

NILU OR: 20/89

NILU OR : 20/89
REFERANSE: O-8835
DATO : MAI 1989
ISBN : 82-425-0025-8

OVERVÅKING AV ORGANISKE FORBINDELSER I UTELUFT

O.-A. Braathen

NILU OR : 20/89
REFERANSE: O-8835
DATO : MAI 1989
ISBN : 82-425-0025-8

OVERVÅKING AV ORGANISKE
FORBINDELSER I UTELUFT

O.-A. Braathen

Utført etter oppdrag fra
Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, 2001 LILLESTRØM
NORGE

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) foretatt en litteraturundersøkelse for å vurdere nødvendigheten av å overvåke organiske komponenter i uteluft.

I arbeidet med rapporten ble det forutsatt at en organisk forbindelse eller forbindelsesgruppe bør tilfredstille følgende krav for å bli inkludert i et eventuelt overvåkingsprogram:

- Konsentrasjonsnivåene i uteluft må være forholdsvis velkjente.
- Forbindelsen/forbindelsesgruppa må ha helsekonsekvenser for mennesker eller skadevirkninger på miljøet for øvrig eller være en nødvendig komponent i luftkjemiske reaksjoner som gir andre viktige forurensninger som produkter.

På denne bakgrunn bør følgende forbindelser/forbindelsesgrupper overvåkes:

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Metan | Polysykliske aromatiske hydro- |
| Eten (etylen) | karboner (PAH), nitro-PAH og |
| Propen | aza-arener |
| Etyl (acetylen) | Polyklorerte dibenzo-p-dioksiner |
| Benzen | (PCDD) og dibenzofuraner (PCDF) |
| Metylbenzen (toluen) | Klormetaner |
| Dimetylbenzener (xylener) | Kloretenner |

Følgende forbindelser/forbindelsesgrupper bør vurderes nærmere før de eventuelt inkluderes i et overvåkingsprogram:

Polyklorerte bifenyler (PCB)
 Klorbenzener (spesielt heksaklorbenzen (HCB))
 Heksaklorsykloheksan (α - og γ -HCH)
 Nitrofenoler
 Peroksyacetylnitrat (PAN)
 Aldehyder

INNHOOLD

| | Side |
|---|------|
| SAMMENDRAG | 1 |
| 1 INNLEDNING | 3 |
| 2 KILDER | 3 |
| 3 FORUTSETNINGER | 5 |
| 4 FORBINDELSER SOM BØR OVERVÅKES | 6 |
| 4.1 Alkaner, alkener og alkyner | 6 |
| 4.2 Aromatiske forbindelser | 8 |
| 4.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) | 9 |
| 4.4 Polyklorerte dibenzo-p-dioksiner (PCDD) og dibenzo- furaner (PCDF) | 13 |
| 4.5 Klormetaner og kloretenner | 16 |
| 5 FORBINDELSER SOM BØR VURDERES NÆRMERE | 17 |
| 5.1 Polyklorerte bifenyler (PCB) | 17 |
| 5.2 Klorbenzener | 18 |
| 5.3 Heksaklorsykloheksan | 18 |
| 5.4 Nitrofenoler | 19 |
| 5.5 Peroksyacetylnitrat (PAN) | 19 |
| 5.6 Aldehyder | 20 |
| 6 KONKLUSJON | 21 |
| 7 REFERANSER | 22 |

OVERVÅKING AV ORGANISKE FORBINDELSER I UTELUFT

1 INNLEDNING

I atmosfæren er det etter hvert observert hundrevis av forskjellige organiske forbindelser. Disse forbindelsene kan eksistere i to faser: i gassfase og som partikkelbundet organisk materiale. Vanligvis er den totale konsentrasjonen i gassfasen mellom 5 og 100 ganger høyere enn i partikkelfasen. Grove overslag over total karbonmengde i gassfase i troposfæren gir $50 \cdot 10^{12}$ g (Duce, 1978), mens total karbonmengde i partikkelfasen blir anslått til $5 \cdot 10^{12}$ g (Duce, 1978; Jaenicke, 1978; Hahn, 1980).

Total karbonmengde som passerer gjennom troposfæren pr. år er trolig av størrelsesorden $800 \cdot 10^{12}$ g (Robinson, 1978; Duce, 1978; Zimmerman et al., 1978).

Organiske forbindelser spiller en viktig rolle både for den direkte forurensningsbelastningen og for luft-kjemiske reaksjoner som produserer andre forbindelser og forurensningskomponenter. Dette har ført til at noen organiske forbindelser blir tillagt stor betydning når det gjelder forurensningsbelastningen i både byområder og bakgrunnsområder.

2 KILDER

Organiske forbindelser i atmosfæren kommer fra mange forskjellige kilder, både naturlige og antropogene. De viktigste kildene er:

- Vegetasjon

Jordas planter slipper ut en hel serie av organiske forbindelser. De mest studerte og viktigste er trolig 2-metyl-1,3-butadien (isopren) og terpen-liknende forbindelser ($C_{10}H_{16}$), men plantene slipper trolig også ut alkaner med mer enn 15 C-atomer og fettsyrer som partikkelbundet organisk materiale (Duce, 1983).

- Jord
Jordsmonnet er kilde til utslipp av lette hydrokarboner som metan, etan, propan og butan.
- Vann
Forholdsvis lite er kjent om innsjøer og hav som kilder til organiske forbindelser i atmosfæren, men det er veldokumentert at havene slipper ut halometaner: klormetan, brommetan og iodmetan. Det har også lenge vært kjent at havene er en viktig kilde til partikler i atmosfæren og at disse partiklene inneholder en betydelig del organisk materiale.
- Brenning av biomasse
Skogbranner, gressbranner og liknende branner gir utslipp av hydrokarboner, men både størrelsen og forbindelsessammensetningen av utslippet er avhengig av type brensel, forbrenningstemperatur og forbrenningshastighet. Slike branner er også kilde til betydelige partikkelutslipp.
- Antropogene kilder
Dette omfatter kilder som industri, boligoppvarming og trafikk, og disse kildene gir utslipp av stort sett alle typer organiske forbindelser. Utslippene består av både gassfase og partikkelbundet organisk materiale. Antropogene utslipp kan gi betydelige forurensningsproblemer lokalt, men har også regional og global betydning.
- Luftkjemiske reaksjoner
Noen organiske forbindelser dannes ved kjemiske reaksjoner i atmosfæren mellom organiske forbindelser og andre forurensningskomponenter. Dette gjelder særlig oksygenerte forbindelser som aldehyder, ketoner og alkoholer. Et godt eksempel er metanal (formaldehyd).

