

NILU

OPPDRAGSRAPPORT NR. 23/76

REFERANSE: EO-2-12.73

DATO: SEPT. 1976

BAKGRUNNSMÅLINGER AV UTVALGTE  
LUFTFORURENSNINGSKOMPONENTER

*av*

*Karin E. Thrane*

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001, LILLESTRØM  
NORGE

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
<u>SAMMENDRAG</u> .....	5
1 <u>INNLEDNING</u> .....	7
2 <u>UTSLIPPSKILDER</u> .....	8
3 <u>TIDLIGERE MÅLINGER</u> .....	9
4 <u>MÅLESTEDER OG MÅLEPERIODER</u> .....	9
5 <u>METEOROLOGISKE DATA</u> .....	10
6 <u>PRØVETAKINGSMETODER</u> .....	11
7 <u>ANALYSEMETODER</u> .....	12
8 <u>RESULTATER</u> .....	13
8.1 <u>Kort oversikt over de målte bakgrunns-</u> <u>konsentrasjoner</u> .....	13
8.2 <u>Måleresultater av bly, kadmium og</u> <u>kvikksølv</u> .....	13
8.2.1 <u>Korrelasjonsanalyse</u> .....	13
8.2.2 <u>Gjennomsnittsverdier</u> .....	14
8.2.3 <u>Frekvensfordeling</u> .....	15
8.3 <u>Måleresultater av klorerte hydrokarboner</u> ..	16
8.4 <u>Bakgrunnskonsentrasjoner av bly, kadmium og</u> <u>kvikksølv</u> .....	17
8.5 <u>Episoder med høye konsentrasjoner av bly,</u> <u>kadmium eller kvikksølv ved Birkenes</u> .....	18
9 <u>KONKLUSJON</u> .....	21
10 <u>REFERANSER</u> .....	23
11 <u>TABELLER</u> .....	25
12 <u>FIGURER</u> .....	34

## SAMMENDRAG

Etter oppdrag fra Miljøverndepartementet har NILU foretatt målinger i luft av bly, kadmium, kvikksølv og klorerte hydrokarboner i bakgrunnsområder i Norge. Målingene fant sted høsten 1974 og våren 1975 ved Birkenes, Lyngør og Vasser.

Resultatene fra denne undersøkelsen er i overensstemmelse med de konsentrasjoner som er funnet ved lignende undersøkelser foretatt f.eks. på Grønland, i Sverige og i USA.

Måleresultatene viser tydelige tidsvariasjoner. En korrelasjonsanalyse mellom de forskjellige forurensningskomponenter viser at det er gjennomgående dårlig korrelasjon, unntatt for bly og kadmium. For målestasjonen ved Birkenes er det foretatt trajektorieberegninger for luftttransporten, og forurensningsnivået er her tydelig avhengig av hvilke områder luftmassene har passert.

Den månedlige gjennomsnittskonsentrasjon, samt standardavvik er beregnet for hver komponent ved de tre målestasjonene. Gjennomsnittskonsentrasjonene varierer, og har nær sammenheng med den fremherskende retning for lufttransporten i måneden.

Frekvensfordelingen for bly, kadmium og kvikksølv viser at det er meget liten sannsynlighet for at bakgrunnsnivået i Norge vil overstige de normer som er foreslått i f.eks. Tyskland og USSR.

En rekke episoder med høye konsentrasjoner av bly, kadmium og kvikksølv er beskrevet i detalj, med illustrasjon av trajektorieberegningene i hvert enkelt tilfelle. Ved disse episoder har luftmassene kommet direkte fra tettbefolkede områder med mye industri.

1 INNLEDNING

Toksiske forurensningskomponenter som tunge metaller og persistente organiske forbindelser skriver seg hovedsakelig fra menneskelig aktivitet. De påvises i naturen i stadig større mengder, og det antas at de transporteres med luft og vann fra industriområder og tettbygde strøk. Enkelte komponenter anrikes i næringskjeden, og er funnet i høye konsentrasjoner i vevsprøver fra f.eks. rovfugl og sel.

Mange land har innført restriksjoner for bruken av en del av disse komponenter. For å bringe på det rene om restriksjonene har virkning, er det nødvendig med målinger både i luft, vann og i organisk materiale som vevsprøver og plantemateriale.

Forekomst og transport av toksiske komponenter i luft har hittil vært lite undersøkt, hovedsaklig fordi konsentrasjonene av disse komponenter i luft er meget lave og derfor har vært vanskelig å påvise. Avanserte analyseteknikker som er tatt i bruk i den senere tid, har nå gjort det mulig å gå inn på dette felt. En omfattende undersøkelse av denne art vil imidlertid bli meget kostbar, og det arbeid som er utført i dette prosjektet må derfor betraktes som en forundersøkelse.

2 UTSLIPPSKILDER

Forbrenning av blyholdig bensin er hovedårsaken til bly i luften, men kilder som jern- og stålverk, skrapbehandling og kabelforbrenning bidrar også med en stor del. I 1968 ble det totale utslipp av bly i luft i USA beregnet til ca 184 000 tonn hvorav 181 000 tonn kom fra bileksos (1).

For kadmium er sink-røsting den viktigste kilden. I 1968 ble utslippet til luft fra slike prosesser i USA estimert til 950 tonn. I tillegg kommer søppelforbrenning og spilloljeforbrenning som tilsammen utgjorde over 1000 tonn i USA i 1968 (2), samt spredning av visse kadmiumholdige pesticider og fungicider. Det totale utslipp av kadmium i 1968 var ca 2000 tonn (2).

Kvikksølv skriver seg først og fremst fra kloralkalifabrikkene, men også fra gruvedrift, forbrenning av kull og olje, og fra kvikksølvproduksjon. Jordskorpen og havet er naturlige kilder for kvikksølv. Utslipp i luft fra kloralkalifabrikker i Sverige var i 1967 30 tonn kvikksølv. I Canada var utslippet i 1969 fra kloralkalifabrikker 110 tonn, fra forbrenning av kull og olje 15 tonn, og fra kvikksølvproduksjon 27 tonn (3).

Klorerte hydrokarboner som f.eks. heksaklorbenzen (HCB) og polyklorerte bifenyler (PCB) tilføres luften fra kjemisk industri, og ved forbrenning av plast eller PCB-holdig materiale. Spredning av klorerte pesticider foregår når disse brukes til bekjempelse av skadeinsekter i jord- og hagebruk.

### 3 TIDLIGERE MÅLINGER

Konsentrasjonene av bly i ikke-forurenset strøk er i litteraturen oppgitt å være 1 - 10 ng/m<sup>3</sup>, og nær sterkt trafikkerte veier opptil 50 000 ng/m<sup>3</sup> (4). (1 ng = 1 nanogram = 10<sup>-9</sup> g)

Kadmiumkonsentrasjonene varierer fra ca 1 ng/m<sup>3</sup> i ikke-forurenset område til 500 ng/m<sup>3</sup> i industristrøk (5).

Bakgrunnsnivået for gassformig elementært kvikksølv er oppgitt å være 3 - 9 ng/m<sup>3</sup> (3), mens konsentrasjonen nær industri kan komme opp i 100 000 ng/m<sup>3</sup> (6). Kvikksølvkonsentrasjonene varierer med lufttrykk og temperatur (7).

Det foreligger svært få data for nivået av HCB og PCB i luft. Målinger nær en kjemisk fabrikk viste konsentrasjoner av HCB fra ca 900 ng/m<sup>3</sup> til 18 000 ng/m<sup>3</sup> (8). Ved en undersøkelse av PCB-nivået over Atlanteren ble det målt fra 0.05 ng/m<sup>3</sup> til 5.0 ng/m<sup>3</sup> (9). Det ble ved en undersøkelse fra Bermuda og Rhode Island funnet litt høyere konsentrasjoner (10).

Konsentrasjonen av pesticider i luft varierer med årstiden, og er forskjellig for de ulike typer pesticider. I Sverige er f. eks. nivået av p,p'-DDT i området 0.05 - 0.1 ng/m<sup>3</sup> om vinteren, og 0.35 - 0.45 ng/m<sup>3</sup> om sommeren (11).

### 4 MÅLESTEDER OG MÅLEPERIODER

Målestasjonene Birkenes, Vasser og Lyngør ble tatt ut som egnede bakgrunnsstasjoner for dette prosjektet, se figur 1.

Prøvetakere for bly, kadmium og kvikksølv ble startet ved Birkenes i september 1974, og for klorerte organiske forbindelser i november 1974. Stasjonen ved Birkenes er benyttet som bakgrunnsstasjon for en rekke andre prosjekter. Selve målestasjonen ligger et par kilometer fra nærmeste bebodde gård. Kristiansand er nærmeste by og ligger 30 km i sydvestlig

retning. Området er kupert og for det meste skogkledt. Dalen hvor stasjonen ligger, skråner i sørøstlig retning mot havet, som er ca 20 km borte.

