støv	0,7 g/s	1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,5 g/s	2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Svoveldioksid	7,2 "	11,0 "	2,4 "	10,0 "	200 "
Nitrogendioksid	7,2 "	11,0 "	4,7 "	19,0 "	140 "
Hydrogenklorid	23,9 "	36,0 "	0,7 "	3,0 "	80 "
Hydrogenfluorid	0,7 "	1,1 "	0,02 "	0,1 "	80 "

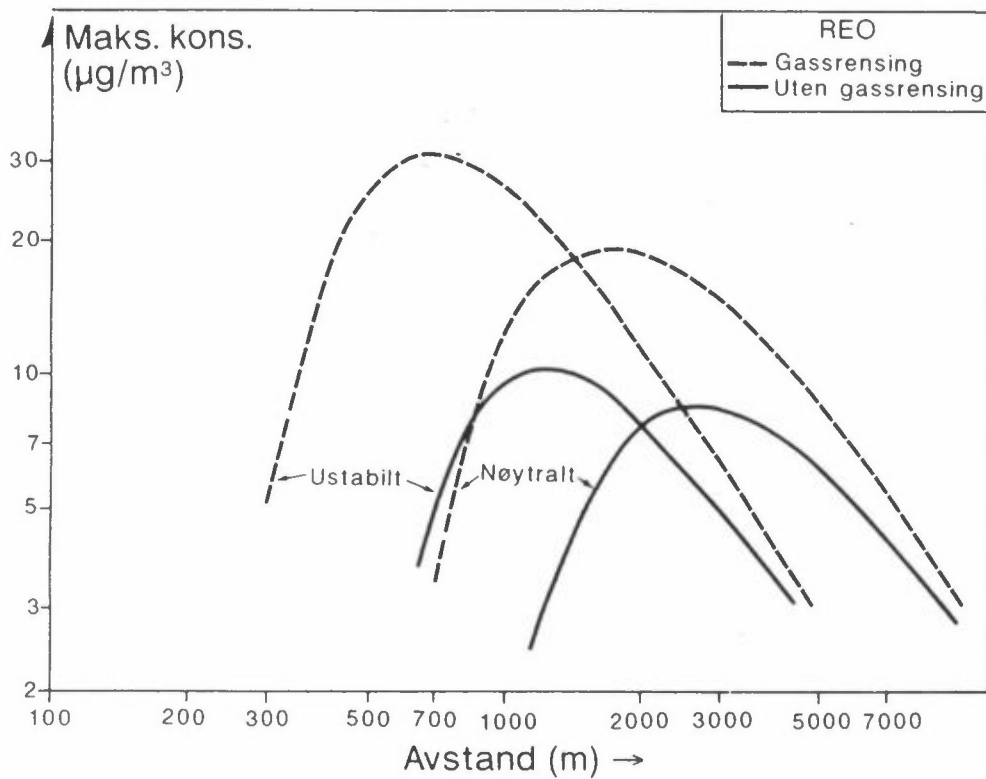
Tabellen viser at maksimale timesmidlelte konsentrasjoner på bakken for hydrogenklorid og hydrogenfluorid blir redusert med mer enn 90% ved innføring av gassrensing. For svoveldioksid blir konsentrasjonen uendret, mens nitrogendioksid vil øke med

ca. 70%. Grunnen til dette er at hydrogenklorid og hydrogenfluorid blir rensset effektivt, mens svoveldioksid og spesielt nitrogendioksid i liten grad blir rensset. Maksimal timesverdi for nitrogendioksid vil ved bruk av gassrensing ikke overskride 15% av forslag til grenseverdi. De andre stoffene gir maksimale timesverdier lavere enn 5% av forslag til grenseverdi.

2.2 RESIRKULERINGSANLEGGET I OSLO

Tilsvarende som for Haraldrud Varmesentral er det utført spredningsberegninger for utslipp til luft med og uten gassrensing fra Resirkuleringsanlegget i Oslo (REO). Figur 2 viser at maksimale timesmidlete konsentrasjoner på bakken for et tenkt utslipp på 10 g/s øker fra ca. 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ til ca. 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved innføring av gassrensing. Grunnen til at konsentrasjonene er lavere ved utslipp fra REO sammenlignet med Haraldrud er større røykgassmengde fra REO, noe som gir et høyere røykløft. Avstanden til maksimale timesverdier, som inntreffer ved ustabil sjiktning, reduseres fra ca. 1 500 m til ca. 700 m ved innføring av gassrensing. Utslippsverdier og tilhørende maksimale timesmidlete konsentrasjoner på bakken er gitt i tabell 2.