3 FORUTSETNINGER

Det er i dag flere millioner kjente forbindelser med karbon som det sentrale element. Hovedtyngden av disse forbindelsene klassifiseres som organiske, men noen få sies å være uorganiske. Blant disse uorganiske karbon-forbindelsene er CO, CO₂ og karbonater (CO₃²⁻) de viktigste, og disse forbindelsene vil derfor ikke bli behandlet i denne rapporten. Klorfluorkarboner (KFK) er i denne sammenheng i en mellomstilling. De full-substituerte forbindelsene (ingen hydrogen-atomer i molekylet) i denne gruppa er utførlig behandlet andre steder, og blir derfor ikke tatt med i denne oversikten, mens for eksempel CHCl₃ vil bli sett på som en vanlig organisk forbindelse.

Siden det er observert mange tusen organiske forbindelser i atmosfæren, og siden et overvåkingsprogram bare kan omfatte noen få av dem, må det defineres utvalgs-kriterier.

I denne rapporten er det lagt til grunn at en organisk forbindelse eller forbindelsesgruppe bør tilfredsstillende følgende krav for å bli inkludert i et overvåkingsprogram:

- Forbindelsen eller forbindelsesgruppa må være observert i atmosfæren og konsentrasjonsnivåene må være forholdsvis velkjente.
- Forbindelsen eller forbindelsesgruppa må ha en eller flere av følgende egenskaper:
 - . helsekonsekvenser for mennesker
 - . skadevirkninger på miljøet for øvrig
 - . en nødvendig komponent i luftkjemiske reaksjoner som gir andre viktige forurensninger som produkter.

Det er ikke vurdert hvilke prøvetakings- og analysemetoder som skal benyttes i en eventuell overvåking av de forskjellige forbindelsene og forbindelsesgruppene.

4 FORBINDELSER SOM BØR OVERVÅKES

4.1 ALKANER, ALKENER OG ALKYNER

Alkaner, alkener og alkyner kan spaltes i atmosfæren ved reaksjoner med $\text{OH}\cdot$, O_3 , NO_3 , $\text{O}\cdot$ eller $\text{HO}_2\cdot$ (Demerjian et al., 1974). Disse reaksjonene gir blant annet aldehyder og oksygenerte organiske radikaler som produkter. I neste omgang kan så disse produktene oksidere NO til NO_2 (Crutzen, 1979). Etanal (acetaldehyd) som er et produkt av spalting av hydrokarboner i atmosfæren, kan reagere med nitrogenoksider og danne peroxyacetylnitrat (PAN) (Demerjian et al., 1974; Crutzen, 1979). Videre er nedbryting av hydrokarboner en viktig kilde til CO i atmosfæren, og reaksjoner mellom hydrokarboner og klor-atomer i stratosfæren kan redusere omfanget av klor-atomenes nedbryting av ozon.

I tabell 1 er vist konsentrasjoner av et alkan (propan), to alkener (eten og propen) og et alkyn (etyln). Det framgår at på de "reneste" stedene (Ny-Ålesund og Deuselbach) er det forholdsvis stor andel propan og etyn, mens det er forholdsvis lite av alkenene. I de mer forurensede områdene er andelen høyere av de reaktive alkenene.

Tabell 1: Konsentrasjoner (ppt) av 4 hydrokarboner på 5 steder (ikke byområder).

| Forbindelse | | Ny-Ålesund ¹ vår 1986 | Deuselbach ² høst 1983 | Düren ³ 1984 | Utenfor London ⁴ 1983 | Schwarzwald ⁵ 1984 |
|------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Eten (etylen) | C_2H_4 | 290 | 600 | 6 600 | 2 020 | 1 890 |
| Etyln (acetylen) | C_2H_2 | 1 100 | 590 | 5 800 | 3 340 | 1 390 |
| Propan | C_3H_8 | 2 389 | 720 | 2 800 | 1 800 | 650 |
| Propen | C_3H_6 | 106 | 100 | 1 400 | 230 | 630 |

1 Hov et al. (1989a)

2 Perner et al. (1987)

3 Rudolph and Khedim (1985)

4 Hough and Derwent (1987)

5 Platt et al. (1988)

Blant alkanene, alkenene og alkynene er det metan som har desidert høyest konsentrasjon på de fleste målepunktene. I dag er konsentrasjonen av metan i uteluft omtrent 1 750 ppb (Rudolph and Khedim, 1985) og økningen er mellom 1,2 og 2% pr. år. Metan er imidlertid forholdsvis lite reaktiv når det gjelder luftkjemiske reaksjoner. I forbindelse med drivhuseffekten er derimot metan en av de viktigste kjemiske komponentene. Etan og propan har trolig de samme kilder og nedbrytningsprosesser, men propan reagerer mye raskere enn etan med OH[·] i atmosfæren. Totalt sett er likevel både etan og propan trolig unødvendige å overvåke, mens metan bør overvåkes i bakgrunnsområder som for eksempel Ny-Ålesund.

Den viktigste kilden til etyn (acetylen) er trolig forbrenning av fossilt brensel, og konsentrasjonen i uteluft øker med 5-6% pr. år (Hov et al., 1989b). Tabell 1 viser at konsentrasjonen av etyn er høyest i "forurensede" områder, og at konsentrasjonen i bakgrunnsområdene er av størrelsesorden 1 ppb. Etyn bør derfor trolig inngå i overvåkningsprogrammet både i byområder og i bakgrunnsområder.

Eten, propen og etyn er viktige komponenter i utslippet fra mobile kilder (se tabell 4). Tabell 2 viser imidlertid at alkenene har mye kortere levetid enn etyn, og at disse forbindelsene derfor er mest interessante i byområder. Den korte levetida i atmosfæren skyldes at alkene er reaktive når det gjelder reaksjon med OH[·]. Disse forbindelsene har derfor stor betydning for luftkjemiske prosesser og bør inngå i et overvåkningsprogram.

Tabell 2: Estimerte levetider i atmosfæren for flyktige hydrokarboner basert på reaksjon med OH (Rudolph and Ehhalt, 1981).

| Forbindelse | | Global levetid (dager) |
|-----------------|----------|------------------------|
| Eten (etylen) | C_2H_4 | 1.8 |
| Etyn (acetylen) | C_2H_2 | 110 |
| Propan | C_3H_8 | 12 |
| Propen | C_3H_6 | 0.6 |

4.2 AROMATISKE FORBINDELSER

Tabell 3 viser at for benzen er biltrafikk den viktigste kilden, mens metylbenzen (toluen) og dimetylbenzenene (xylene) hovedsakelig kommer fra biltrafikk og løsemiddelbruk i industrien. Overvåking av disse aromatiske forbindelsene sammen med alkener og alkyner, vil derfor gi god oversikt over mobile kilders innvirkning på luftkvaliteten (se tabell 4).