Prøvetakere for bly, kadmium og klorerte organiske forbindelser startet ca 1 november 1974 ved Vasser. Stasjonen ligger på sørsiden av øya Vasser ved innløpet av Oslofjorden. Det er liten permanent bosetning i området.

Ved Lyngør fyr ved sørøstkysten av Norge, ble det plassert en prøvetaker for kvikksølv i september 1974. Stasjonen ligger på nordvestsiden av ei øy og i sørøstlig retning fra bebodd område.

Prøvetakingen i første periode varte fra prøvetakerne ble satt ut til 1. januar 1975, og i annen måleperiode i to måneder fra 1. april 1975.

Det ble for alle komponenter tatt døgnprøver, fra kl 8.00 til kl 8.00 når ikke annet er angitt. For bestemmelse av bly, kadmium og kvikksølv ble det tatt prøver hver dag, mens det for klorerte hydrokarboner ble tatt døgnprøver én gang pr uke. I slutten av annen måleserie ble prøvetakerne for klorerte hydrokarboner kjørt i 48 timer istedenfor 24 timer.

## 5 METEOROLOGISKE DATA

Trajektorieberegninger er foretatt for målestasjonen ved Birkenes i forbindelse med OECD-prosjektet "Langtransport av luftforurensninger". Beregningene er utført ved Meteorologisk Institutt. Trajektoriene viser hvilke områder luftmassene har passert over i løpet av de siste 24 timer før de kom inn til stasjonen. Disse beregninger gjelder lufttransport i 850 mb-flaten (ca 1500 m o.h.) og foretas 4 ganger i døgnet. Anvendelse av atmosfæriske spredningsmodeller, samt målinger ved hjelp av fly, har vist at en vesentlig del av transporten av luftforurensninger over lange avstander foregår i høyder opptil 2 km over bakken.

Døgnlige meteorologiske observasjoner av nedbørmengde, relativ fuktighet og lufttemperatur ble foretatt på Birkenes, Færder, Lyngør og Treungen.

## 6 PRØVETAKINGSMETODER

Prøver av de partikulære forurensningskomponentene bly og kadmium, ble tatt ved å suge en kjent mengde luft gjennom et membranfilter. I den første måleperioden ble det benyttet filtre med en gjennomsnittlig porestørrelse på 5  $\mu\text{m}$ . (1  $\mu\text{m}$  = 1 mikrometer =  $10^{-6}\text{m}$ ). Bly og kadmium finnes hovedsaklig i de minste partiklene, det vil si partikler mindre enn 2  $\mu\text{m}$ , og en hadde mistanke om at en stor del av disse partiklene passerte gjennom filtret. I annen måleperiode ble det derfor brukt filtre med porestørrelse på 0.8  $\mu\text{m}$ . Måleresultatene fra denne undersøkelsen viste ingen forskjell med hensyn til oppsamlingen av bly og kadmium mellom de to filtertyper. Luftmengden som passerte gjennom filtret pr. døgn var i første måleperiode 1000 - 3000  $\text{m}^3$  og i andre måleperiode ca 1/10 av denne. Etter eksponering ble filtrene pakket enkeltvis, datert og sendt til NILU for analyse. Prøvetakeren ved Vasser skiftet filter automatisk, mens prøvetakeren ved Birkenes ble betjent manuelt.

Gassformig, elementært kvikksølv ble samlet opp ved å la luftprøven passere gjennom et glassrør fylt med sølvull eller sølvkrystaller hvor kvikksølvet blir holdt tilbake ved at det dannes amalgam (12). Hver luftprøve var på ca 3  $\text{m}^3$ . Foran glassrøret var det satt et filter for å forhindre at partikler kom inn på sølvet. Åtte rør ble satt ut om gangen, og ved hjelp av en automatisk skifter ble ett rør eksponert pr. døgn. Glassrørene ble skiftet hver uke og eksponerte rør ble forseglet og sendt laboratoriet for analyse.

Klorerte hydrokarboner er tildels flyktige forbindelser, og lar seg bare delvis fange opp på filtre eller i absorpsjonsløsninger. En spesiell prøvetaker ble bygget for dette formål.



Luftprøven ble suget gjennom et glassfiberfilter hvor partiklene ble holdt tilbake, og passerte deretter et lag med glasskuler som på forhånd var impregnert med olje (13). De aktuelle klorerte hydrokarboner løses meget lett i fett og anrikes derfor i oljen. Luftmengden var 400 - 700 m<sup>3</sup>.

## 7 ANALYSEMETODER

Filtrene som skulle analyseres m.h.p. bly og kadmium ble behandlet med salpetersyre, 1N HNO<sub>3</sub>, i ultralydbad og rystemaskin. Ekstraktet ble filtrert og analysert ved hjelp av atomabsorpsjonsspektrofotometri (14, 15, 16).

Det ble for det meste benyttet flammeløs atomabsorpsjon. Til analysene ble det brukt et instrument av type Perkin-Elmer 300 S med grafittovn HGA72. I noen av prøvene var konsentrasjonene så høye at de ble analysert ved vanlig atomabsorpsjon, og analysene ble da utført ved et instrument av type Perkin-Elmer 403.

Kvikksølv ble analysert ved hjelp av flammeløs atomabsorpsjonsspektrometri. Instrumentet som ble brukt var Perkin-Elmer 300 S utstyrt med bakgrunnskorrektor. Glassrøret med den eksponerte sølvull eller sølvkrystaller ble varmet opp til ca 400 °C med en varmetråd viklet rundt røret. Kvikksølvdampen ble samtidig drevet av og ført inn i en celle ved hjelp av en luftstrøm. Lysabsorpsjonen i cellen ble målt ved 256,7 nm (12).

Glassfiberfiltret og glasskulene med olje som inneholdt eventuelle klorerte hydrokarboner, ble ekstrahert i heksan. Ekstraktet ble tørket, vasket, rensset og separert ved væskrokromatografering. Det ble tatt ut tre fraksjoner fra hver prøve som ble analysert ved hjelp av en gaskromatograf, Carlo Erba 2400, utstyrt med "electron capture detector" (13, 17). Det ble brukt en to meter lang glasskolonne med indre diameter 4 mm og fylt med 7,5% QF1 og 5% DC200 på 80/100 mesh Gas Chrom P.

## 8 RESULTATER

### 8.1 Kort oversikt over de målte bakgrunnskonsentrasjoner

Konsentrasjonene av bly, kadmium, kvikksølv og klorerte hydrokarboner er lavere ved Birkenes enn ved de to andre stasjonene. Målingene fra Vasser og Lyngør tyder på at stasjonene mottar forurensninger fra industri- og boligstrøk langs Oslofjorden, og derfor ikke er så velegnede som bakgrunnsstasjoner som først antatt. Måleresultatene er i overensstemmelse med resultater fra lignende undersøkelser som er foretatt tidligere (4, 5, 6, 8, 9, 10), med unntak av blykonsentrasjonene ved Vasser. Blykonsentrasjonene i luften ved Birkenes er for de fleste prøver lavere enn  $8 \text{ ng/m}^3$ , mens det ved Vasser ofte forekommer luftprøver med konsentrasjoner i området på  $20 - 40 \text{ ng/m}^3$ . De fleste prøvene viser kadmiumkonsentrasjoner lavere enn  $0.1 \text{ ng/m}^3$  ved Birkenes og  $0.3 \text{ ng/m}^3$  ved Vasser. Nivået av kvikksølv er for mesteparten av prøvene innenfor  $2 - 4 \text{ ng/m}^3$ .

### 8.2 Måleresultater av bly, kadmium og kvikksølv

Tabell 1 og stolpediagrammet i figur 2 viser de døgnlige konsentrasjoner for bly, kadmium og kvikksølv for hver stasjon i måleperiodene. I store trekk varierer konsentrasjonene av forurensninger etter samme mønster ved de tre målestasjonene. Variasjonen i bakgrunnskonsentrasjonene viser ved denne undersøkelsen liten sammenheng med meteorologiske parametre som temperatur, luftfuktighet og nedbørmengde, men som vist i avsnitt 8.4 og 8.5 en klar sammenheng med retning av lufttransporten.

På grunn av problemer med prøvetakeren ved Vasser er en del av analyseresultatene derfra forkastet (desember 1974 og april 1975).