Tabellen viser tilsvarende reduksjoner for hydrogenklorid og hydrogenfluorid som beskrevet for Haraldrud. Utslipp av nitrogendioksid vil ved innføring av gassrensing gi høyest bakkekonsentrasjon med verdier opp mot 15% av forslag til grenseverdier.



Figur 2: Resirkuleringsanlegget i Oslo.
Maksimale timesmidlele konsentrasjoner på bakken i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som funksjon av avstanden fra utslippet.
Utslippsmengde: 10 g/s.

Tabell 2: Utslippsverdier og maksimale timesmidlele konsentrasjoner på bakken for utslipp fra REO.

Stoff	Uten gassrensing		Med gassrensing		Forslag til grenseverdier
	Utslipp	Konsentrasjon	Utslipp	Konsentrasjon	
Støv	1,1 g/s	1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,7 g/s	2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Svoveldioksid	10,5 "	10,5 "	3,5 "	10,5 "	200 "
Nitrogendioksid	10,5 "	10,5 "	7,0 "	21,0 "	140 "
Hydrogenklorid	35,0 "	35,0 "	1,1 "	3,3 "	80 "
Hydrogenfluorid	1,1 "	1,1 "	0,04 "	0,1 "	80 "

3 METTET VANNDAMP - UTBREDELSE AV SYNLIG RØYK

Ved innføring av våt metode for gassrensing av avfallsforbrenningsanlegg vil utslippet være mettet av vanndamp. Røykskyen vil være synlig, og i hvilke avstander er avhengig av uteluftas temperatur og fuktighet.

Utslipp av mettet vanndamp med dråper kan føre til økt dråpedannelse og nedbør. I tillegg kan store fluktuasjoner vertikalt føre røykskyen raskt ned til bakken og gi isdannelse på spesielle flater. Om dette vil forekomme ved utslipp fra REO og Haraldrud er vurdert nedenfor.

3.1 METODE FOR BEREGNING AV UTBREDELSE AV SYNLIG RØYK

Ved forbrenning av avfall vil vanninnholdet i avfallet slippes ut gjennom skorsteinen som vanndamp. Ved bruk av kun elektrofilter til rensing er vanninnholdet i utslippet ca. 10-15%. Ved innføring av våt rensemetode for gasser vil røykskyen som slippes ut være mettet av vanndamp. For Haraldrud og REO tilsvarer dette en utslippsmengde på ca. 5 kg/s ved maksimal kapasitet. Om røykskyen vil være synlig og i hvilke avstander dette vil forekomme, er avhengig av om utslippet har tilstrekkelig vannmengde til at røykskyen forblir mettet etterhvert som den fortynnes med uteluft.

Luftas vanninnhold er avhengig av temperatur og fuktighet. Metningstrykket P_s for luft ved temperatur T_a er gitt ved:

$$P_s(T_a) = P_a \exp(13,3185 \cdot t - 1,9760 \cdot t^2 - 0,6445 \cdot t^3 - 0,1299 \cdot t^4) \quad (1)$$

hvor $P_a = 1013,25$ mb (standard atmosfæretrykk)

og $t = 1 - 373,15/T_a$

Denne likningen for beskrivelse av metningstrykket for vanndamp (Richards, 1971) gjelder med $\pm 0,1\%$ nøyaktighet for temperaturområdet -50°C til 140°C .

Tettheten av vanndamp i g/m^3 er gitt ved (Smithsonian, 1966):

$$\rho_s = 216,68 \cdot P_s / T_a \quad (3)$$

Vanninnholdet i lufta i g/m^3 ved luftfuktighet RH i prosent blir da:

$$\rho_L = 0,01 \cdot \text{RH} \cdot \rho_s \quad (4)$$

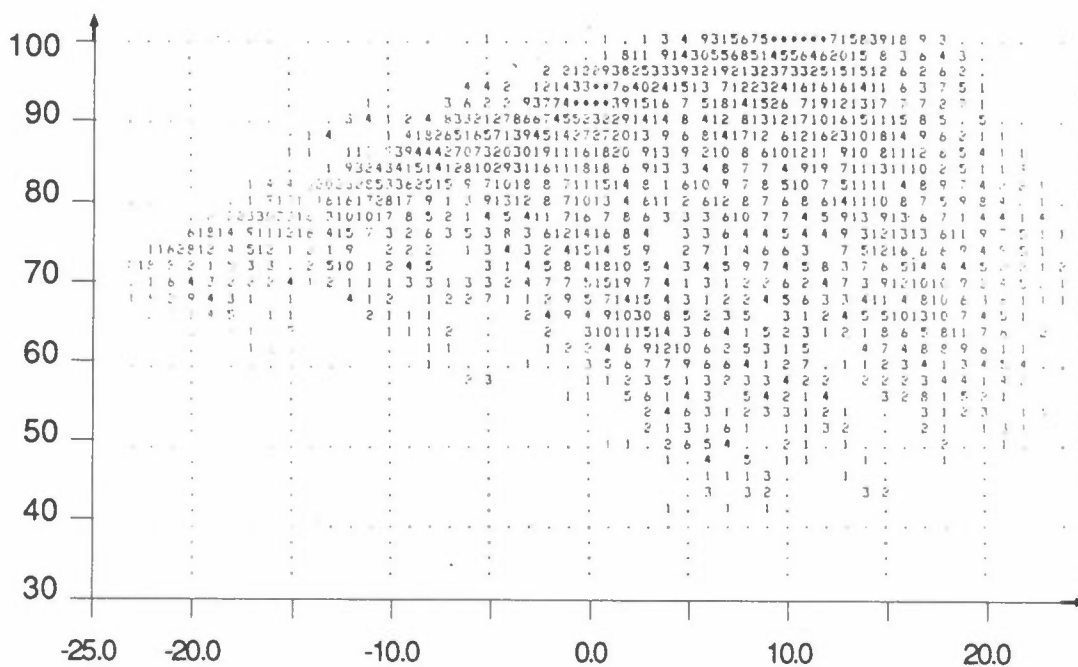
Den vannmengden som røykskyen må tilføre omgivelsene for at blandingen skal være mettet, er differansen i vanninnhold mellom mettet luft og den virkelige luftfuktighet:

$$\Delta\rho = \rho_s - \rho_L \quad (5)$$

For at røykskyen skal være synlig må derfor utslippet tilføre en vannmengde som er større eller lik differansen gitt i likningen ovenfor. Bidraget fra røykskyen til vanninnholdet som funksjon av avstanden fra utslippet vil være avhengig av spredningen og fortynningen av utslippet på samme måte som utslipp av andre stoffer i røykskyen.

3.2 FOREKOMST AV TEMPERATUR OG LUFTFUKTIGHET

For å vurdere hvilke vær-situasjoner som vil være kritiske er det i figur 3 vist forekomst av samtidige verdier av temperatur og luftfuktighet målt på Nordstrand i perioden mars 1981 til februar 1982.



Figur 3: Forekomst av samtidige målinger av temperatur og fuktighet på Nordstrand i perioden mars 1981 til februar 1982.

Figuren viser at for temperaturer under null og over ca. 20°C forekom ikke metning i måleperioden. Metningstrykket i forhold til is er lavere enn til vann, slik at de høyeste luftfuktighetene på figuren ved kuldegrader tilsvarer metning i forhold til is. For temperaturer over 20°C må det store vannmengder til for å oppnå metning, f.eks. over 30 g/m^3 ved 30°C , og dette har ikke forekommet i måleperioden.