Tabell 3: De viktigste flyktige aromatiske forbindelsene med målte konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i uteluft, og de viktigste kildene.

| Forbindelse | | Kilder ¹ | Newark New Jersey ¹ | Deuselbach Mai 1983 ² | Bygate, Oslo Mars 1980 ³ | Philadelphia 1979 ⁴ |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Benzen | C_6H_6 | Biltrafikk | 3,29 | 0,32 | 22-57 | 6,9 |
| Metylbenzen (toluen) | C_9H_8 | Løsemiddelbruk Biltrafikk | 17,48 | 0,41 | 30-75 | 15,6 |
| 1,2-Dimetylbenzen (o-xylen) | C_8H_{10} | Løsemiddelbruk Biltrafikk | 1,13 | 0,09 | 11-34 | 3,8 |
| 1,3-Dimetylbenzen (m-xylen) | C_8H_{10} | | 4,29 | | 15-41 | |
| 1,4-Dimetylbenzen (p-xylen) | C_8H_{10} | | | | 12-45 | |

1 Harkov et al. (1983)

2 Rudolph og Khedim (1985)

3 Wathne (1983)

4 Sexton og Westberg (1984)

De flyktige aromatiske forbindelsene er også interessante ut fra et helsemessig synspunkt. Benzen er kjent som et humant karcinogen, og er oppført i den norske kreftlista (Statens forurensningstilsyn, 1986).

Metylbenzen (toluen) og dimetylbenzener (xylene) kan virke øyeirriterende ved høye konsentrasjoner.

Verdens helseorganisasjon vil ikke foreslå noen "trygg" konsentrasjon av benzen, siden benzen er et karsinogen uten kjent trygg terskelverdi (WHO, 1987). For metylbenzen (toluen) foreslår WHO en grenseverdi på $7,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ midlet over 24 timer (WHO, 1987).

Tabell 4: Prosentvis andel av ikke-metan hydrokarboner i utslippet fra bensindrevne biler (Nelson og Quigley, 1984).

| Forbindelse | | % andel av utslipp |
|----------------------|-------------|--------------------|
| Eten (etylen) | C_2H_4 | 11,2 |
| Etyl (acetylen) | C_2H_2 | 8,7 |
| Propen | C_3H_6 | 5,0 |
| Benzen | C_6H_6 | 5,0 |
| Metylbenzen (toluen) | C_7H_8 | 10,2 |
| 1,2-Dimetylbenzen | C_8H_{10} | 2,5 |
| 1,3-Dimetylbenzen | C_8H_{10} | } 6,5 |
| 1,4-Dimetylbenzen | C_8H_{10} | |

Tabell 3 viser at konsentrasjonene av aromatiske forbindelser er høyest i nærheten av trafikkerte gater, og at konsentrasjonen i bakgrunnsområdet (Deuselbach) er mye lavere enn i byområder (Newark og Philadelphia). Dette kommer av at disse forbindelsene er forholdsvis reaktive i forhold til reaksjonen med OH. Tabellen viser også at dimetylbenzenene (xylenene) er betydelig mer reaktive enn benzen og metylbenzen (toluen). Av denne grunn vil det være interessant å overvåke benzen og metylbenzen (toluen) både i byområder og i bakgrunnsområder, mens dimetylbenzenene (xylenene) bare er interessante i byområder.

I tillegg til disse generelle betraktninger om overvåkningsområder vil det også være interessant å overvåke de aromatiske forbindelsene i områder der det finnes betydelige lokale kilder (industri o.l.).

4.3 POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH)

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er en gruppe organiske forbindelser med to eller flere aromatiske ringer i molekylet. Dette betyr at benzen ikke inngår i denne gruppen, og at den enkleste PAH-forbindelsen er naftalen ($C_{10}H_8$). PAH er en miljøgift i Norge og klassifiseres som miljøgift i gruppa "13 stoffer som er prioritert for tiltak" av Statens forurensningstilsyn (SFT, 1987).

Gruppen polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) inneholder flere hundre forbindelser, og av disse er omtrent 500 observert i luft (Herlan, 1977). Hovedkilden til disse forbindelsene er ufullstendig forbrenning av organisk materiale.

PAH er svært interessant ut fra et helsemessig synspunkt, fordi flere av forbindelsene er karsinogene. Den mest undersøkte PAH er benzo[a]pyren (BaP), og dette er en av de karsinogene forbindelsene. Det finnes ikke noen kjent kreft-terskelverdi for BaP, og derfor vil ikke Verdens helseorganisasjon anbefale noen trygg konsentrasjon av PAH (WHO, 1987).

PAH i atmosfæren forekommer både i gassfase og partikkelbundet. Komponentene med forholdsvis høyt damptrykk forekommer i gassfase, mens omtrent alle PAH-komponentene med lavt damptrykk er adsorbert på partikler. PAH er stort sett lite løselige i vann, men de er svært lipofile (fettløselige).

I Norge er det utført flere målinger av PAH i luft. Bjørseth et al. viste i 1979 at PAH kan transporteres over store avstander i atmosfæren. De påviste at luft som passerte over Storbritannia og Sentral-Europa førte til forhøyede PAH-konsentrasjoner på Birkenes i Norge og Rørvik i Sverige.

Vinteren 1983 ble PAH-konsentrasjonene målt i uteluft på Elverum for å undersøke utslippene av disse forbindelsene ved vedfyring (Schjoldager et al., 1986). I denne undersøkelsen ble 38 komponenter bestemt. Tabell 5 viser totalkonsentrasjonen av PAH i 15 forskjellige prøver, og det framgår at konsentrasjonen i gassfase var høyest i alle prøvene. Målingene viste også tydelig at vedfyring førte til forhøyede PAH-konsentrasjoner lokalt i Elverum.