#### 8.2.1 Korrelasjonsanalyse

I tabell 2 finner en korrelasjonskoeffisienten for hver måned mellom komponenter ved hver stasjon, og mellom stasjonene for

hver av komponentene. Det er gjennomgående dårlig korrelasjon unntatt for de partikulære forurensningskomponenter, bly og kadmium. Korrelasjonskoeffisienten for samtlige målinger av bly og kadmium ved Birkenes, i alt 173 datapar, er 0.93. Ved Vasser er det også god sammenheng mellom bly og kadmium når en ser bort fra desember 1974. Kadmiumkonsentrasjonene var for enkelte dager i denne måned ekstremt høye, noe som kan tyde på at disse prøvene er kontaminert.

Korrelasjonen mellom stasjonene varierer noe, men figur 2 viser at toppe i konsentrasjonene ofte forekommer omtrent samtidig ved de tre målestasjoner. Forskyvninger i tiden på en dag eller to gjør at denne sammenheng ikke kommer frem ved korrelasjonsanalysen mellom stasjonene. Årsaken til tidsforskyvningen er muligens at luftmassene som transporterer forurensningene når frem til målestasjonene ved forskjellige tidspunkt.

### 8.2.2 Gjennomsnittsverdier

Tabell 3 viser en oversikt over månedsmiddelkonsentrasjonene for kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og bly (Pb), for hver måned og hver stasjon i måleperioden. Det er i tabellen også tatt med antall prøver som er analysert for hver måned, standardavvik, samt laveste og høyeste konsentrasjon som er målt. Standardavviket for bly er høyt som følge av at blykonsentrasjonene varierer meget sterkt. Kvikksølvkonsentrasjonene varierer minst.

Gjennomsnittskonsentrasjonene varierer fra måned til måned. Trajektorieberegningene for Birkenes, vurdert sammen med gjennomsnittsverdiene fra denne stasjonen, viser at variasjonen i gjennomsnittskonsentrasjonene har nær sammenheng med hovedretning for lufttransporten i løpet av perioden.

I desember 1974, en måned med luftmasser hovedsakelig fra Atlanteren og Norskehavet, er gjennomsnittskonsentrasjonene lave. I denne måneden var luftstrømmen nordlig og nordvestlig i mer enn 80% av tiden. For mai 1975 var gjennomsnittskonsentrasjonene også forholdsvis lave, og luftmassene kom fra Atlanteren og Norskehavet halvparten av tiden.

I april 1975 varierte retningen for luftstrømmen en del, og kom fra nord og nordøst ca 40% av tiden. Middelkonsentrasjonene for bly og kadmium er relativt høye, se tabell 3. I slutten av april ble det målt ekstremt høye verdier i ett døgn, se tabell 1. Gjennomsnittskonsentrasjonene, når en ikke tar med dette døgnet, er ved Birkenes 15.6 ng bly/m<sup>3</sup> og 0.23 ng kadmium/m<sup>3</sup>.

I september og november 1974 kom luftmassene fra sør og sørvest i ca 60% av tiden, og de hadde passert over landområder med tett bebyggelse og industri. Middelkonsentrasjonene var relativt høye for begge månedene.

De fremherskende retninger for lufttransporten i oktober 1974 var nordøst og øst. I denne måneden var gjennomsnittskonsentrasjonen for kvikksølv ved Birkenes høy, mens gjennomsnittskonsentrasjonene for bly og kadmium var lave.

### 8.2.3 Frekvensfordeling

Frekvensfordelingen av luftkonsentrasjonene er forskjellig for de ulike komponenter og målestasjoner, se figur 3. Ved Birkenes er både bly og kadmiumkonsentrasjonene log-normalfordelt. I over halvparten av prøvene er konsentrasjonen av bly lavere enn 10 ng/m<sup>3</sup> og konsentrasjonen av kadmium lavere enn 0.1 ng/m<sup>3</sup>. Med økende konsentrasjon synker antall observasjoner raskt.

Prøvene fra Vasser viser både for bly og kadmium en annen fordeling med forholdsvis få prøver i det laveste konsentrasjonsintervall. Denne frekvensfordeling viser at Vasser sannsynligvis er påvirket av lokale forurensningskilder for bly og kadmium.

Kvikksølvkonsentrasjonene er nær normalfordelt ved begge stasjoner, figur 3. Ved Birkenes finner en flest prøver innenfor konsentrasjonsområdet fra 2 til 3 ng/m<sup>3</sup>, mens prøver med konsentrasjoner mellom 3 og 4 ng/m<sup>3</sup> forekommer hyppigst ved Lyngør.

Den kumulative frekvensfordeling er vist i tabell 4. I Norge finnes ingen normer for luftforurensningskomponenter, og en vurdering av resultatene må derfor baseres på de standarder som er antydnet i andre land. I Tyskland er standard for bly i luft foreslått til 3000 ng/m<sup>3</sup> i døgnprøver, og for kadmium til 50 ng/m<sup>3</sup> (18). I USSR er 300 ng/m<sup>3</sup> foreslått for kvikksølv (19). Sammenlignet med disse standarder må konsentrasjonene i bakgrunnsområder i Norge betegnes som lave. Den kumulative frekvensfordeling viser at sannsynligheten for at nivået skal overstige disse normer er meget liten.

### 8.3 Måleresultater av klorerte hydrokarboner

Prøvene som inneholdt klorerte hydrokarboner ble analysert med hensyn på et utvalg av de mest persistente klorerte pesticider som p,p'-DDT,  $\alpha$ -BHC,  $\beta$ -BHC, Dieldrin, Heptachlor og Lindan, samt andre klorerte forbindelser som PCB og HCB. (Se forklaring på betegnelsene i tabell 5.)

Konsentrasjonene av de organiske komponenter er lave, se tabell 6, ofte under påvisningsgrensen for metoden, og de varierer lite. Dieldrin var ikke påvisbart i noen av prøvene, og er derfor ikke tatt med i tabellen. p,p'-DDT ble heller ikke påvist, men denne kunne ha vært tilstede i prøvene hvor det ble funnet PCB. Ved analysemetoden som ble benyttet i denne undersøkelsen var det ikke mulig å separere PCB og p,p'-DDT. Det samme gjelder for HCB og  $\alpha$ -BHC, samt for  $\beta$ -BHC og Lindan. I tabell 6 er derfor disse oppført i samme rubrikk. Den totale mengden av klorerte pesticider er tatt med i tabellen og gir et mål for belastningen av slike forbindelser i området.

Gjennomsnittskonsentrasjonen for den totale mengde klorerte pesticider er presentert i tabell 7 sammen med standardavvik. Korrelasjonskoeffisienten mellom Birkenes og Vasser for summen av de klorerte pesticider er 0.82. Det inngår kun ti datapar i denne beregningen. Det var liten variasjon i måleresultatene og ingen klar sammenheng mellom retninger for lufttransport og konsentrasjonene.

PCB ble påvist i luftprøver fra begge målestasjoner 27.-28. november 1974 og 18.-19. desember 1974, men ikke i de øvrige prøver. For de dager det er påvist PCB beveget luftmassene seg forholdsvis lite. 27.-28. november 1974 kom luften fra Norskehavet og passerte langsomt over Sør-Norge og senere over Danmark og Sverige. 18.-19. desember 1974 beveget luftmassene seg over store deler av Sør-Norge og var såvidt innom Sverige. Meteorologiske situasjoner som disse forekom sjelden i denne måleperioden. Trajektoriene er usikre når luftmassene beveger seg lite, og det er derfor vanskelig å følge transporten av forurensningene for de to døgnene.

#### 8.4 Bakgrunnskonsentrasjoner av bly, kadmium og kvikksølv ved Birkenes

Ved hjelp av trajektorieberegningene har det vært mulig å bearbeide dataene fra Birkenes grundigere enn dataene fra Vasser og Lyngør. Dataene fra Birkenes viser at det er sammenheng mellom konsentrasjonsnivåene og de områdene luftmassene har passert over.

Ved bakgrunnsnivå forstår en de laveste konsentrasjoner som måles i et område. Siden forurensningskonsentrasjonene er variable og betinget av blant annet hvilken retning luftmassene kommer fra, er det av interesse å se på lufttransporten for de døgn en har de laveste konsentrasjoner av bly, kadmium og kvikksølv.

Trajektoriene for de døgn i måleperioden da konsentrasjonene av alle tre komponenter har vært lavere enn de respektive nedre kvartiler (25% fraktiler) ved Birkenes, se tabell 4, viser at luftmassene utelukkende har kommet fra Atlanterhavet. Av figur 4 ser en at de bare har berørt landområder med lav folketetthet og lite industri, som bidrar lite til luftforurensninger.

