

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR 34/78
REFERANSE: 22678
DATO: AUGUST 1978

SPREDNING AV LUFTFORURENSNINGER VED
AVFALLSFORBRENNING I NORDSJØEN
AV
YNGVAR GOTAAS OG BRYNJULF OTTAR

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

INNHOLDFORTEGNELSE

	Side
FORORD	5
SAMMENDRAG	7
1 INNLEDNING	9
2 UTSLIPPSMENGDE OG SAMMENSETNING	11
2.1 Kjemisk sammensetning	12
2.2 Beregning av utslippsmengde	12
3 EFFEKTER AV HCl - NORMER OG RETNINGSLINJER	15
4 ESTIMERTE MAKSIMALE GASS-KONSENTRASJONER I AVSTAND 200 KM (EKOLOGISK FELTET) OG 500 KM (KYSTEN AV SØR-NORGE)	16
4.1 Blandingshøyde, skybredde og normalisert konsentrasjon	16
4.2 Observerte konsentrasjoner og skybredder	16
4.3 Beregninger	18
5 KONSEKVENSER	20
5.1 Hyppighet av tilførsel til Sør-Norge	20
5.2 Sannsynlige konsentrasjoner og effekter	22
6 KONKLUSJON	24
7 REFERANSER	25

FORORD

Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) fikk i mai 1978 i oppdrag av Statens forurensningstilsyn (SFT) å vurdere spredningen av avgasser fra forbrenning av avfall til havs, spesielt det nederlandske forbrenningsområdet i Nordsjøen og muligheten for tilførsel av forurensninger til Skandinavia.

Denne rapporten gir en første vurdering basert på tilgjengelige data.

SPREDNING AV LUFTFORURENSNINGER VED AVFALLSFORBRENNING I NORDSJØEN

SAMMENDRAG

Nederland planlegger et forbrenningsområde i Nordsjøen. Dersom det nederlandske området skal bli et felles forbrenningsområde, kan det bli aktuelt å forbrenne 400 000 - 500 000 tonn avfall pr år. Det meste av avfallet vil være EDC-tjære, en blanding av høyt klorerte organiske avfallsprodukter fra industrien.

Muligheten for tilførsel av skadelige avgasser (HCl) til Sør-Norge og til installasjoner på den norske del av kontinental-sokkelen er vurdert. Mulige forurensningskonsentrasjoner på disse avstander er estimert. Det foreligger imidlertid få observasjoner og målinger i røykfaner over så lange distanser og ingen tilgjengelige data for transport og spredning over sjø. Estimatene bygger derfor i vesentlig grad på beregninger.

Under spesielle værforhold vil konsentrasjonen av HCl i deler av Sør-Norge kunne overstige konsentrasjonsverdier fastsatt i vest-tyske luftkvalitetsnormer. Sannsynligheten av slike tilfeller vil imidlertid være såvidt liten at den maksimale hyppighet fastsatt i normene ikke overskrides.

Det midlere bidrag til forsurenningen i Sør-Norge blir trolig mindre enn 1% av de øvrige langtransporterte bidrag.