Tabell 5: Total PAH-konsentrasjon (ng/m^3) i 15 prøver tatt på Elverum vinteren 1983 (Schjoldager et al., 1986).

| Prøve | Partikkelbundet | Gassfase | Totalt |
|-------|-----------------|----------|--------|
| 1 | 46 | 294 | 340 |
| 2 | 88 | 477 | 565 |
| 3 | 75 | 263 | 388 |
| 4 | 133 | 398 | 531 |
| 5 | 151 | 612 | 763 |
| 6 | 176 | 716 | 892 |
| 7 | 202 | 839 | 1041 |
| 8 | 136 | 524 | 660 |
| 9 | 74 | 343 | 417 |
| 10 | 102 | 325 | 427 |
| 11 | 134 | 436 | 570 |
| 12 | 172 | 496 | 668 |
| 13 | 83 | 434 | 517 |
| 14 | 138 | 423 | 561 |
| 15 | 76 | 244 | 320 |

En undersøkelse av bileksos og veistøv viste at biltrafikk er en PAH-kilde (Larssen, 1987). Tabell 6 viser totale PAH-konsentrasjoner i veistøv ved tørr og våt vei. Av tabellen framgår det at konsentrasjonen er mye høyere ved tørr vei enn ved våt vei, og at hovedmengden av PAH er adsorbent på partikler i finfraksjonen.

Tabell 6: Gjennomsnittlige totale PAH-konsentrasjoner i veistøv (ng/m^3) ved Ringveien ved Ullevål Stadion i Oslo i 1985.

| | Finfraksjon | Grovfraksjon | Inhalerbart støv |
|----------|-------------|--------------|------------------|
| Våt vei | ≈11 | 0,75 | ≈12 |
| Tørr vei | 31,6 | 3,0 | 34,6 |

Aluminium-produksjon er også en velkjent PAH-kilde som står for omtrent 180 tonn pr. år av Norges totale PAH-utslipp på 314 tonn pr. år (Thrane, 1988).

I tabell 7 er vist årstid-gjennomsnitt av total PAH-konsentrasjon rundt to norske aluminiumverk, og det framgår tydelig at utslipp fra verkene fører til høye konsentrasjoner i nærområdet.

Tabell 7: Gjennomsnittlige totale årstidmidlede PAH-konsentrasjoner (ng/m^3) ved to aluminiumverk i Norge.

| Verk | Vinter | Vår | Sommer | Høst |
|------------|--------|-------|--------|-------|
| Høyanger | 1 728 | 1 035 | 1 341 | 1 358 |
| Øvre Årdal | 5 585 | 3 365 | 931 | 3 129 |

Basert på disse undersøkelsene bør nok et overvåkningsprogram for organiske forbindelser omfatte PAH både i bakgrunnsområder, byområder og områder rundt aluminiumsverk og eventuelt andre store kilder, og PAH-konsentrasjonene i både gassfase og partikkelfase bør inngå.

Det er velkjent at forbindelsessammensetningen i PAH-utslippet fra forskjellige kilder varierer mye, og av den grunn bør overvåking av PAH-konsentrasjoner i atmosfæren omfatte flere komponenter, muligens så mange som 20-30. Noen av de interessante komponentene er vist i tabell 8. Imidlertid har det vist seg at PAH-profilen i uteluft i mange byer likevel blir nokså lik (Pott, 1985), slik at dette overvåkingsprogrammet vil gjøre det mulig å sammenlikne forholdene i byene.

Tabell 8: Noen interessante forbindelse i PAH-gruppa.

| | |
|------------------|--------------------|
| Naftalen | Benzo(a)fluoren |
| 2-Metylnaftalen | Benzo(b)fluoren |
| 1-Metylnaftalen | Benzo(a)antracen |
| Bifenyl | Trifenylen/Krysen |
| Acenaften | Benzo(j)fluoranten |
| Fluoren | Benzo(k)fluoranten |
| Dibenzotiofen | Benzo(e)pyren |
| Fenantren | Benzo(a)pyren |
| Antracen | Koronen |
| 1-Metylfenantren | |
| 2-Metylfenantren | |
| Pyren | |

Både bensindrevne biler og vedfyring gir utslipp av nitro-derivater av polysykliske aromatiske hydrokarboner (nitro-PAH). Målinger av nitro-PAH på partikler i uteluft i Detroit viste at konsentrasjonen av 1-nitropyren lå i området 0,016-0,030 ng/m³ og at konsentrasjonen av 6-nitro-BaP lå i området 0,04-0,28 ng/m³ (Gilson, 1982). I uteluft 30 km vest for København var konsentrasjonen av 1-nitropyren 0,009 ng/m³, og av 9-nitroantracen var konsentrasjonen 0,03 ng/m³ (Nielsen et al., 1984). I St.Olavs gate i Oslo var den totale konsentrasjonen av de viktigste nitro-PAH i området 0,28-0,67 ng/m³ i februar 1983 (Stray et al., 1984). Polysykliske aromatiske hydrokarboner der ett eller flere karbonatomer er substituert med nitrogenatomer, kalles aza-arener. Disse forbindelsene dannes ved forbrenning av fossilt brensel, og de er påvist i hall-atmosfæren i aluminiumverk (Thrane og Stray, 1985). Den totale konsentrasjonen av de viktigste aza-arenene lå i området 1,99-4,06 ng/m³ i St.Olavs gate i Oslo i februar 1983 (Stray et al., 1983). Siden alle disse forbindelsene er mutagene, bør de inngå i overvåkningsprogrammet i byområder.

4.4 POLYKLORETE DIBENZO-P-DIOKSINER (PCDD) OG DIBENZOFURANER (PCDF)

De to stoffgruppene polyklorete dibenzo-p-dioksiner (PCDD) og dibenzofuraner (PCDF) omtales vanligvis som dioksiner på norsk. Totalt er det 75 forskjellige PCDD'er og 135 forskjellige PCDF'er, slik at gruppa dioksiner totalt inneholder 210 forskjellige forbindelser. Så langt en kjenner til i dag, har disse forbindelsene ingen naturlige kilder, og dioksiner i miljøet stammer derfor bare fra antropogene kilder. Dioksiner er klassifisert som miljøgift i gruppa "13 stoffer som er prioritert for tiltak" av Statens forurensningstilsyn (SFT, 1987).

Stort sett dannes dioksinene ved en forbrenning av organisk materiale kombinert med dannelse av klorradikaler. Dersom forbrenningen foregår med temperatur mellom 450 og 650⁰C, er det optimale betingelser for dioksin dannelse (Oehme, 1988). Tabell 9 viser noen av de kjente hovedkildene til dioksinutslipp.

Tabell 9: Hovedkildene til dioksinutslipp.

| |
|------------------------------|
| Søppelforbrenning |
| Spesialavfallforbrenning |
| Sjukehusavfallforbrenning |
| Gjenvinning av metaller |
| Treforedlingsindustri |
| Elektrometallurgisk industri |
| Forbrenningsmotorer |

De helsemessige konsekvensene av dioksin-eksponering er ikke fullstendig kartlagt, men en har etter hvert fått en del kunnskaper på området:

- Dioksiner og furaner med klor i posisjonene 2,3,7 og 8 er de mest toksiske. I tabell 10 er vist de toksikologiske vekt faktorene for disse forbindelsene i den nordiske modellen (Nordisk Ministerråd, 1988).