Figur 5 viser hvilke områder trajektoriene dekker når samtlige konsentrasjoner har vært lavere enn de respektive 40% fraktiler. 40% fraktilen er for kvikksølv  $2.9 \text{ ng/m}^3$ , for kadmium  $0.064 \text{ ng/m}^3$  og for bly  $6.3 \text{ ng/m}^3$  ved Birkenes. Luft med så lave konsentrasjoner av forurensninger har kun passert over tynt befolkede områder med forholdsvis lite biltrafikk og industri. Det ble aldri målt så lave konsentrasjoner for alle tre komponenter samtidig i luftprøver som kom fra Kontinentet eller fra den sørlige del av Storbritannia.

For luftprøver med konsentrasjoner lavere enn de respektive medianer (50% fraktiler), se tabell 4, ser bildet mer komplisert ut, men en har heller ikke i disse tilfeller lufttransport fra Kontinentet eller den sørlige del av Storbritannia.

#### 8.5 Episoder med høye konsentrasjoner av bly, kadmium eller kvikksølv ved Birkenes

I løpet av måleperioden forekom det episoder med forholdsvis høye konsentrasjoner av kvikksølv, kadmium eller bly. Trajektorieberegningene for lufttransporten i disse tilfeller viser at luften alltid har passert over områder med mye industri og tettbebyggelse. Episodenes varighet varierer fra ca ett døgn til en uke.

Den første episoden inntraff i september like etter at målingene ved Birkenes hadde startet, se figur 2. En forenklet fremstilling av trajektorieberegningene for hvert døgn i løpet av episoden er gitt i figur 6, og de målte konsentrasjoner av

bly, kadmium og kvikksølv fra 11.-18. september 1974 finnes i tabell 1. Den 18. september dreiet vindretningen mot vest og nordvest og konsentrasjonene sank betraktelig, figur 2. Figur 6 viser at luftmassene i tidsrommet 11.-18. september har passert over de tettest befolkede og mest industrialiserte områder i Nord-Europa. Trafikktettheten i disse områder er stor, og blykonsentrasjonene som ble målt ved Birkenes i løpet av disse dagene må betegnes som meget høye, sammenlignet med konsentrasjoner funnet ved andre episoder.

I begynnelsen av oktober 1974 var det en uke med forholdsvis høye verdier av kvikksølv uten at bly- og kadmiumkonsentrasjonene var påfallende høye. Trajektoriene for hver dag i denne perioden er skissert i figur 7, og konsentrasjonene er angitt i tabell 1. Så lenge luftmassene passerte over områder med stor trafikktetthet og mye industri var konsentrasjonene høye for alle tre komponenter. Blykonsentrasjonene sank imidlertid etter at luftstrømmen dreiet over til østlig og nordøstlig retning, mens kvikksølvkonsentrasjonene fremdeles var høye. Den 11. oktober var luftstrømmen nordlig og kvikksølvkonsentrasjonen sank, men steg den neste dag da luftstrømmen igjen var nordøstlig. Kvikksølvkonsentrasjonene ved Lyngør fulgte ikke nøyaktig samme mønster. Det finnes flere kloralkali-fabrikker i nordøstlig retning fra Birkenes. Utslippet og spredningen av kvikksølv fra denne industri er lite kjent og bør undersøkes nærmere.

Fra 8. november var det igjen en episode med høye konsentrasjoner av bly, kadmium og kvikksølv. Luftstrømmen var i noen dager før episoden nordlig og vestlig og dreiet 8. november mot sørvest. I figur 8 er trajektoriene for de tre dagene antydnet, og konsentrasjonene finner en i tabell 1. Den 11. november var luftstrømmen vestlig og konsentrasjonene igjen lave. Denne episoden ble registrert både ved Birkenes, Vasser og Lyngør, se figur 2.



I slutten av november var det noen få dager med høye konsentrasjoner og sørvestlig luftstrøm. Denne luftstrømmen var hovedsakelig sørlig og sørvestlig, men gjorde ved slutten av perioden en tur innover Norge før den kom inn til Birkenes fra nord, se figur 9 og tabell 1.

Desember 1974 var preget av en stabil luftstrøm fra Atlanteren og lave forurensningskonsentrasjoner unntatt for dagene fra 23. til 25. Luftstrømmen var da sørvestlig, se figur 10, og bly- og kadmium-konsentrasjonene var høye, tabell 1.

I løpet av våren 1975 forekom ingen langvarige episoder med høye forurensningskonsentrasjoner. Luftstrømmene var av skiftende retning, men mesteparten av tiden nordvestlig.

Omkring 8. april 1975 var det målt høye konsentrasjoner ved alle stasjoner, mens trajektorieberegningene tyder på at det var nokså stillestående luftmasser som beveget seg langsomt inn fra Nordsjøen og som såvidt tangerte Storbritannia. I to dager fra 20. april var det også målt forholdsvis høye konsentrasjoner, se tabell 1. Trajektorieberegningene viser at det i begynnelsen av denne periode kom luft fra sørvest. I løpet av 21. april dreiet retningen slik at Birkenes mottok luft fra sør og senere fra sørvest som illustrert i figur 11. Før denne episoden hadde Birkenes mottatt luftmasser fra Østersjøen og etter episoden kom luften fra Nordsjøen.

29.-30. april ble det målt ekstremt høye konsentrasjoner av bly og kadmium. Døgnkonsentrasjonene var de høyeste som ble målt både ved Birkenes og Vasser i hele denne måleserien, se tabell 1. I tiden før 29. april var det en lengre periode med luft fra Norskehavet og Atlanterhavet. Om morgenen 29. april skiftet luftstrømmen retning og dreiet til sør-sørvest, se figur 12, og om kvelden den 30. april var retningen igjen vestlig.

Mai 1975 var preget av nordlige luftstrømmer og et lavt nivå av luftforurensninger det meste av tiden. Fra ca 7.-11. mai var det en økning i bly- og kadmiumkonsentrasjonene, se tabell 1. Hovedretning for trajektorieberegningene pr. døgn er vist i figur 13, og som en ser har luftstrømmen i begynnelsen av perioden kommet fra øst, og senere har den skiftet over til sørlig og sørvestlig retning.

I tiden fra 11.-14. mai kom luftmassene fra Nordsjøen og Norskehavet, men i tiden fra 14.-16. var retningen for lufttransporten igjen sørvestlig, se figur 14, og det var en økning i konsentrasjonen av forurensninger.

Det var også en svak økning i konsentrasjonen av kvikksølv ved både Birkenes og Lyngør 18.-19. mai. Trajektoriene viser at luftmassene kom fra sørøst, se figur 15.

Resten av måleperioden kom luftmassene fra nord, men i tiden fra 25.-28. mai ble det målt forholdsvis høye konsentrasjoner, særlig av bly, ved alle stasjoner. I løpet av disse dagene passerte luften over Østlandet og Oslofjorden, se figur 16, og forurensningene skrev seg sannsynligvis fra kilder i dette området.

## 9 KONKLUSJON

Denne undersøkelsen viser at det er et bakgrunnsnivå av toksiske forurensningskomponenter som bly, kadmium, kvikksølv og klorerte hydrokarboner i luften i Norge. Nivået er sammenlignbart med resultater fra lignende undersøkelser andre steder. Målingene er foretatt ved 3 stasjoner og konsentrasjonene for alle komponenter er lavest ved Birkenes. Resultatene av målingene ved Lyngør og Vasser tyder på at disse stasjoner mottar luftforurensninger fra lokale kilder langs Oslofjorden.

Konsentrasjonene av forurensningene varierer med tiden, og variasjonen av bly, kadmium og kvikksølv følger i store trekk samme mønster ved de tre målestasjonene. Det er god korrelasjon mellom de partikulære forurensningskomponenter bly og kadmium. Variasjonen i konsentrasjonene har nær sammenheng med hvilke områder luftmassene har beveget seg over. Den månedlige gjennomsnittskonsentrasjon varierer, og variasjonen henger sammen med hovedretning for lufttransporten i løpet av måneden.

Frekvensfordelingen av konsentrasjonene er forskjellig for de ulike komponenter og stasjoner. Ved Birkenes er konsentrasjonene for bly og kadmium log-normalfordelt, med flest prøver i det laveste konsentrasjonsintervall. Bly- og kadmiumkonsentrasjonene målt ved Vasser har en annen fordeling med forholdsvis få prøver i det laveste intervall. Kvikksølvkonsentrasjonene er normalfordelt både ved Birkenes og Lyngør.

Resultatene fra den kumulative frekvensfordeling er sammenlignet med normer for bly, kadmium og kvikksølv som er foreslått i andre land. På grunnlag av denne sammenligning kan bakgrunnsnivået i Norge betegnes som lavt.

De laveste konsentrasjoner av bly, kadmium og kvikksølv forekom i luftprøver som kun hadde passert over havområder eller tynt befolkede landområder. De høyeste konsentrasjoner ble funnet i luft som kom fra sektoren sørøst til sørvest, det vil si fra tettbefolkede områder med stor biltrafikk og mye industri.