3.3 UTBREDELSE AV SYNLIG RØYK

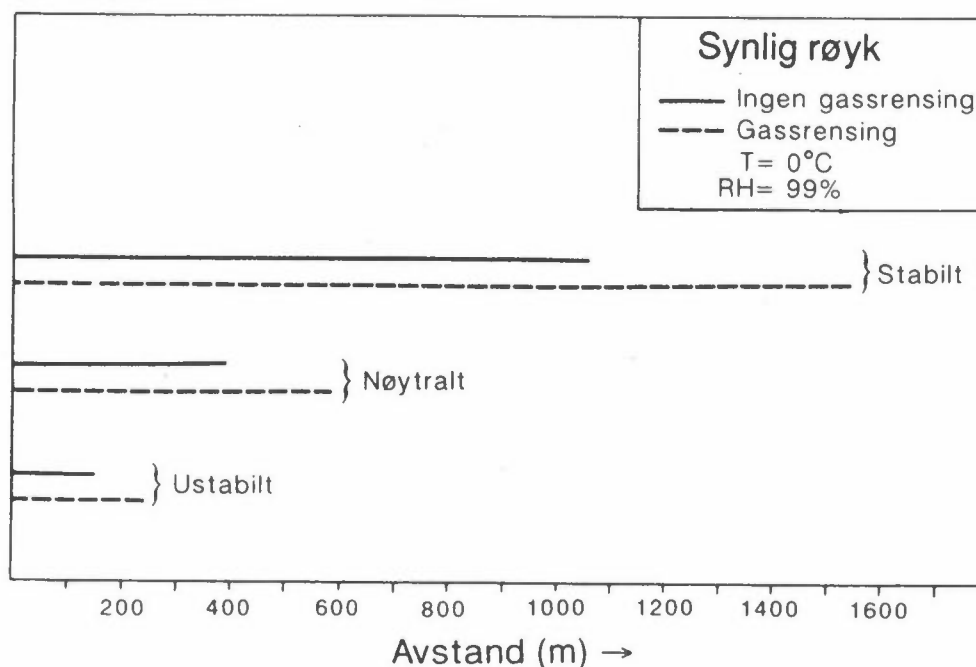
Ved bruk av tekniske data gitt i vedlegg A og metoden beskrevet ovenfor, er det beregnet utbredelse av synlig røyk under varierende meteorologiske forhold. For å beskrive spredning og fortykning av utslippet er det benyttet de samme spredningsformler som under konsentrasjonsberegningene.

Atmosfærens turbulens varierer meget avhengig av vindstyrke og strålingsforhold. Ved lave vindstyrker og utstråling fra bakken, som ofte forekommer om natten, er det stabil sjiktning og spredningen er dårlig. Ved soloppvarming om dagen øker turbulensen i atmosfæren og fortynningen er god.

Luftas evne til å oppta fuktighet varierer sterkt med temperaturen. I perioder med stor temperaturvariasjon over døgnet (vår/høst) vil lufta avkjøles utover kvelden og natten og den relative fuktighet vil øke mot metning. Den kritiske situasjonen som vil gi størst utbredelse av røykskyen synes derfor å være kalde vår/høstdager før soloppgang når lufta er nær metning og spredningsforholdene er dårlige.

Spredningsberegningene for utbredelse av synlig røyk er utført for REO, som har større røykgassmengde og dermed slipper ut mer vanndamp sammenlignet med Haraldrud. Figur 4 viser avstand til synlig røyk med og uten gassrensing ved 0°C og 99% relativ fuktighet i lufta. Dette er en vær-situasjon som vil gi stor utbredelse av røykskyen. Resultatene viser at under slike forhold kan røyken ved dagens utslipp være synlig inntil ca. 150 m ved ustabil sjiktning og ca. 1 km ved stabil sjiktning. Tilsvarende vil innføring av våtrensing gi ca. 300 m ved ustabil sjiktning og ca. 1,5 km ved stabil sjiktning.

Ved spesielle vær-situasjoner med metning og dårlig spredning vil trolig utbredelsen av røykskyen kunne være inntil 3 km ved stabil sjiktning og fra 500 m til 1 000 m ved ustabil og nøytral sjiktning.



Figur 4: Utbredelse av synlig røyk før og etter installering av gassrensing (våt metode).

3.4 VURDERING AV DRÅPEDANNELSE OG NEDBØR

Dråper dannes ved kondensasjon av vanndamp og ved koalesens av mindre dråper. Kondensasjon dominerer for dråper med radius $20 \mu\text{m}$ ($\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$) eller mindre og koalesens for de større. Minste størrelse for regndråper er ca. $100 \mu\text{m}$.

Hvis utslippet ikke inneholder vann i flytende form, må dråpene dannes ved kondensasjon. Tidligere beregninger (Overcamp, 1971) viser at tiden som er nødvendig for at en dråpe skal vokse til $20 \mu\text{m}$ er ca. 10^3 - 10^4 sekunder ved en overmetning på 0,05 prosent, som er en øvre grense for naturlige skyer. Ved en overmetning på 0,5 prosent er tidsrommet fremdeles 100 sekunder. Oppholdstiden for dannelse av dråper er lik avstanden til synlig røyk dividert med vindhastigheten. Typiske verdier for utbredelse er 300-500 m og vindhastigheter 5-7 m/s. Det er derfor lite trolig at det dannes et nødvendig antall dråper i skyen ved kondensasjon slik at nedbør utfelles.