Tabell 10: Toksikologiske vekt faktorer for dioksiner og furaner med klor i posisjonene 2,3,7 og 8 (Nordisk Ministerråd, 1988).

| Forbindelse | Vekt faktor |
|----------------------------|-------------|
| 2,3,7,8-TCDD | 1 |
| 1,2,3,7,8-PeCDD | 0,5 |
| 2,3,7,8-substituerte HxCDD | 0,1 |
| 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD | 0,01 |
| OCDD | 0,001 |
| 2,3,7,8-TCDF | 0,1 |
| 1,2,3,7,8-PeCDF | 0,01 |
| 2,3,4,7,8-PeCDF | 0,5 |
| 2,3,7,8-substituerte HxCDF | 0,1 |
| 2,3,7,8-substituerte HpCDF | 0,01 |
| OCDF | 0,001 |

- Det er langtidsvirkningene av dioksineksponering som gir grunn til bekymring.

- Inntak av 1-10 ng pr. kg kroppsvekt og døgn av 2,3,7,8-TCDD over 1-2 år, forårsaker genetiske og immunotoksikologiske effekter og kreft hos rotter og aper (Ahlborg og Victorin, 1987).
- 2,3,7,8-TCDD er trolig ikke et fullstendig karsinogen, men en kreftpromotor (forsterker den kreftframkallende effekten av andre eksponeringer) (Nordisk Ministerråd, 1988).
- Den biologiske halveringstiden hos mennesker er 5-7 år (Poiger og Schlatter, 1986).
- I Norden er det foreslåtte tolerable inntaket 0-35 pg 2,3,7,8-TCDD pr. kg kroppsvekt og uke (Nordisk Ministerråd, 1988).

Ved å multiplisere målte konsentrasjoner med de tilhørende toksikologiske vekt faktorene i tabell 10 og summere resultatene, kommer en fram til en verdi som kalles TCDD-ekvivalenten. Dette gjør det mulig å sammenligne toksikologiske virkninger mellom dioksinprøver med forskjellige forbindelsessammensetninger.

I tabell 11 er vist resultater av målinger av dioksiner i uteluft i Rhein-Ruhr-området. Verdiene i tabellen er ikke omregnet til TCDD-ekvivalenter.

Tabell 11: Middelerdier (pg/m^3) av dioksinmålinger på 10 målepunkter i Rhein-Ruhr-området i tidsrommet fra 21.6.1985 til 13.10.1985 (Kirschmer og Buck, 1986).

| Forbindelse | Middelerverdi | Forbindelse | Middelerverdi |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Σ TCDD | - * | Σ TCDF | 1,59 |
| Σ PeCDD | 0,50 | Σ PeCDF | 1,53 |
| Σ HxCDD | 0,62 | Σ HxCDF | 0,79 |
| Σ HpCDD | 1,16 | Σ HpCDF | 0,99 |
| OCDD | 0,89 | OCDF | 0,35 |
| Σ PCDD | 3,16 | Σ PCDF | 5,25 |

* Ikke bestemt.

Tabell 11 viser at dioksinkonsentrasjonene i uteluft er lave, og dioksin i uteluft vil derfor gi en maksimal belastning som ligger godt under det akseptable inntaket.

Det foregår imidlertid transport av dioksiner i atmosfæren, og det er derfor interessant å overvåke dioksinkonsentrasjoner i byområder og ved andre store kilder. Det ville muligens også være interessant å kartlegge dioksinkonsentrasjonene i luft i bakgrunnsområder for å få oversikt over langtransport av disse forbindelsene.

4.5 KLORMETANER OG KLORETENER

Tabell 12 viser kilder, levetid og toksisitet for klormetanene og to kloretenner. Av disse forbindelsene er det bare klormetan som har en kjent naturlig kilde, nemlig havene.

Tabell 12: Kilder, levetid i atmosfæren og toksisitet for de fire klormetanene og to kloretenner.

| Forbindelse | | Kilder ¹ | Levetid (dager) ¹ | Toksisitet |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Klormetan | CH_3Cl | Antropogene Naturlige (hav) | 231 | Bakteriemutagen |
| Diklormetan | CH_2Cl_2 | Antropogene | 77 | Bakteriemutagen |
| Triklormetan (kloroform) | CHCl_3 | Antropogene | 116 | Bakteriemutagen Mulig karsinogen |
| Tetraklormetan | CCl_4 | Antropogene | >11 600 | Mulig karsinogen |
| Trikloretten | C_2HCl_3 | Antropogene | 5 | Bakteriemutagen Mulig karsinogen |
| Tetrakloreten | C_2Cl_4 | Antropogene | 68 | Mulig karsinogen |

1 Singh et al., 1981

2 Singh et al., 1983

I tabell 13 er vist målte konsentrasjoner i uteluft i to amerikanske byer, og WHOs retningslinjer for konsentrasjoner i uteluft. Tabellen viser tydelig at konsentrasjonene av klormetanene og kloretenene i atmosfæren ligger langt under WHOs retningslinjer. Disse forbindelsene

kan imidlertid ha så alvorlige helsekonsekvenser at et overvåkningsprogram likevel bør omfatte disse forbindelsene. Siden levetiden i atmosfæren er forholdsvis lang for klormetanene og -etenene, gjelder dette både byområder og bakgrunnsområder. Kloreter klassifiseres av SFT som miljøgift i gruppen "Stoffer det må skaffes mer kunnskap om" (SFT, 1987).