10 REFERANSER

- (1) Lead. Airborne Lead in Perspective.  
National Academy of Sciences Wash. D.C. 1972.
- (2) Scientific and Technical Assesment Report on Cadmium EPA 600/6 - 75 - 003, March 1975.  
U.S. Environmental Protection Agency.  
Office of Research and Development, Wash. D.C. 20460.
- (3) Mercury and the Environment, Studies of Mercury, Use, Emission, Biological Impact and Control. OECD, Paris 1974.
- (4) Lead in Air  
Env. Sc. & Tech. 1969 (3)  
no 6 pp 529
- (5) Cadmium and the Environment, Toxicity, Economy, Control  
OECD, Paris 1975.
- (6) Mercury in the Environment: Natural and Human Factors.  
Science, 1971 (171) 26 Feb.  
pp 788-789.
- (7) J H Mc Carthy et al  
Mercury in the Atmosphere.  
In: Mercury in the Environment. Geological Survey,  
Wash. D.C. Profess Paper.  
713, 1970, pp 37-39.
- (8) J Mann et al.  
Development of Sampling and Analytical Procedure for Determining Hexachlorobenzene and Hexachlor 1,3-butadiene in Air. Env. Sc. & Tech. 1974 (8) no 6 pp 584-585.
- (9) G R Harvey,  
W G Steinhauer  
Atmospheric Transport of Polychlorobiphenyls to the North Atlantic.  
Atm.Env. 1974 (8) pp 777-782.
- (10) T F Bidleman,  
C E Olney  
Chlorinated Hydrocarbons in the Sargasso Sea Atmosphere and Surface Water.  
Science, 1973 (183) 1 Oct.  
pp 516-518.

- (11) A Laveskog  
A Lindskog  
Chlorinated Hydrocarbons in  
the Atmosphere.  
IVL, B-266, Stockholm, Dex.1975
- (12) S J Long,  
D R Scott,  
R J Thompson  
Atomic Absorption Determination  
of Elemental Mercury Collected  
from Ambient Air on Silver Wool.  
Anal.Chem. 1973 (45) Nov. no 13  
pp 2227-2233.
- (13)  
Field Evaluation of Methods of  
Collection and Analysis of  
Airborne Pesticides.  
Syracuse University Research  
Corporation May 1972.  
EPA Contract CPA 70-145  
SURC Project L1073-05
- (14) M Janssens,  
R Dams  
Determination of Lead in Atmos-  
pheric Particles by Flameless  
Atomic Absorption Spectrometry  
with a Graphite Tube.  
Anal.Chim. Acta 1973 (65) pp 41-47
- (15) S H Omang  
The Determination of Lead in  
Air by Flameless Atomic Absorp-  
tion Spectrometry  
Anal.Chim. Acta 1971 (55),  
pp 439-441.
- (16) M Janssens  
R Dams  
Determination of Cadmium in Air  
Particulates by Flameless Atomic  
Absorption Spectrometry with a  
Graphite Tube.  
Anal.Chim. Acta 1974 (70)  
pp 25-33.
- (17)  
Analysis of Pesticide Residue in  
Human and Environmental Samples,  
Pesticides & Toxic Substances  
Effects Laboratory  
National Environmental Research  
Center U.S. Environmental Pro-  
tection Agency  
R.T.P. N.C., Revised Dec 1974.
- (18)  
VDI Kolloquium:  
Schwermetalle als Luftverun-  
reinigung - Blei, Zink, Cadmium.  
Düsseldorf, Febr.22-23, 1973.
- (19) A C Stern  
Air Pollution 2.ed.  
Academic Press, N Y. 1968.

1 TABELLER

Tabell 1:

Resultater fra målinger av kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og bly (Pb) i luft ved Birkenes, Lyngør og Vasser.

Konsentrasjonene er oppgitt i ng/m<sup>3</sup>.

September 1974.

Dato	BIRKENES			LYNGØR
	Hg	Cd	Pb	Hg
8 - 9		0.04	2.4	
9 - 10		0.15	5.3	
10 - 11	1.8	0.04	2.7	
11 - 12	2.3	0.58	67.4	
12 - 13	2.4	0.38	28.1	
13 - 14	-	0.97	109.0	
14 - 15	2.6	0.64	40.4	
15 - 16	4.3	0.47	37.3	
16 - 17	8.6	0.93	124.0	5.3
17 - 18	3.1	1.12	72.8	6.7
18 - 19	1.6	0.02	1.8	6.9
19 - 20	3.8	0.27	7.1	5.5
20 - 21	2.5	0.05	2.9	2.8
21 - 22	6.1	0.37	38.8	4.7
22 - 23	5.1	0.06	2.7	3.1
23 - 24	1.6	0.26	31.1	4.4
24 - 25	4.2	0.33	31.1	9.8
25 - 26	2.3	0.44	4.1	3.0
26 - 27	2.5	0.02	1.2	1.6
27 - 28	3.2	0.10	9.2	3.6
28 - 29	4.4	0.08	5.7	2.5
29 - 30	3.9	0.18	17.0	3.4
30-1/10	3.2	0.08	4.0	3.4

Tabell 1 forts.

Oktober 1974

Dato	BIRKENES			LYNGØR	VASSER		
	Hg	Cd	Pb	Hg	Tidsinterv.for prøvet.	Cd	Pb
1 - 2	4.3	0.09	8.0	2.6			
2 - 3	3.4	0	0.3	2.7			
3 - 4	5.7	0.06	4.5	6.3			
4 - 5	5.1	0.06	6.1	3.0			
5 - 6	5.3	0.06	2.7	6.1			
6 - 7	4.3	0.20	26.2	6.5			
7 - 8	10.1	0.17	21.8	5.7			
8 - 9	6.3	0.20	23.8	5.3			
9 - 10	8.2	0.15	10.5	5.6			
10 - 11	7.2	0.11	6.3	1.6			
11 - 12	4.6	0.10	6.6	2.6			
12 - 13	8.2	0.09	8.2	3.7			
13 - 14	1.8	0.09	9.6	3.4			
14 - 15	3.5	0.31	27.5	4.9			
15 - 16	4.7	0.20	17.9	4.1			
16 - 17	5.0	0.14	11.6	4.7			
17 - 18	4.7	0.10	7.8	5.1			
18 - 19	-	0.99	85.4	6.4			
19 - 20	5.0	0.28	24.0	14.5			
20 - 21	3.0	0.02	1.6	3.4			
21 - 22	4.4	0.09	3.7	3.9			
22 - 23	4.0	0.05	2.8	4.3			
23 - 24	4.1	0.05	2.4	4.4			
24 - 25	3.1	0.05	3.1	4.1			
25 - 26	3.0	0.02	0.6	2.8			
26 - 27	2.7	0.05	1.3	4.1			
27 - 28	3.5	0.03	3.0	3.6			
28 - 29	3.3	0.03	1.5	3.1			
29 - 30	3.2	0.04	2.2	2.6	14-24	0.35	7.3
30 - 31	2.5	0.06	3.0	4.4	0-24	0.17	13.0
31 - 1	2.5	0.09	4.2	4.3	"	0.11	8.7

Tabell 1 forts.  
November 1974

Dato	BIRKENES			LYNGØR	VASSER		
	Hg	Cd	Pb	Hg	Tidsinterv. for prøvet.	Cd	Pb
1- 2	2.4	0.08	4.9	4.4	0 -24	0.04	0.9
2- 3	2.9	0.11	7.6	4.5	"	0.13	7.8
3- 4	1.1	0.07	5.5	4.3	"	0.15	14.3
4- 5	2.7	0.04	5.4	4.7	"	0.50	30.4
5- 6	3.2	0.24	21.1	5.1	"	0.71	78.1
6- 7	3.8	0.22	13.6	5.9	"	0.43	43.0
7- 8	2.8	0.06	1.7	5.1	"	1.6	67.3
8- 9	8.2	0.95	116.0	11.9	"	2.1	182.0
9-10	10.2	0.37	44.3	9.8	"	1.5	174.0
10-11	5.0	1.47	4.5	4.7	"	0.04	6.9
11-12	5.0	0.05	3.8	4.9	"	0.10	5.6
12-13	-	0.06	6.9	3.9	"	0.36	4.8
13-14	3.2	0.38	38.2	5.5	"	<0.01	1.3
14-15	4.4	0.26	30.5	6.5	"	0.41	55.6
15-16	3.2	0.32	15.5	5.9	"	0.04	0.9
16-17	3.9	0.28	37.5	5.2	"	0.37	30.9
17-18	2.8	0.05	7.3	6.0	"	0.15	16.1
18-19	5.4	0.10	12.3	5.7	"	0.08	11.7
19-20	4.9	0.03	4.8	5.2		-	-
20-21	4.2	0.06	7.5	5.1	8 -24	0.16	0.65
21-22	2.2	0.12	17.3	4.9	0 -24	0.13	19.1
22-23	2.8	0.24	12.8	5.1	"	0.28	53.0
23-24	4.4	0.13	15.1	6.0	"	0.37	29.1
24-25	7.0	0.63	44.6	7.2	8 <sup>30</sup> -8 <sup>00</sup>	1.2	26.6
25-26	4.4	0.16	20.6	7.4	8 <sup>00</sup> -8 <sup>00</sup>	0.56	38.2
26-27	6.5	0.03	2.4	6.0	"	0.01	1.0
27-28	4.5	0.10	8.2	6.5	"	0.24	26.0
28-29	3.8	0.04	5.4	3.5	"	0.26	24.5
29-30	4.1	0.02	3.3	4.7	"	0.29	17.4
30-1/12	3.5	0.02	2.8	5.0	"	0.69	45.8