SPREDNING AV LUFTFORURENSNINGER VED AVFALLSFORBRENNING I NORDSJØEN

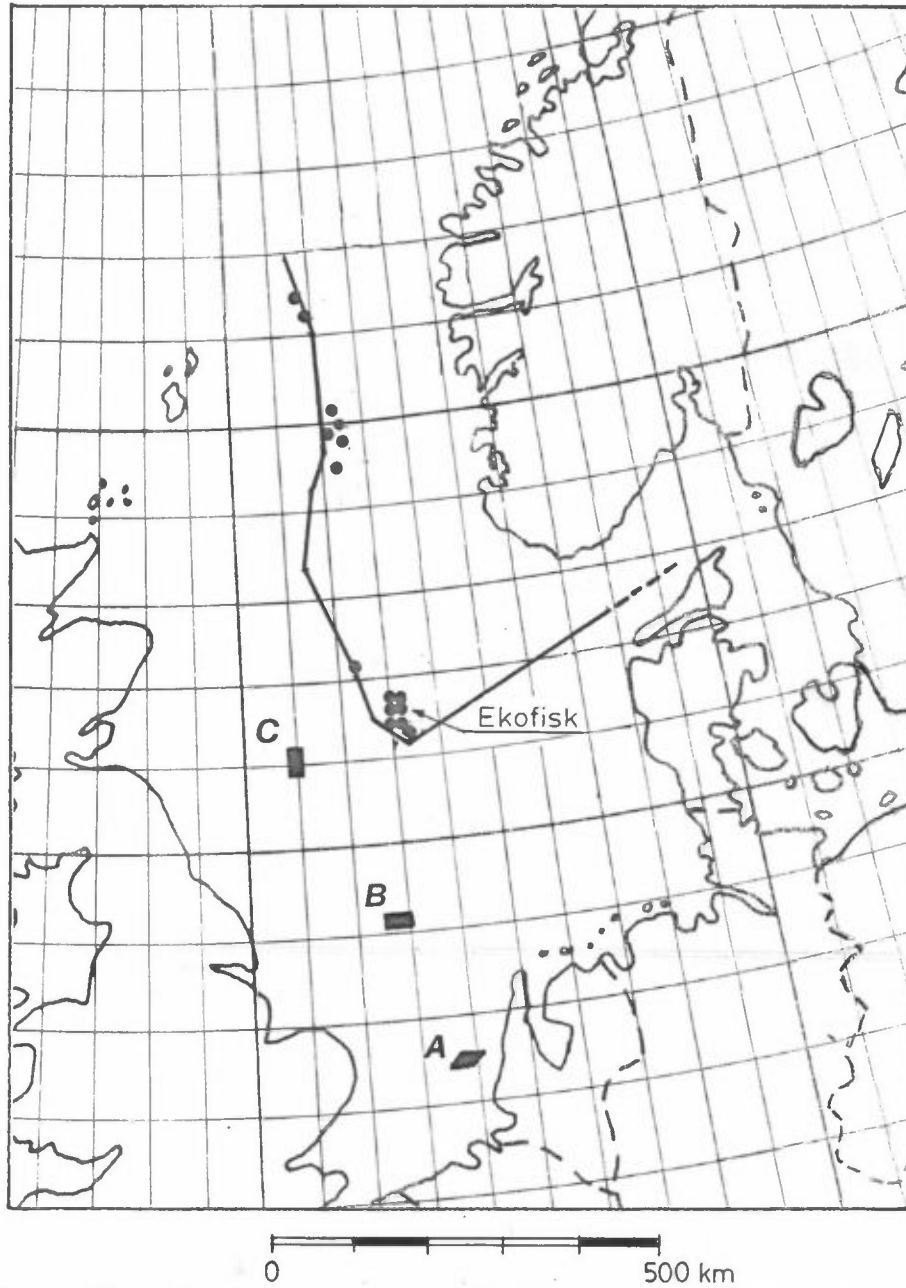
1 INNLEDNING

Bakgrunnen for å se nærmere på spredningen av avgasser fra avfallsforbrenning til havs er at Nederland vil flytte sitt forbrenningsområde lenger nordover. Dette fordi forbrenning fra den nåværende posisjon, ca 140 km utenfor den hollandske kyst, har ført til luftforurensninger og klager over klorklukt over land (1). Også det faktum at området har en relativt stor skipstrafikk og at det er telekommunikasjonskabler i området, har fremkalt behov for et nytt område lenger vekk fra den hollandske kyst.

Det nye området er foreslått mellom $54^{\circ}05'$ og $54^{\circ}10'N$ og $2^{\circ}40'$ og $3^{\circ}E$ (1). Det er videre planer om at dette området skal bli felles forbrenningsområde for flere land bl.a. Storbritannia. Områdets plassering i Nordsjøen fremgår av figur 1, som også viser de posisjoner som nå benyttes for avfallsforbrenning til havs av Nederland og Storbritannia.

Når det gjelder mengde og type avfall har Nederland opplyst at de nå utsteder tillatelse til forbrenning av ca 40 000 tonn avfall pr år. Dersom det nederlandske området skal bli et felles forbrenningsområde, kan det bli aktuelt å forbrenne 400 000 - 500 000 tonn avfall pr år. Det meste av avfallet vil være EDC-tjære, en blanding av høyt klorerte organiske avfallsprodukter fra industrien.

Nederland disponerer et spesialskip, M/T Vulcanus, et ombygget tankskip med en maksimalkapasitet på 20-25 tonn pr time. To andre ombygde tankskip, Matthias II og Matthias III er også aktuelle. Kapasiteten for Matthias III er oppgitt å ligge mellom 43 tonn pr time og 71 tonn pr time avhengig av avfallets brennverdi.



Figur 1: Beliggenhet av den norske kontinentalsokkel og forbrenningsområder i Nordsjøen .

A: Nederlandsk område (nåværende)

B: Foreslått felles forbrenningsområde

C: Forbrenningsområde for Storbritannia (nåværende).

● = oljefelter

Utslippsgassene fra Vulcanus er undersøkt av sentrallaboratoriet ved TNO i Holland (2), og av Environmental Protection Agency (EPA) i USA (3). EPA har også undersøkt utslippet til luft fra Matthias III (4).

2 UTSLIPPSMENGDE OG SAMMENSETNING

M/T Vulcanus har en maksimal forbrenningskapasitet på 20-25 tonn pr. time, fordelt på to forbrenningsanlegg. Skorsteinenes indre diameter er på 4,8 m, høyde 10,45 m, og lufttilførselen er 180 000 Nm³/h. Tankkapasiteten er 3500 m³, svarende til 4200 tonn EDC-tjære. Det tar ni dager å brenne opp en skipslast. Det tar to dager å fylle skipet opp i havn.

De to andre skipene, Matthias II og Matthias III, synes å være av samme type. De har begge ett større forbrenningsanlegg med en skorstein. Kapasiteten for Matthias III er angitt til 43 tonn pr. time for avfall med brennverdi 5000 kcal/kg, 71 tonn pr. time for avfall med brennverdi 3000 kcal/kg. Skorsteinen har en øvre diameter på 14,9 m og en høyde på 12 m. Skipet kan laste opp til 15 000 tonn avfall. Matehastigheten i **forbrenningsanlegget** er 20-40 m³ pr. time. Lufttilførselen er 325 000 Nm³/time.