Tabell 13: Gjennomsnittlige konsentrasjoner (ng/m^3) av klormetanene og to kloreter i byområder, og WHOs retningslinjer for uteluftkonsentrasjoner.

| Forbindelse | Los Angeles ¹ 1979 | Phoenix ¹ 1979 | WHOs ² retningslinjer |
|----------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Klormetan | 3 001,6 | 2 390,9 | - |
| Diklormetan | 3 751,1 | 893,6 | 3 000 000 |
| Triklormetan | 88,2 | 111,4 | - |
| Tetraklormetan | 215,1 | 276,5 | - |
| Trikloret | 399,1 | 483,5 | 1 000 000 |
| Tetrakloret | 1 479,7 | 993,8 | 5 000 000 |

1 Singh et al., 1981

2 WHO, 1987

5 FORBINDELSER SOM BØR VURDERES NÆRMERE

5.1 POLYKLORERTE BIFENYLER (PCB)

Polyklorerte bifenyler ble satt i produksjon i 1929, og produksjonen nådde toppen i 1970 med 70 000 tonn pr. år. I 1979 ble produksjonen i USA stoppet, og bruken av PCB i Norge har vært regulert siden 1974. PCB har imidlertid mange gode egenskaper som kjemisk stabilitet og høy dielektrisitetkonstant, og er derfor stadig i bruk i lukkede systemer som transformatorer, hydrauliske systemer og varmevekslingssystemer (Semb og Pacyna, 1988). Mye av det totalt produserte PCB ligger også i søppelfyllplasser i USA (National Academy of Sciences, 1979) og muligens også i norske fyllplasser. Alt dette gjør at utslippet av PCB til atmosfæren fremdeles er forholdsvis stort. I tabell 14 er vist målte konsentrasjoner av PCB i uteluft på forskjellige steder.

Tabell 14: Målte konsentrasjoner (pg/m³) i uteluft av polyklorerte bifenyler (PCB), heksaklorbenzen (HCB) og heksaklorsykloheksan (α -HCH og γ -HCH).

| Sted | PCB | HCB | α -HCH | γ -HCH |
|----------------------------------|-------|-----|---------------|---------------|
| Columbia, S.C., USA ¹ | 3 040 | 294 | - | - |
| Delft, Nederland ² | 960 | 100 | 250 | 360 |
| Stockholm, Sverige ³ | 64 | 165 | - | - |
| Spitsbergen ⁴ | 150 | - | 540 | 40 |

1 Billings and Bidleman, 1983

2 Diederer et al., 1981

3 Bidleman et al., 1987

4 Oehme og Manø, 1984

PCB klassifiseres av Statens forurensningstilsyn som miljøgift i klassen "13 stoffer som er prioritert for tiltak" (SFT, 1987).

5.2 KLORBENZENER

I gruppa klorbenzener er det særlig heksaklorbenzen (HCB) som er interessant. HCB er giftig, kjemisk stabil og den oppkonsentreres i næringskjeden. Produksjon av mange klorerte forbindelser gir HCB som biprodukt (Quinlivan og Ghassemi, 1977), og i Norge er Falconbridge i Kristiansand og Norsk Hydros magnesiumproduksjon på Hærøya to store lokale kilder til HCB-utslipp. I tabell 14 er vist målte konsentrasjoner av HCB i uteluft på forskjellige steder.

Klorbenzener klassifiseres av Statens forurensningstilsyn som miljøgift i gruppa "Stoffer som bør vurderes nærmere før eventuelle tiltak" (SFT, 1987).

5.3 HEKSAKLORSYKLOHEKSAN

Heksaklorsykloheksan (HCH) eksisterer i flere isomere. Disse forbindelsene brukes som insekticid og pesticid, og i Norge brukes de til å behandle furuplanter før de plantes ut (Semb og Pacyna, 1988). Den aktive isomeren er lindan (γ -HCH), men de fleste produktene inneholder flere forskjellige HCH-isomere, bl.a. α -HCH. Tabell 14 viser målte konsentrasjoner av α - og γ -HCH i uteluft på to steder.

Pariskommisjonen som overvåker tilførsel til Nordsjøen (PARCOM), betrakter α - og γ -HCH som viktige komponenter.

5.4 NITROFENOLER

Nitrofenolene er fytotoksiske og kan innvirke på celle-metabolismen. Dinitrofenol brukes som herbicid og insekticid, og nitrofenolene kan dannes ved luftkjemiske transformasjoner av monoaromatiske forbindelser som metylbenzen (toluen) og metylfenol (Leuenberger et al., 1988). Målte konsentrasjoner av 4 nitro-fenoler er vist i tabell 15.

Tabell 15: Målte konsentrasjoner i nedbør og beregnede konsentrasjoner i luft av nitro-fenoler i et byområde i Sveits (Leuenberger et al., 1988).

| Forbindelse | Nedbørkonsentrasjon (nM) | Luftkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|--------------------------|-----------------------------|---|
| 2-Nitrofenol | 4,3 | 0,35 |
| 3-Metyl-2-nitrofenol | 2,0 | 0,05 |
| 4-Metyl-2-nitrofenol | 2,0 | 0,20 |
| 2,4-Dinitro-6-metylfenol | 15 | 0,05 |

5.5 PEROKSYACETYLNITRAT (PAN)

Peroksyacetylnitrat (PAN) er en luftforurensning som dannes ved luftkjemiske reaksjoner mellom bl.a. organiske forbindelser og nitrogenoksider. PAN kan irritere øyne og slimhinner hos mennesker, og gi reduserte avlinger og sviskader på blader hos planter.

Siden PAN er temisk ustabil, er levetiden i atmosfæren forholdsvis kort, og konsentrasjonen i bakgrunnsområdene ligger i området $0,5$ - $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Spicer et al., 1982).

I tabell 16 er vist resultatene fra målinger av PAN på Klyve i Telemark i 1984 og 1985.

Tabell 16: Antall timer med timeverdier av PAN-konsentrasjoner høyere enn 10, 20 og 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og høyeste timeverdi på Klyve i 1984 og 1985 (Schjoldager et al., 1987).

| År | Antall timer med timeverdi høyere enn | | | Maksimal timeverdi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| 1984 | 16 | 1 | 0 | 25 |
| 1985 | 54 | 17 | 0 | 29 |

5.6 ALDEHYDER

Aldehyder dannes ved ufullstendig forbrenning av fossilt brensel og som mellomprodukter i dannelsesreaksjonene av ozon og andre fotokjemiske oksidanter. Hos mennesker kan de virke irriterende på øyne og slimhinner, og metanal (formaldehyd) er muligens et humant karsinogen (Svenberg et al., 1980).

Et sammendrag av resultater av aldehyd målinger på to steder i Oslo, er vist i tabell 17.

Tabell 17: Sammendrag av målte aldehydkonsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) på to steder i Oslo (Schjoldager, 1987).

| Sted periode | Metanal (formaldehyd) | | Etanal (acetaldehyd) | |
|---------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | Middelverdi | Maksimalverdi | Middelverdi | Maksimalverdi |
| <u>St. Olavs gate</u> | | | | |
| August-september 1983 | 7,0 | 19 | - | - |
| Januar-februar 1984 | 7,9 | 17 | 3,2 | 11 |
| August-september 1984 | 7,4 | 15 | 2,8 | 5,2 |
| <u>Nordahl Bruns gate</u> | | | | |
| September 1983 | 2,5 | 8,0 | - | - |

Anslåtte utslippsfaktorer for aldehyder fra forskjellige kilder i USA, er vist i tabell 18.