Tabell 1 forts.  
Desember 1974

Dato	BIRKENES			LYNGØR	VASSER	
	Hg	Cd	Pb	Hg	Cd	Pb
1- 2	3.2	0.23	10.2	5.5	0.41	93.6
2- 3	3.2	0.07	3.4	4.7	0.08	5.9
3- 4	-	0.15	11.9	4.6	0.12	10.2
4- 5	-	0.05	5.6	4.2	-	-
5- 6	3.8	0.01	0.9	4.5	0.30	8.0
6- 7	2.3	0.03	3.1	4.6	0.39	33.5
7- 8	2.5	0.02	2.4	5.5	0.46	83.0
8- 9	3.3	0.07	7.4	4.2	0.20	17.2
9-10	2.6	0.02	2.4	3.8	0.23	3.3
10-11	3.3	0.04	4.6	3.2	0.13	2.6
11-12	1.9	0.09	3.7	3.6	0.22	17.2
12-13	3.8	0.02	0.9	3.6	1.22	12.2
13-14	2.6	0.05	4.7	3.6	0.46	32.1
14-15	2.9	0.02	1.9	3.7	-	-
15-16	1.9	0.02	2.0	2.3	0.41	45.8
16-17	3.3	0.03	5.1	5.3	1.28	23.6
17-18	2.8	0.02	1.5	3.8	0.24	28.5
18-19	3.6	0.04	3.0	3.9	0.44	36.8
19-20	2.8	0.20	7.7	3.5	2.02	25.4
20-21	4.2	0.04	2.3	4.0	-	-
21-22	3.9	0.39	13.5	4.4	1.02	26.7
22-23	3.1	0.13	7.8	4.5	-	-
23-24	3.8	0.72	64.6	5.1	-	-
24-25	4.6	0.59	63.1	5.3	-	-
25-26	1.8	0.08	9.6	3.8	0.29	12.5
26-27	-	0.03	2.5	1.8	0.18	13.0
27-28	-	0.16	17.7	2.9	0.92	92.0
28-29	-	0.07	5.8	3.5	0.35	21.0
29-30	-	0.06	0.7	4.1	0.66	29.0
30-31	-	0.06	7.7	3.2	0.98	15.5
31- 1	-	0.05	6.3	3.8	0.19	14.1

Tabell 1 forts.

April 1975

Dato	BIRKENES			LYNGØR	VASSER	
	Hg	Cd	Pb	Hg	Cd	Pb
1- 2	3.1	0.03	1.6	-	0.31	13.5
2- 3	-	0.05	6.6	2.5	0.29	29.0
3- 4	0.6	0.23	21.7	-	0.77	52.1
4- 5	1.5	0.34	23.4	1.5	1.89	77.2
5- 6	1.4	0.18	15.9	3.8	1.00	77.2
6- 7	<0.6	0.31	21.2	3.6	0.69	50.2
7- 8	1.7	0.22	16.6	3.8	1.81	96.5
8- 9	2.1	1.50	65.1	6.6	0.60	54.1
9-10	1.6	0.19	19.6	4.3	0.32	36.2
10-11	1.4	0.11	14.1	2.2	0.35	44.7
11-12	2.0	0.12	10.8	5.0	0.35	30.6
12-13	3.1	0.02	2.3	3.7	0.39	17.4
13-14	2.4	0.02	2.6	2.2	0.41	24.9
14-15	1.9	0.05	10.3	6.4	0.31	32.8
15-16	3.0	0.15	14.4	-	0.39	38.6
16-17	-	0.28	21.8	0.4	1.12	54.1
17-18	2.0	0.26	18.3	-	1.35	139.0
18-19	2.7	-	15.4	-	-	-
19-20	1.2	0.24	11.8	8.8	-	-
20-21	3.4	0.62	35.7	9.5	-	-
21-22	3.1	0.48	31.3	2.8	-	-
22-23	6.2	0.18	15.5	3.8	-	-
23-24	2.7	0.11	8.4	3.1	-	-
24-25	2.2	0.05	2.7	2.4	-	-
25-26	2.6	0.08	3.8	4.2	-	-
26-27	2.5	0.09	6.6	4.5	-	-
27-28	4.1	0.05	2.2	5.6	-	-
28-29	2.4	0.19	10.5	6.0	0.11	14.5
29-30	4.4	3.37	236.1	9.8	5.26	277.5
30-1/5	1.3	0.40	20.9	5.1	1.50	75.1

Tabell 1 forts.

Mai 1975

Dato	BIRKENES			LYNGØR	VASSER	
	Hg	Cd	Pb	Hg	Cd	Pb
1- 2	2.9	0.27	15.9	3.6	0.32	28.9
2- 3	1.6	0.04	7.2	2.9	0.13	23.1
3- 4	-	0.13	10.2	2.6	0.12	26.0
4- 5	2.1	0.06	7.7	2.1	0.11	31.8
5- 6	2.3	0.16	14.2	3.7	0.35	57.8
6- 7	6.4	0.16	14.1	4.8	0.56	69.3
7- 8	-	0.15	15.5	6.8	0.06	11.6
8- 9	1.5	0.31	17.4	2.8	-	-
9-10	1.4	0.37	18.7	4.9	0.61	44.5
10-11	2.3	0.47	38.1	4.0	0.71	55.9
11-12	2.2	0.03	7.6	3.7	0.27	36.7
12-13	2.8	0.05	5.7	3.5	-	-
13-14	3.1	0.01	1.6	3.6	0.77	69.5
14-15	5.2	0.42	47.9	7.9	1.08	142.9
15-16	5.6	0.21	28.5	3.7	0.37	38.6
16-17	3.3	0.15	16.9	3.8	0.24	23.2
17-18	-	0.03	11.6	<0.5	0.11	25.1
18-19	4.7	0.08	16.3	14.0	0.28	65.6
19-20	4.0	0.17	28.2	9.6	0.32	36.7
20-21	2.3	0.07	11.0	7.1	0.21	30.9
21-22	4.5	0.02	2.3	3.7	0.06	11.6
22-23	3.8	0.05	2.2	3.2	0.12	12.0
23-24	1.0	0.03	5.4	2.6	0.12	19.0
24-25	1.9	0.03	6.4	-	0.32	53.0
25-26	1.6	0.07	21.4	-	0.32	90.0
26-27	1.0	0.08	19.5	-	0.50	50.0
27-28	6.7	0.16	17.1	-	0.27	37.8
28-29	-	0.05	5.7	6.3	0.10	7.4
29-30	4.2	0.05	4.4	-	0.07	12.4
30-31	2.4	0.02	3.4	-	0.11	12.1
31- 1		0.05	5.3		0.14	21.1
1-2/6		0.02	2.6		0.08	10.6

Tabell 2

Resultater fra korrelasjonsanalyse av måledata.

			1974				1975	
			Sept	Okt	Nov	Des	April	Mai
Birkenes	Hg/Cd	n r	20 0.34	29 0.33	29 0.41	23 0.47	27 0.26	26 0.11
Birkenes	Hg/Pb	n r	20 0.55	29 0.37	29 0.57	23 0.46	28 0.27	26 0.25
Birkenes	Cd/Pb	n r	23 0.90	30 0.98	29 0.95	31 0.94	29 0.98	31 0.82
Birkenes/ Lyngør	Hg	n r	15 0.13	30 0.20	29 0.77	23 0.41	23 0.21	20 0.47
Birkenes/ Vasser	Cd	n r			29 0.30	25 0.37	20 0.84	29 0.67
Birkenes/ Vasser	Pb	n r			29 0.72	25 0.35	20 0.87	29 0.66
Vasser	Cd/Pb	n r			29 0.86	25 0.16	20 0.95	29 0.84

Hg = kvikksølv      n = antall datapar  
 Pb = bly              r = korrelasjonskoeffisienten  
 Cd = kadmium

Tabell 3

Oversikt over antall prøver (n) som er analysert, gjennomsnittskonsentrasjon ( $\bar{x}$ ), standardavvik (s) samt laveste og høyeste konsentrasjon pr måned for hver stasjon og for elementene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og bly (Pb). Tallene i parentes er usikre p.g.a. få data.