Anlegget kan forbrenne både fast og flytende avfall. Det har en maksimal kapasitet på 71 tonn pr. time beregnet ut fra den mengde organisk materiale som kan forbrennes ved hjelp av 320 000 m³ luft pr. time. Luftoverskuddet skal ligge på 1,5 og varmemengden som frigjøres er satt til 3000 kcal/kg. Ved høyere kalori-innhold øker karboninnholdet i avfallet, og den maksimale lufttilgang setter da en øverste grense for den mengde avfall som kan forbrennes pr. time.

En brennverdi på bare 3000 kcal/kg innebærer at avfallet inneholder opp til 70% bundet klor. Avfallet kan imidlertid også

inneholde varierende mengder av andre elementer. Før forbrenning blir tankenes innhold analysert på kalori-innhold, klorinnhold og pH av hensyn til anleggets drift.

Ved fremtidig forbrenning i Nordsjøen av større mengder avfall, må en regne med at skipene vil være av samme type som Matthias II og Matthias III.

2.1 Kjemisk sammensetning

Avfallet betegnes som EDC-tjære, dette er et relativt ensartet avfallsprodukt fra industrien. Det inneholder store mengder alifatiske klorerte hydrokarboner som klorerte propan-og butan derivater. Det inneholder også halogenerte aromatiske forbindelser, først og fremst derivater av bensen og fenol. Askeinnholdet fra en typisk prøve utgjør 0,08 vektprosent. Klorinnholdet kan variere fra 30-40% opp til 70%.

I et typisk eksempel har TNO (2) regnet med 68,3% klor, 0,3% svovel og 1,6% organisk bundet nitrogen på vektbasis.

Avfallet inneholder også mindre mengder av forskjellige metaller. Det er angitt verdier opptil 2 ppm for enkelte. Mengdene blir imidlertid svært små sammenlignet med utslippene i Europa for øvrig.

2.2 Beregning av utslippsmengder

Ved anlegget ombord i Vulcanus ble det oppnådd en forbrennings-effektivitet på 99,9% og for Matthias-båtene er forbrennings-effektiviteten oppgitt til 99,95%.

I et regneeksempel for EDC-tjære forutsetter TNO et klorinnhold på 68,3% og kommer frem til et utslipp på 9,4 tonn HCl for en total avfallsmengde på 13,5 tonn. I et annet eksempel regner de med 30-40% klor.

Det synes rimelig å regne med 40% klor for en forbrenning på 43 tonn pr. time (brennverdi 5000 kcal/kg) og med nær 70% (68,3%) for en forbrenning på 71 tonn pr. time (3000 kcal/kg).

Uforbrent avfall anslås til 20-50 ppm, regnet av total avfallsmengde. For tungmetaller regnes som nevnt en øvre grense på 2 ppm. De fleste spormetaller vil forekomme i langt mindre mengder. Innholdet av svovel er i et tilfelle angitt til 0,3%. En bør regne med at svovelinnholdet kan variere med minst en faktor 2.

Organisk bundet nitrogen er i et tilfelle angitt til 1,6%. Dannelsen av NO₂ ved oksydasjon av luftens nitrogen under forbrenningen vil antagelig være av mindre betydning. Nitrogenoksyddannelsen vil være avhengig av flammtemperatur og forbrenningsforhold ellers. For store forbrenningsanlegg (varmekraftverk basert på olje, store industri-varmeanlegg) regner en med en emisjonsfaktor på 10-15 kg NO_x/tonn olje. Brennverdien av avfallet, 5000 kcal/tonn, er ca halvparten av brennverdien for fyringsolje. Utslippet vil derfor neppe overstige 500 kg (som NO₂)/time ved maksimal drift (70 t/time) under de angitte betingelser.

Avfallet kan inneholde boraks og silikoner i ukjente mengder. Det dreier seg neppe om mer enn et par prosent i enkelte avfallsprodukter og antas å være av mindre betydning i forbindelse med luftforurensninger. For typiske miljøgifter som PCB, TCT, heksaklorbensen, DDT og derivater av DDT, samt klor-dioksiner var det ved forsøket ved Vulcanus noe tvil som forbrenningens effektivitet. For slike stoffer blir forbrennings-effektiviteten derfor undersøkt før de tillates forbrent ombord.

Analyse av forbrenningsgassene viser at de klorerte organiske forbindelser stort sett destrueres, men at det oppstår nye og enklere klor-forbindelser i mindre mengder ved forbrenningen (20-50 ppm).

Forbrenningen skal skje innenfor temperaturområdet 1200°C - 1600°C . Hvis temperaturen går under 1200°C vil avfallsmatingen stoppe automatisk. Normal driftstemperatur synes å ligge på 1200 - 1400°C . Oppholdstiden for avfallet i forbrenningssonen ligger på ca 2 sek. kravet er mer enn 1 sek.

Tabell 1 gir forventede utslippstall for Vulcanus og Matthias II og III ved forbrenning av maksimalt klorholdig avfall.