Tabell 18: Anslåtte utslippsfaktorer for aldehyder fra forskjellige kilder i USA (Lipari et al., 1984).

| Kilde | Utslippsfaktor |
|------------------|----------------|
| Ved-brenning | 0,6-2,3 g/kg |
| Kraftverk | |
| Kullfyrt | 0,002 g/kg |
| Oljefyrt | 0,1 " |
| Gassfyrt | 0,2 " |
| Kjøretøy | |
| Katalysator | 0,013 g/km |
| Ikke-katalysator | 0,080 " |
| Diesel | 0,020 " |

6 KONKLUSJON

Tabell 19 gir en oversikt over de forbindelsene som foreslås inkludert i et overvåkingsprogram, og også i hvilke områder disse forbindelsene bør overvåkes.

Tabell 19: Oversikt over hvilke forbindelser som bør inngå i et overvåkingsprogram og i hvilke områder disse forbindelsene bør overvåkes.

| Forbindelser | Områder | | |
|---------------------------|---------|---------------------|----------|
| | By | Rundt lokale kilder | Bakgrunn |
| Metan | | | x |
| Eten, propen | x | | |
| Etyn | x | | x |
| Benzen | x | x | x |
| Metylbenzen (toluen) | x | x | x |
| Dimetylbenzener (xylener) | x | x | |
| PAH | x | x | x |
| Nitro-PAH | x | x | |
| Aza-arener | x | x | |
| Dioksiner (PCDD og PCDF) | x | x | x |
| Klormetaner | x | | x |
| Kloretener | x | | x |

Det bør også vurderes nærmere om følgende forbindelser skal inngå i et eventuelt overvåkningsprogram:

Polyklorete bifenyler (PCB)
 Klorbenzener (spesielt heksaklorbenzen (HCB))
 Heksaklorsykloheksan (α - og γ -HCH)
 Nitrofenoler
 Peroksyacetylnitral
 Aldehyder

7 REFERANSER

- Ahlborg, U.G. og Victorin, K. (1987) Impact on health of chlorinated dioxins and other trace organic emissions. Waste Managem. Res., 5, 203-224.
- Bidleman, T.F., Widequist, U., Jensson, B. og Söderlund, R. (1987) Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the atmosphere of Southern Sweden. Atmos. Environ., 21, 641-647.
- Billings, W.N. og Bidleman, T.F. (1983) High volume collection of chlorinated hydrocarbons in urban air using three solid adsorbents. Atmos. Environ., 17, 383-391.
- Bjørseth, A., Lunde, G. og Lindskog, A. (1979) Long-range transport of polycyclic aromatic hydrocarbons. Atmos. Environ., 13, 45-53.
- Crutzen, P.J. (1979) The role of NO and NO₂ in the chemistry of the troposphere and stratosphere. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 7, 443-472.
- Demerjian, K.L., Kerr, J.A. og Calvert, J.G. (1974) The mechanism of photochemical smog formation. Adv. Environ. Sci. Technol., 4, 1-262.
- Diederer, H.S.M.A., Hartog, J.C.den, Hollander, J.C.Th., Kaayk, J. og Schulting, F.L. (1981) Nivean's van luchveroutrouwing gemeten over de periode januari 1979-Maart 1981. Delft, TNO (Rapport CMP 81/02).
- Duce, R.A. (1978) Speculations on the budget of particulate and vapour phase non-methane organic carbon in the global troposphere. Pure Appl. Geophys., 116, 244-273

- Duce, R.A., Mohnen, V.A., Zimmermann, P.R., Grosjean, D., Cautreels, W., Chatfield, R., Jaenicke, R., Ogren, J.A., Pellizzari, E.D. og Wallace, G.T. (1983) Organic Material in the Global Troposphere. Rev. Geophys. & Space Phys., 21, 921-952.
- Gilson, T.L. (1982) Nitro derivatives of polynuclear aromatic hydrocarbons in airborne and source particulate matter. Atmos. Environ., 8, 2037-2040.
- Hahn, J. (1980) Organic constituents of natural aerosols. Ann. N.Y. Acad. Sci., 338, 359-376.
- Harkov, R., Kebbekus, B., Bozzdli, J.W. og Liroy, P.J. (1983) Measurement of selected volatile organic compounds at three locations in New Jersey during the summer season. J. Air. Poll. Contr. Ass., 33, 1177-1183.
- Herlan, A. (1977) Carcinogenic polycyclic aromatics and metabolites as possible components of emissions. Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene, I Abt. Orig. B, 165, 174-191.
- Houg, A.M. og Derwent, R.G. (1987) Computer modelling studies of the distribution of photochemical ozone production between different hydrocarbons. Atmos. Environ., 21, 2015-2033.
- Hov, Ø., Schmidbauer, N. og Oehme, M. (1989a) Light hydrocarbons in the Norwegian Arctic. Atmos. Environ. (In press).
- Hov, Ø., Schmidbauer, N. og Oehme, M. (1989b) Hydrocarbon measurements at rural Birkenes, South Norway, May 1987-May 1988. Lillestrøm (NILU OR under arbeid).
- Jaenicke, R. (1978) The role of organic material in atmospheric aerosols. Pure Appl. Geophys., 116, 283-292.
- Kirschmer, P. og Buck, M. (1986) Determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in outdoor air. I: Fourth European Symposium on Physico-chemical behaviour of atmospheric pollutants. Stresa, 23.-25. september. Ed. by G. Angeletti and G. Restelli. Dordrecht, Reidel. pp. 114-120.
- Larssen, S. (1987) Støv fra asfaltveier. Karakterisering av luftbåret støv. Fase 1: Målinger i Oslo, våren 1985. Lillestrøm (NILU OR 53/87).