		1974								1975			
		Sept		Okt		Nov		Des		April		Mai	
Hg		B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L
n		20	15	30	31	29	30	23	31	28	25	26	24
$\bar{x}$ (ng/m <sup>3</sup> )		3.5	4.5	4.6	4.5	4.2	5.7	3.1	4.0	2.4	4.5	2.9	4.6
s ( " )		1.7	2.1	1.8	2.2	1.8	1.7	0.7	0.8	1.2	2.3	1.5	2.8
Min. (ng/m <sup>3</sup> )		1.6	1.6	1.8	1.6	1.1	3.5	1.8	1.8	<0.6	0.4	1.0	<0.5
Maks ( " )		8.6	9.8	10.1	14.5	10.2	11.9	4.6	5.5	6.2	9.8	6.7	14.0
Cd		B	V	B	V	B	V	B	V	B	V	B	V
n		23		31	3	30	29	31	29	29	20	31	29
$\bar{x}$ (ng/m <sup>3</sup> )		0.33		0.13	(0.21)	0.22	0.45	0.11	0.46	0.34	0.96	0.13	0.30
s ( " )		0.31		0.17	(1.10)	0.30	0.51	0.16	0.45	0.63	1.12	0.12	0.24
Min. (ng/m <sup>3</sup> )		0.02		0.00	(0.11)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.11	0.01	0.06
Maks ( " )		1.12		0.99	(0.35)	1.47	2.1	0.59	1.28	3.37	5.26	0.47	1.08
Pb		B	V	B	V	B	V	B	V	B	V	B	V
n		23		31	3	30	29	31	29	30	20	31	29
$\bar{x}$ (ng/m <sup>3</sup> )		28.1		10.9	(9.7)	17.4	34.9	9.2	24.5	22.9	61.8	13.8	39.5
s ( " )		34.1		15.8	(2.4)	22.2	44.0	14.9	25.0	41.5	57.9	10.5	28.4
Min. (ng/m <sup>3</sup> )		1.2		0.3	(7.3)	1.7	0.65	0.7	0.4	1.6	13.5	1.6	7.4
Maks ( " )		124.0		85.4	(13.0)	116.0	182.0	64.6	93.6	236.1	277.5	47.9	142.9

Tabell 4.

Kumulativ frekvensfordeling av kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og bly (Pb) ved de tre stasjoner. Konsentrasjonene er oppgitt i ng/m<sup>3</sup>. Tabellen viser f.eks. at 99% av kvikksølvmålingene foretatt ved Birkenes er lavere enn 8,6 µg/m<sup>3</sup>.

Fraktiler		25%	50%	75%	90%	95%	99%
Birkenes	Hg	2.4	3.2	4.3	5.3	6.7	8.6
	Cd	0.05	0.09	0.23	0.45	0.68	1.48
	Pb	3.7	7.7	18.0	37.7	63.8	120.0
Lyngør	Hg	3.5	4.3	5.4	6.6	9.1	13.0
Vasser	Cd	0.15	0.32	0.61	1.20	1.70	3.60
	Pb	13.3	28.7	51.1	77.9	91.0	230.0

Tabell 5

Kjemiske betegnelser for forbindelser nevnt i teksten:

Pesticider:		
p,p'- DNT	Insekticid	2,2,-bis (p-klorfenyl) -1,1,1-trikloretan
α-BHC	"	alfa-isomer av heksaklorsyκλοheksan
β-BHC	"	beta-isomer " " "
Lindan	"	gamma-isomer " " "
Dieldrin	"	1,2,3,4,10,10 heksaklor - 6,7, epoksy - 1,4,4a,5,6,7,8,8a - oktahydro- 1,4, endo, ekso -5,8-dimetan naftalen.
Heptachlor	"	1,4,5,6,7,8,8,- heptaklor 3a,4,7,7a-tetrahydro - 4,7 metan inden.
Andre klorerte forbindelser:		
HCB	(Fungicid)	heksaklorbenzen
PCB		polyklorerte bifenyler

Tabell 6

Resultater fra målinger av klorerte hydrokarboner i luft oppgitt i ng/m<sup>3</sup>. 0: ikke påvisbart.

Tallene i parentes er usikre.

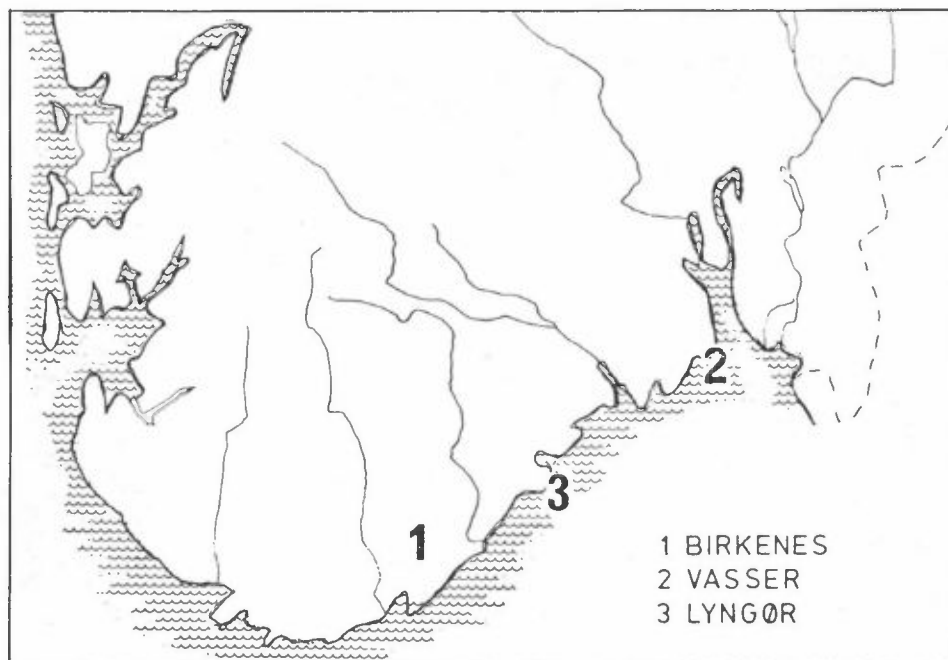
	$\alpha$ -BHC/HCB	$\beta$ -BHC/Lindan	Heptachlor	Totalt	PCB
<u>Birkenes:</u>					
November 1974					
6 - 7	0.29	0	(0.72)	(1.01)	0
13 - 14	0	0.14	0.22	0.36	0
20 - 21	0.21	0.28	0	0.49	0
27 - 28	0	0	0	0	1.4
Desember 1974					
4 - 5	-	-	-	-	0
11 - 12	0.10	0.07	0	0.17	0
18 - 19	0.06	0.08	0	0.14	1.0
25 - 26	0.09	0.08	0.11	0.28	0
April 1975					
2 - 3	0.06	0.09	0.03	0.18	0
9 - 10	0.02	0	0	0.02	0
16 - 17	0.07	0	0.07	0.14	0
23 - 24	0.04	0.03	0	0.07	0
Mai 1975					
30 - 1	0.11	0.12	0	0.23	0
7 - 8	0.08	0.14	0	0.22	0
14 - 16	0.05	0.14	0	0.19	0
21 - 23	0.13	0.10	0	0.23	0
28 - 30	0.07	0	0	0.07	0
<u>Vasser:</u>					
November 1974					
6 - 7	0	0	0	0	0
13 - 14	0	0	0	0	0
20 - 21	0.18	0.23	0.24	0.65	0
27 - 28	0.14	0.06	0.05	0.25	1.2
Desember 1974					
4 - 5	-	-	-	-	0
11 - 12	0.12	0.15	0.07	0.34	0
18 - 19	0.14	0	0.08	0.22	1.0
25 - 26	0.12	0.05	0.15	0.32	0
April 1975					
2 - 3	0.10	0	0.05	0.15	0
9 - 10	0.10	0.07	0.07	0.24	0
15 - 16	0.03	0	0	0.03	0
23 - 24	(0.47)	(0.76)	0	(1.23)	0
29 - 30	0.04	0.19	0.05	0.28	0
Mai 1975					
6 - 7	0.08	0.18	0	0.26	0
14 - 15	0.06	0.19	0	0.25	0
21 - 23	0.09	0.19	0	0.28	0
28 - 30	0.03	0.05	0	0.08	0