Ved utslipp av små vanndråper i røykskyen er utløsning av nedbør avhengig av nødvendig oppdrift og tilstrekkelig vertikal utstrekning av røykskyen. Ved den lave overskuddstemperaturen og de korte avstander utbredelsen finner sted, vil det være usannsynlig at det kan dannes regndråper i røykskyen før metningen opphører.

Diskusjonen ovenfor ser ut til å utelukke nedbør fra røykskyen på grunn av dens utbredelse horisontalt og vertikalt. Utslippet kan imidlertid føre til nedbør ved at naturlig nedbør som ville fordampet før det nådde bakken, forsterkes og dermed når ned til bakken som lett regn eller snø. Dette vil kun forekomme i korte perioder og være av liten utbredelse.

4 REFERANSER

Bøhler, T. (1987) User's guide for Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).

Overcamp, J. and Hoult, D.P. (1971) Precipitation in the wake of cooling towers. Atmos. Environ., 5, 751-765.

Richards, J.M. (1971) A simple expression for the saturation vapour pressure of water in the range -50 to 140⁰C. British J. Appl. Physics, 4, L15.

Smithsonian Institution (1966) Smithsonian meteorological tables. Washington.

VEDLEGG A

Tekniske data - utslippsverdier for gassrensing

TEKNISKE DATA - UTSLIPPSVERDIER

Resirkuleringsanlegget i Oslo (REO).

	Uten gassrensing	Med gassrensing
Skorsteinshøyde (m)	80	80
Skorsteinsdiameter (m)	1,4	1,4
Røygassmengde ($\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$)	63 000 ¹	63 000
Utslippstemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	245	60
Utslippshastighet (m/s)	21,5	13,9

1) pr. løp (2 stk.)

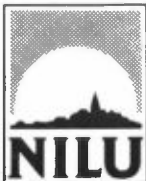
Haraldrud.

	Uten gassrensing	Med gassrensing
Skorsteinshøyde (m)	80	80
Skorsteinsdiameter (m)	1,1	1,1
Røygassmengde ($\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$)	43 000 ¹	4 300
Utslippstemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	210	60
Utslippshastighet (m/s)	22,2	15,3

1) pr. løp

Utslippsverdier i $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ for begge anlegg.

Stoff	Uten gassrensing	Med gassrensing
Støv	30	20
Svoveldioksid, SO_2	300	100
Nitrogendioksid, NO_2	300	200
Hydrogenklorid, HCl	1 000	30
Hydrogenfluorid, HF	30	1



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORTNR. TR 8/91	ISBN-82-425-0275-7	
DATO AUGUST 1991	ANSV. SIGN. <i>Howland</i>	ANT. SIDER 15	PRIS NOK 30,-
TITTEL Vurdering av innføring av gassrensing på avfallsforbrenningsanlegg		PROSJEKTLEDER T. Bøhler	
		NILU PROSJEKT NR. O-8778	
FORFATTER(E) T. Bøhler		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAUGSGIVERS REF.	
OPPDRAUGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 Oslo 1			
STIKKORD Avfallsforbrenning Spredningsberegninger Konsentrasjoner			
REFERAT NILU har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn utført spredningsberegninger for å vurdere endring av luftforurensning og avstand til synlig røyk ved innføring av våt metode for gassrensing på avfallsforbrenningsanlegg. Beregningene gir at bakkekonsentrasjoner for hydrogenklorid reduseres med 90% mens NO ₂ -konsentrasjonene på bakken vil øke til 15% av forslag til grenseverdier. Avstand til synlig røyk vil ved ugunstige værforhold være inntil ca. 3 km. Det er usannsynlig at nedbør vil dannes i røykskyen pga. kort oppholdstid og liten vertikal utbredelse av den synlige røyken.			

TITLE Evaluation of wet cleaning system on waste incineration plant
ABSTRACT NILU has carried out dispersion calculations to evaluate the change in ground level concentrations and distance of visible plumes when introducing wet cleaning system on waste incinerators. The ground level concentrations of hydrogenchloride were reduced by 90%, while NO ₂ -concentrations increased up to about 15% of air quality guidelines. The distance of visible plumes will raise to about 3 km during unfavourable meteorological conditions. Formation of precipitation is improbable due to short residence time for fluid particles and the small depth of the saturated plume.

* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C