- Leuenberger, C., Czuczawa, J., Temp, J. og Giger, W. (1988) Nitrated phenols in rain: Atmospheric occurrence of phytotoxic pollutants. Chemosphere, 17, 511-515.
- Lipari, F., Dasch, J.M. og Scruggs, W.F. (1984) Aldehyde emissions from wood-burning fireplaces. Environ. Sci. Technol., 18, 326-330.
- National Academy of Sciences (1979) Polychlorinated Biphenyls. Washington D.C.
- Nelson, P.F. og Quigley, S.M. (1984) The hydrocarbon composition of exhaust emitted from gasoline fuelled vehicles. Atmos. Environ., 18, 79-87.
- Nielsen, T., Seitz, B. og Ramdahl, T. (1984) Occurrence of nitro-PAH in the atmosphere in a rural area. Atmos. Environ., 18, 2159-2165.
- Nordisk Ministerråd (1988) Nordisk dioxinriskbedømming. København (Miljørapport 1988:7).
- Oehme, M. (1988) Dioksiner i miljøet, forekomst og kilder. Lillestrøm (NILU TR 4/88).
- Oehme, M. og Manø, S. (1984) The long-range transport of organic pollutants to the Arctic. Fres. Z. Anal. Chem., 319, 141-146.
- Perner, D., Platt, U., Trainer, M., Hübler, G., Drummond, J., Junkermann, W., Rudolph, J., Schubert, B., Volz, A. og Ehhalt, D.H. (1987) Measurements of tropospheric OH concentrations: A comparison of field data with model prediction. J.Atmos. Chem., 5, 185-216.
- Platt, U., Rateike, M., Junkermann, W., Rudolph, J. og Ehhalt, D.H. (1988) New tropospheric OH measurements. J. Geophys. Res., 93D, 5159-5166.
- Poiger, H. og Schlatter, C. (1986) Pharmacokinetics of 2,3,7,8-TCDD in man. Chemosphere, 15, 1589-1494.
- Pott, F. (1985) Pyrolytic emissions profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk-data and evaluation. Staub, 45, 369-379.
- Quinlivan, S.C. og Ghassemi, M. (1977) Sources, characteristics and treatment and disposal of industrial wastes containing hexachlorobenzene. J. Hazardous Materials, 1, 343-359.

- Robinson, E. (1978) Hydrocarbons in the atmosphere. Pure Appl. Geophys., 116, 372-384.
- Rudolph, J. og Ehhalt, D.H. (1981) Measurements of C₂-C₅ hydrocarbons over the North Atlantic. J. Geophys. Res., 86, 11959-11964.
- Rudolph, J. og Khedim, A. (1985) Hydrocarbons in the non-urban atmosphere: Analysis, ambient concentrations and impact on the chemistry of the atmosphere. Intern. J. Environ. Anal. Chem., 20, 265-282.
- Schjoldager, J. (1981) Målinger av aldehyder i uteluft 1983-86. Lillestrøm (NILU OR 39/87).
- Schjoldager, J., Currie, L.A., Hanssen, J.E., Hongslo, J.K. og Mikalsen, A. (1986) Luftforurensning fra vedfyring. Målinger i Elverum vinteren 1983. Lillestrøm (NILU OR 68/86).
- Schjoldager, J., Dreiem, R., Krognnes, T., Johannessen, T., Stige, L. og Tveita, B. (1987) Målinger av ozon, Østlandet-Telemark-Sørlandet. Målinger av PAN, Telemark, 1984-1985. Lillestrøm (NILU OR 64/87).
- Semb, A. og Pacyna, J.M. (1988) Toxic trace elements and chlorinated hydrocarbons: sources, atmospheric transport and deposition. Lillestrøm (NILU OR 33/88).
- Sexton, K. og Westberg, H. (1984) Nonmethane hydrocarbon composition of urban and rural atmospheres. Atmos. Environ., 18, 1125-1132.
- Singh, H.B., Salas, L.J., Smith, A.J. og Shigeishi, H. (1981) Measurements of some potentially hazardous organic chemicals in urban environments. Atmos. Environ., 15, 601-612.
- Sing, H.B., Salas, L.J. og Stiles, R.E. (1982) Distribution of selected gaseous organic mutagens and suspect carcinogens in ambient air. Environ. Sci. Technol., 16, 872-880.
- Spicer, C.W., Holdren, H.W. og Keigley, G.W. (1982) The ubiquity of peroxyacetyl nitrate in the lower atmosphere. Columbus, Ohio, Battelle Columbus Laboratories.
- Statens forurensningstilsyn (1986) Forskrift om endring i forskrifter om stoffliste, risiko- og sikkerhetssetninger m.v. (TA-603).

- Statens forurensningstilsyn (1987) Miljøgifter i Norge. Oslo (SFT-rapport nr. 79).
- Stray, H., Mikaelson, A. og Oehme, M. (1984) Determination of substituted polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air particulate matter. Lillestrøm (NILU OR 5/84).
- Swenberg, J.A., Kerns, W.D., Mitchell, R.I., Gralla, E.J. og Pavkov, K.L. (1980) Induction of squamous all carcinomas of the rat nasal cavity by inhalation exposure to formaldehyde vapor. Cancer Res., 40, 3398.
- Thrane, K.E. (1987) A study of the impact of the aluminium industry on the air quality with respect to polycyclic aromatic hydrocarbons. Thesis. Hagan.
- Thrane, K.E. og Stray, H. (1985) Organiske luftforurensninger i en elektrolysehall ved et aluminiumverk. Lillestrøm (NILU OR 1/85).
- Wathne, B.M. (1983) Measurements of benzene, toluene and zylens in urban air. Atmos. Environ., 17, 1713-1722.
- World Health Organization (1987) Air Quality Guidelines for Europe. København (WHO Regional Publications, European Series No. 23).
- Zimmermann, P.R., Chatfield, R.B., Fishman, J., Crutzen, P.J. and Hanst, P.J. (1978) Estimates on the production of CO and H₂ from the oxidation of hydrocarbon emissions from vegetation. Geophys. Res. Lett., 5, 679-682.

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

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT | RAPPORTNR. OR 20/89 | ISBN-82-425-0025-8 | |
| DATO MAI 1989 | ANSV. SIGN. <i>J. Schjoldager</i> | ANT. SIDER 26 | PRIS Kr 45,- |
| TITTEL Overvåking av organiske forbindelser i uteluft | | PROSJEKTLEDER O.-A. Braathen | |
| | | NILU PROSJEKT NR. O-8835 | |
| FORFATTER(E) O.-A. Braathen | | TILGJENGELIGHET A | |
| | | OPPDRAGSGIVERS REF. | |
| OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 Oslo 1 | | | |
| 3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Organiske forbindelser Overvåking Uteluft | | | |
| REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) NILU har gjennomført en litteraturstudie for å undersøke hvilke organiske forbindelser som bør inngå i et overvåkingsprogram. Det foreslås å overvåke følgende forbindelser: Metan, eten, propen, etyn, benzen, metylbenzen, dimetylbenzener, polysykliske aromatiske hydrokarboner, nitrosubstituerte polysykliske aromatiske hydrokarboner, aza-arener, dioksiner, klormetaner og kloretenere. | | | |

| |
|---|
| TITLE Monitoring of organic compounds in the atmosphere |
| ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines) |

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