Tabell 1: Utslippsoversikt

	d = skorsteinsdiameter	h = skorsteinshøyde
Vulcanus	- 2 anlegg 20-25 t/h totalt d = 4.8 m h = 10.45 m T = 1200°C Luft: 180 000 Nm ³ /h totalt Forbrenningseffektivitet: 99.9% Maks CHl: 17.5 t/h totalt	
Matthias II, III	- ett anlegg 43 t/h (5000 kcal/kg) 71 t/h (3000 kcal/kg) d = 14.9 m h = 12 m Luft: 325 000 Nm ³ /h Forbrenningseffektivitet: 99.95% Maks HCl: 48.5 t/h	

Utslipp av andre stoffer fra EDC-tjære i prosent av forbrent mengde (tallene vil kunne variere meget):

uforbrent $\sim 0.05\%$
spormetaller $\sim 0.05\%$
svovel $\sim 0.3\%$
nitrogen $\sim 1.6\%$

3 EFFEKTER AV HCl - NORMER OG RETNINGSLINJER

HCl har i høy konsentrasjon en stikkende lukt, løses lett i vann og felles ut som saltsure dråper ved høy luftfuktighet og i nedbør. Skadevirkninger ved lave konsentrasjoner er relativt lite kjent og lite undersøkt.

HCl virker sterkt korroderende på stål og tærende på maling, uten at det kan angis grenseverdier for konsentrasjonen.

Det er kjent at klorider fra sjøluft kan føre til sviskader på skog. Langs kysten ser det ut som skogen har innstilt seg på det normale saltinnholdet i luften med de mindre resistente treslag lenger inn fra kysten. Det er derfor bare ved meget sterke pålandsvinder at havsalt føres langt innover land og sviskader inntreffer. Ifølge R. Horntvedt (NISK) opptrer slike sviskader med flere års mellomrom på utsatte steder langs kysten, men de betyr relativt lite fordi det i første rekke bare er nålene som svis.

For bidraget til surheten i vassdrag betyr det lite om dette skjer i form av saltsyre eller svovelsyre.

I yrkeshygienisk sammenheng regner Verein Deutsche Ingenieure (VDI 2106/1963) ikke med skadevirkninger på mennesker ved konsentrasjoner under $8000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5 ppm). Undersøkelser i USSR (5) indikerer imidlertid at dette er en altfor høy verdi. Maksimale grenseverdier for fysiologiske effekter ligger på $200\text{--}500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Luktgrensen ligger mellom 50 og $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For uteluft anbefales derfor en øvre grense på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5).

I følge VDI regner en ikke med akutte planteskader for konsentrasjoner under $16\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Retningslinjer og normer for immisjonsverdier i Vest-Europa har tidligere variert betydelig (6), fra 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Italia (døgnverdi) til 1400 i Vest-Tyskland (30 min. verdi). Fra 1976 har Vest-Tyskland innført grenseverdi på 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som aritmetisk middel gjennom lengre tidsrom, og 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som halvtimes verdi som ikke må overskrides i mer enn 5% av året (7).

4 ESTIMERTE MAKSIMALE GASS-KONSENTRASJONER I AVSTAND 200 KM (EKOFISK-FELTET) OG 500 KM (KYSTEN AV SØR-NORGE).

4.1 Blandingshøyde, skybredde og normalisert konsentrasjon

Ved transport over lange avstander vil luftforurensningene etter hvert blandes jevnt innenfor et luftsjikt som strekker seg fra bakken opp til en viss høyde. Høyden av dette blandingssjiktet varierer med værforholdene. Målinger i forbindelse med OECD-prosjektet "Long Range Transport of Air Pollutants" (8) har vist at den midlere høyde over Nordsjøen ligger omkring 1200 m.

Bredden av skyen uttrykkes oftest ved standardavviket, σ_y , i den horisontale konsentrasjonsfordelingen. Ved normalfordeling blir bredden $4.3 \sigma_y$.

Den maksimale konsentrasjonen, C , i et tverrsnitt øker med utslippsmengden pr tidsenhet, Q , og avtar med middelvindhastigheten u . Uttrykket Cu/Q kalles den normaliserte konsentrasjon.

4.2 Observerte konsentrasjoner og skybredder

Konsentrasjonsmålinger og observasjoner av skydimensjoner på lange avstander fra kilden (100 km eller mer) foreligger bare over land for noen få smelteverk med meget store utslipp.

På et satelittfoto kan røykfanen fra smelteverket i Sudbury (Kanada) følges til 160 km (9). Den synlige bredde øker jevnt

til 100 km for så å holde seg konstant. Selv om det er usikkerheter forbundet med at kontrastforholdene endres, bekrefter fotografiet at bredden av en røykfane øker relativt lite over lengere avstander.

I et annet tilfelle ble konsentrasjoner av SO_2 målt i 400 km avstand fra Sudbury (9). Fra de oppgitte data finner vi middelkonsentrasjonen gjennom 5 timer til å være $90 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, en maksimalkonsentrasjon (halvtimes) på $170 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ og en normalisert konsentrasjon $2.6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-2}$. Skybredden var vanskelig å anslå. Det oppgis verdiene 20 og 40 km avhengig av forutsetningene.

Flymålinger i røykfanen fra Sudbury er bare foretatt i avstander inntil 120 km (10). Maksimal normalisert konsentrasjon i 80 til 120 km var $1.1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-2}$. Tilsvarende verdier for σ_y i 200 km var 1.5 km og 3 km.

Det er også foretatt målinger med fly i røykfanen fra et smelteverk i Australia i avstander på opptil 600 km (11). Målingene foregikk i et 1500 m tykt, utstabilt blandingssjikt etter at røyken om natten var transportert under stabile forhold. En serie målinger av skybredden ga som resultat

$$\sigma_y = 0.156 x^{0.884}$$

hvor x er avstanden i meter. Det gir $\sigma_y = 7.6$ km i 200 km og $\sigma_y = 17$ km i 500 km avstand. Dette er betydelig større verdier enn referert fra Sudbury, og må tilskrives den utstabile sjikting i blandingslaget. Gasskonsentrasjoner ble ikke målt.

Spredningen er mindre over sjø enn over land. En må derfor vente relativt smalere røykfaner (mindre σ_y -verdier) og høyere konsentrasjoner over Nordsjøen enn i de nevnte røykfaner fra Kanada og Australia.

Dessverre foreligger ikke tilgjengelige data for spredning over lange avstander over sjø. Imidlertid indikerer målinger på kortere avstander (inntil 18 km) i gass-skyen fra det ukontrollerte utslipp i 1977 fra Bravo-plattformen en smal sky (12).

4.3 Beregninger

Når det forutsettes at stoffet er fullstendig blandet vertikalt over høyden h , at det horisontalt er normalfordeling og at ingen masse fjernes fra luften ved nedbør eller ved tørravsetning, gir ligningen for massens bevarelse:

$$C_N = C_u/Q = 1/(\sqrt{2\pi h} \sigma_y)$$

hvor C_N = normalisert konsentrasjon (m^{-2}), Q utslipp pr tidsenhet, C den maksimale konsentrasjon i avstand x , u midlere vindhastighet og h blandingshøyden.

Med støtte i Bravo-målingene (12) som skjedde under nøytrale forhold med liten turbulens, antas standardavviket $\sigma_y = 0.3 x^{0.7}$ til også å gjelde for de lange avstander under stabile forhold med små endringer i vindretningen. Med en midlere blandingshøyde på 1200 m gir dette en normalisert konsentrasjon

$$C_N = 1.1 \cdot 10^{-3} x^{-0.7}$$

Med disse verdier blir normaliserte konsentrasjoner i 200 km og 500 km henholdsvis $2.2 \cdot 10^{-7} m^{-2}$ og $1.2 \cdot 10^{-7} m^{-2}$. For σ_y blir verdiene henholdsvis 1.5 km og 2.9 km.

På kortere avstander vil konsentrasjonen avta raskt med avstanden. Som eksempel kan nevnes at i røykfanen fra Vulcanus ble det målt konsentrasjoner av HCl på 2 ppm i 2 km avstand når konsentrasjonen i gassutslippet var 6%. Med en vindhastighet på 10 m/s gir dette en normalisert konsentrasjon på $3.3 \cdot 10^{-4}$, altså konsentrasjoner 1000 ganger høyere enn beregnet i 200 km avstand.

De store varme luftmengder gjør at røyken stiger før den flater ut. Denne overhøyden har stor betydning for massebalansen og konsentrasjonsberegninger, idet HCl absorberes raskt av sjøoverflaten.

Et tysk forslag går ut på at den relative hastighet mellom skip og luft må være minst 5 m/s for å få en forsvarlig spredning av avgassene (13). Den samme hastighet har også EPA spesifisert at skip skal holde ved forbrenning i amerikanske farvann.

En vindhastighet på 5 m/s gir en overhøyde på vel 500 m for Matthias III og 350 m for Vulcanus. Dette bekreftes av observasjoner fra Vulcanus.

På grunnlag av beregningene og observasjonene kan vi trekke følgende konklusjon: Under stabile og nær nøytrale forhold kan den maksimale normaliserte konsentrasjon i røykaksen fra et utslipp i Nordsjøen bli ca $2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-2}$ i 200 km avstand og $1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-2}$ i 500 km avstand, og de halve verdier som middel over skybredder på henholdsvis ca 7 km og ca 13 km.

Varigheten av en slik tilførsel til et gitt område avhenger av værforholdenes persistens. Under ekstreme forhold kan det dreie seg om døgn, men vanligvis om timer. De høyeste verdier ventes fortrinnsvis å kunne inntreffe i sommerhalvåret når sjøtemperaturen er lavere enn lufttemperaturen. Et tynt, stabilt sperresjikt like over havoverflaten vil da hindre absorpsjon av stoff i havoverflaten. Videre er det en forutsetning at det ikke er nedbør.

Under andre og mer normale forhold må en regne med langt lavere konsentrasjoner (tiendeparten eller enda lavere ved nedbør over Nordsjøen).

5 KONSEKVENSER

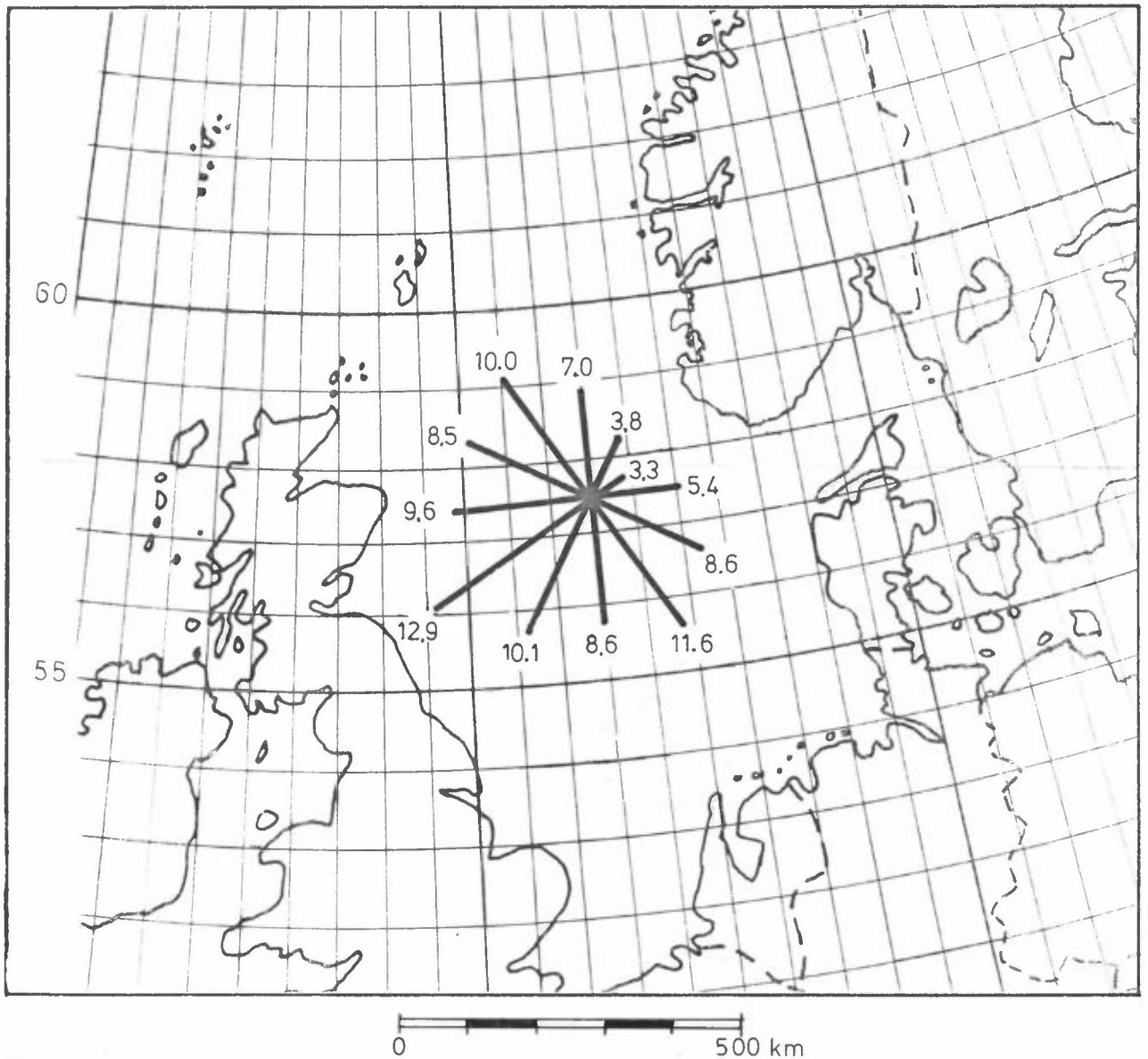
5.1 Hyppighet av tilførsel til Sør-Norge

En vesentlig faktor for vurderingen av eventuelle skader i Norge er spørsmålet om hvor ofte en kan vente tilførsel av luft med høye konsentrasjoner og hva den samlede tilførsel kan bli i løpet av et år. Bearbeidet vindstatistikk for Nord-sjøen foreligger bare for oppsynsskipet Famita, og da bare for vinterhalvåret. Statistikken dekker tidsrommet 1959 - 1975. Den tilhørende vindrose er tegnet inn i figur 2. Figuren viser at den aktuelle vindretning over utslippsområdet for tilførsel til Sør-Norge er omkring vest-sørvest og er sør og sør/sørvest for tilførsel til Ekofisk-området.

Tabell 3 viser fordelingen av midlere vindstyrke i de aktuelle vindsektorer. For vindretning mot Sør-Norge antyder figur 2, en hyppighet på 10%, og tabell 3 gir ca 60% sannsynlighet for vindstyrke mellom 3 og 10 m per sek.

Tabell 3: Midlere frekvens av vindstyrken for aktuelle vindretninger - oppsynsskipet Famita 1959-1975.

Vindretningssektor	Vindstyrke		
	<3.5	3.5-7.5	3.5-10
170° - 190°	15.3%	44.3%	59.8%
200° - 220°	10.7%	43.9%	62.3%
230° - 250°	0.3%	43.4%	61.3%



Figur 2: Frekvensfordeling av vindretning på Famita (57.5°N 03°Ø) for vinterhalvåret (1959-1975).
Stille = 1.3%.

Med den betydelige overhøyde røyken får, og senere innblanding i et lag av gjennomsnittlig 1200 m tykkelse blir vindretningen og vindstyrken i større høyde også av stor betydning. I OECD-prosjektet (8) ble trajektorier regnet ut på grunnlag av vinden i 850 mb flaten (1500 m høyde). Trajektorier ble også regnet ut på grunnlag av beregnet bakkenivå (10 m). Beregningene bygger på observasjoner fra 1972-1975. Med grunnlag i tabeller og figurer gitt i OECD-rapporten, kan en finne den prosentvise andel av trajektorier som passerer over utslippsområdet til Sør-Norge (representert ved stasjonen Birkenes i Aust-Agder). For begge høyder er den prosentvise andel ca 5% av tiden. (For trajektorier som passerer Famita's posisjon er OECD resultatene i god overenstemmelse med en hyppighet på 10% av trajektorier mot Sør-Norge.)

Nederland tillater idag forbrenning av ca 40 000 tonn avfall pr år. Med en midlere forbrenning på 15 tonn pr time, svarer dette til 111 dager pr år, dvs 1/3 av tiden. Dette svarer noenlunde til kapasiteten av et enkelt skip, som for hver enkelt tur må inn til land for innlasting av nytt avfall.

Hvis det nederlandske området blir et felles forbrenningsområde, kan det bli aktuelt med 400 000 - 500 000 tonn avfall pr år. Med en midlere forbrenning på 50 tonn pr time, for Matthias III, svarer dette til over 1 års kontinuerlig drift. Det må i praksis medføre alternerende drift av flere forbrenningsskip.

5.2 Sannsynlige konsentrasjoner og effekter

Med et utslipp på 48.5 t HCl/h og normalisert konsentrasjon $1.2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-2}$ kan maksimalkonsentrasjonen i Sør-Norge (500 km) bli opptil $300 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ med middelvind 5 m/s. Midlere konsentrasjon gjennom flere timer kan bli $150 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hyppigheten av tilførsel mot et 10 km bredt område under stabile vindforhold og uten nedbør kan neppe bli over 1%, slik at f.eks. vest-tyske normer ikke vil overskrides. Heller ikke kan en vente

overskridelser på Ekofiskfeltet eller andre områder på den norske kontinentalsokkel.

Den midlere tilførsel gjennom lengre tidsrom vil kunne gi et bidrag til forsuring av jord og vassdrag i form av sur nedbør eller tørravsetning. Det er derfor av interesse å sammenligne dette bidraget med den tilsvarende tilførselen av svovelkomponenter.

Den totale tilførsel mot Sør-Norge kan en anta skjer innen en vertikal flate av utstrekning 200 km NV - SØ og høyde 1200 m. En vindhastighet på 10 m/s gir da en midlere konsentrasjon i luften på $0.1 \cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$, når utslippet er gitt i t/h. Et utslipp på 13.5 t/h gir middelkonsentrasjonen $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og 48.5 t/h gir $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Regner en med tilførsel i 10% av tiden og at 50% i middel går tapt under transporten, blir middelverdiene over lengre tidsrom (år) $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er lave verdier sammenlignet med den øvrige totalt langtransporterte tilførsel av sure komponenter til Sør-Norge.

Størrelsen av den totale tilførsel kan også vurderes ved å sammenligne med f.eks. totalutslippet av svovelkomponenter over Nederland, som ifølge OECD-rapporten (8) er 400 000 tonn SO_2 /år og gir et bidrag på 4000 tonn S over Norge. Dette er 1% av den totale tilførsel av langtransportert mengde S. Svovel og HCl absorberes omtrent like lett i sjøvann og felles like raskt ut i nedbør. Det er derfor rimelig å vente en tilsvarende prosentandel fra utslippet i Nordsjøen. Med en framtidig forbrenning av 400 000 - 500 000 tonn avfall pr år (hvorav 68% klor) gir dette en årlig tilførsel på mellom 2500 tonn og 3500 tonn HCl, og derfor nær samme bidrag til surheten og tørravsetningen som det totale svovelutslipp fra Nederland.

I hvilken grad en kortvarig tilførsel av ekstra sur nedbør ("episode") kan medføre akutte skadevirkninger er uvisst. Her vil imidlertid bidraget fra en stor enkeltkilde kunne bli langt høyere enn fra en stor arealkilde, fordi den horisontale

spredning blir mindre, spesielt over sjø. Det ville derfor være ønskelig med ytterligere avklaring på dette punkt.

6 KONKLUSJON

Utsagn om transport over hav av forurensninger fra enkeltkilder over avstander av flere hundre kilometer bygger på sparsomme målinger foretatt over land og på usikre beregninger.

Et forbrenningsskip i Nordsjøen med en forbrenningskapasitet på inntil 70 tonn avfall pr time (hvorav 68% klor), tilsvarende et utslipp på ca 14 kg HCl/s, vil representere en punktkilde som er sammenlignbar med de største utslipp av SO₂ fra enkeltkilder, nemlig med 40 kg SO₂/s (størst i verden) fra Sudbury smelteverk og 5 kg SO₂/s fra de største varmekraftverk.

Under spesielle vær-situasjoner vil konsentrasjonen av HCl i deler av Sør-Norge sannsynligvis kunne overstige konsentrasjonsverdier fastsatt i vest-tyske luftkvalitetsnormer. Frekvensen av slike tilfeller vil imidlertid være såvidt liten at den maksimale hyppighet fastsatt i normene ikke overskrides.

Det midlere bidrag til forsurening i Sør-Norge blir meget beskjedent, ikke over 1% av det totale langtransporterte bidrag. Lokalt kan imidlertid kortvarige bidrag bli relativt større. Om dette kan være av betydning er imidlertid uvisst.

For installasjoner på den norske kontinentalsokkelen vil konsentrasjoner og tilførsler bli noe høyere. Men her ventes eventuelle skadevirkninger å bli ubetydelige sammenlignet med virkningene av havsalter i luften.

En gass-sky med så høye konsentrasjoner som det her er tale om lar seg relativt lett følge med målinger fra f.eks. fly. Når det blir aktuelt, bør en derfor overveie å foreta slike målinger for å verifisere eller avkrefte de estimerte verdier.

7 REFERANSER

- (1) A common incineration site in the southern North Sea - Oslo Commission, 4. møte, Paris 13.-16. desember 1977.
- (2) Compaan, H. et.al. On the occurrence of organic chlorides in the combustion products of an EDC TAR burnt by the incineration ship "Vulcanus": A preliminary investigation - Centraal laboratorium. Delft, TNO, 1974.
- (3) Wastler, T.A.,
Offut, C.K.
Fitzimmons, C.K.
Des Rosiers, P.E. Disposal of organochlorine wastes, by incineration at sea. Wash. D.C. 1975. (EPA-430/9-75-014).
- (4) Fisher, H.J. Status of ocean incineration of organic chlorides aboard Matthias III as of September 1976. Wash. D.C. 1976. (RRW-Contract no. EPA 068-02-2165).
- (5) Elfimova, E.V. Data for the hygienic evaluation of hydrochloric acid aerosol (hydrochloride gas) as an atmospheric pollutant.
I: Limits of allowable concentrations of atmospheric pollutants.
Book 6. U.S.S.R. Literature on air pollution and related occupations diseases, vol. 9, pp 18-28, 1962.
- (6) StrømsøS. Grenser for fotokjemiske oksydanter hydrokarboner, nitrogenoksyder, karbonmonoksyd, klor, hydrogenklorid, fluor, ammoniakk, klorerte hydrokarboner. Kjeller 1972. (NILU TN 36/72.)
- (7) Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft).
Kissing, Weka-Verlag, 1976.

- (8) Organisation for economic CO-operation and development Long range transport of air pollutant -Measurements and findings. Paris, OECD, 1977.
- (9) Millan, M.M.,
Chung, Y.S. Detection of a plume 400 km from the source. *Atmos. Environ.*, 11, 939-944.(1977).
- (10) Fanaki, F.H.,
Turner, H.E. Plume dispersion from the Sudbury tall stack.
I: *NATO Proceedings of the 7th int.techn. meeting on air pollution modelling and its application.*
Arlie, Virginia, USA, 7.-10. September 1976, s. 781-812.
- (11) Bigg, E.K.
Ayus, G.P.
Turvey, D.E. Measurement of the dispersion of a smoke plume at large distance from the source - submitted to *Atmos. Environ.* 1978.
- (12) Gotaas, Y. The blow-out at Ekofisk Bravo, April 1977. Aircraft measurements of hydrocarbon concentration in the air. Lillestrøm 1977. (NILU OR 19/77).
- (13) Convention for the prevention of marine pollution by dumping from ships and aircraft. Working group on Incineration at Sea, 3. møte i SACSA, Haag, 25.-26. mai 1976.

**NILU**

TLF. (02) 71 41 70

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
ELVEGT. 52.

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. 34/78	ISBN--82-7247-043-8
DATO AUGUST 1978	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 26
TITTEL Spredning av luftforurensninger ved avfallsforbrenning i Nordsjøen		PROSJEKTLEDER Yngvar Gotaas
		NILU PROSJEKT NR 22678
FORFATTER(E) Yngvar Gotaas Brynjulf Ottar		TILGJENGELIGHET ** A OPPDRAGSGIVERS REF.
OPPDRAGSGIVER Statens forurensningstilsyn		
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Avfallsforbrenning Spredning Klorvannstoff (HCl)		
REFERAT (maks. 300 anslag, 5-10 linjer) Nederland planlegger felles forbrenningsområde for EF i Nord- sjøen. Avfallet er høyt klorert organiske forbindelser. Under spesielle værforhold vil konsentrasjonen av klorvann- stoff (HCl) i deler av Sør-Norge kunne overstige grenseverdier, men sannsynligheten er at den maksimale hyppighet fastsatt i normer ikke overskrides. Det midlere bidrag til forsurening av nedbøren blir minimalt.		
TITTEL Dispersion of air pollutants from incineration of wastes in the North Sea.		
ABSTRACT (max. 300 characters, 5-10 lines) A common site in the North Sea for incineration of organic chlorides is proposed by the Netherlands. During unfavourable weather conditions, concentration of HCl gas over SW-Norway may locally exceed 300 µg/m ³ . But air quality standards are not exceeded due to the low propability of occurance. The average contribution to the acidity of precipitation is negligible.		

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