Tabell 7

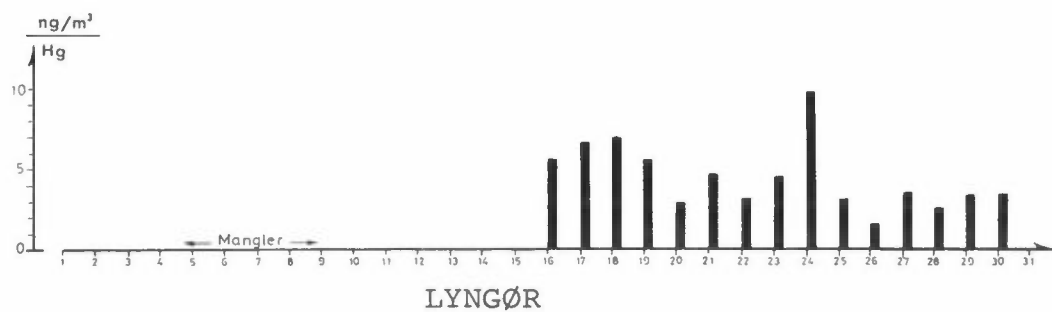
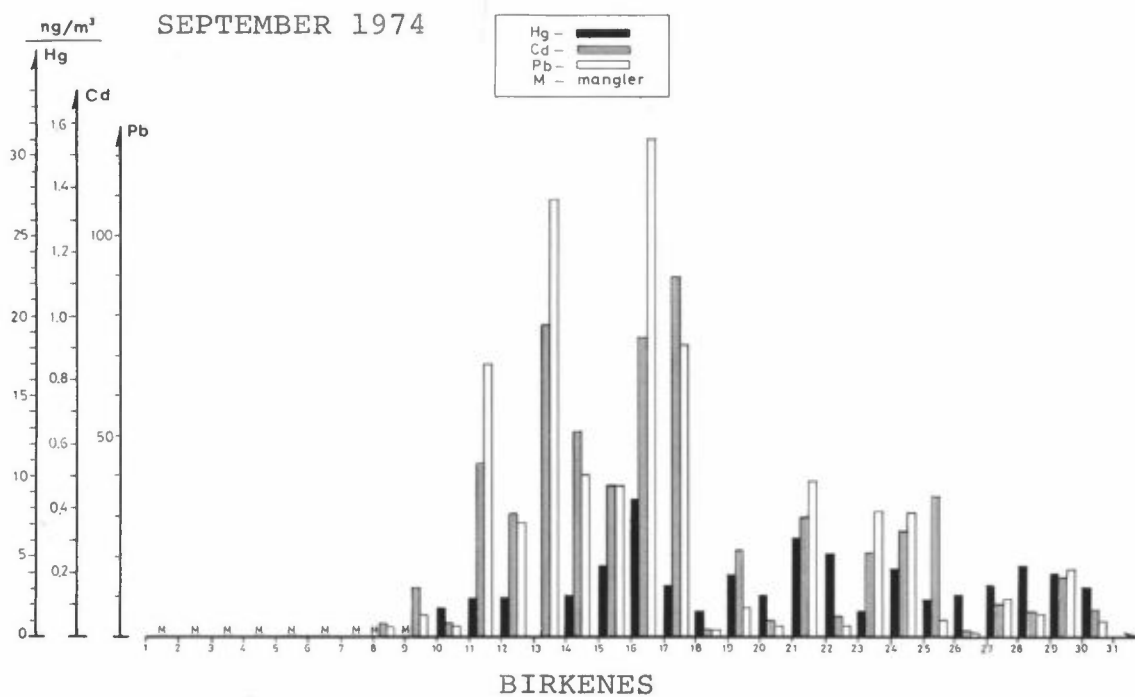
Antall prøver (n) med påvisbare mengder klorerte hydrokarboner, gjennomsnittskonsentrasjon ( $\bar{x}$ ) for klorerte pesticider, samt standardavvik (s).

	Birkenes	Vasser
n	14	13
$\bar{x}$ (ng/m <sup>3</sup> )	0.20	0.26
s (ng/m <sup>3</sup> )	0.12	0.14

11 FIGURER

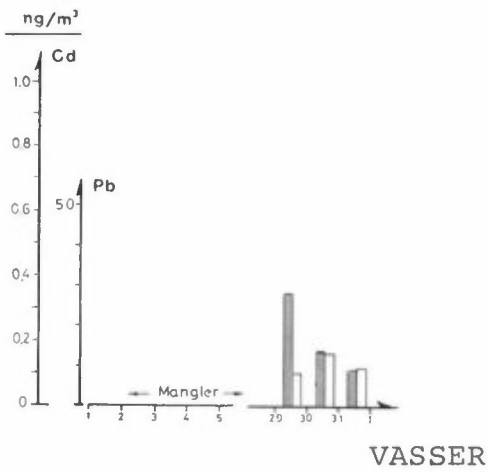
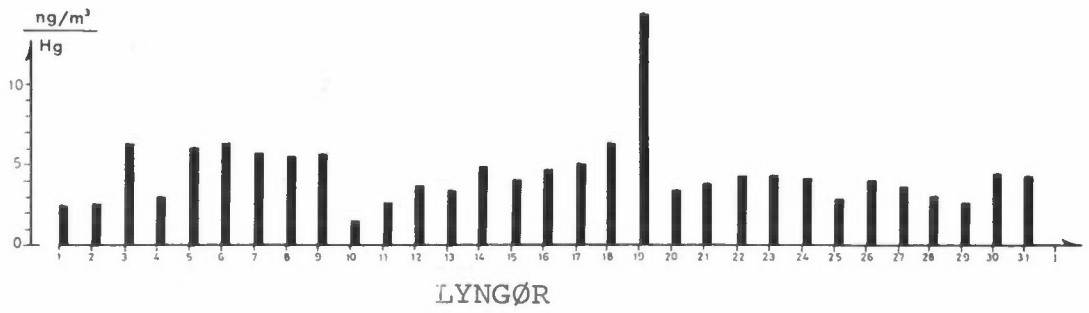
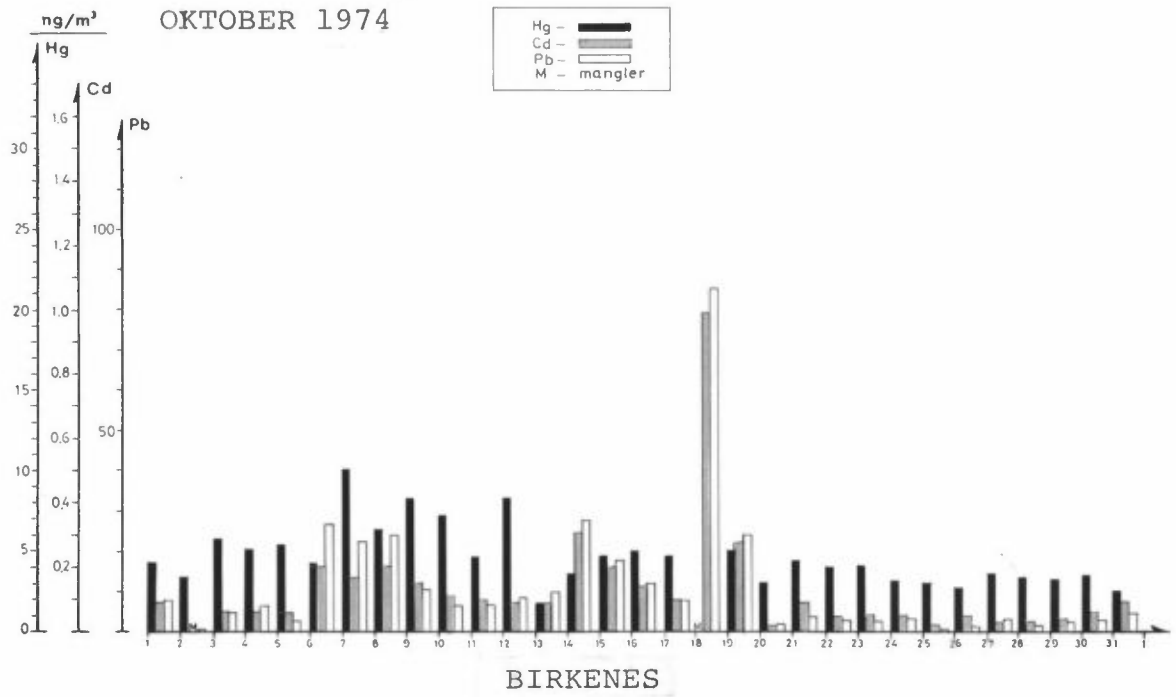


Figur 1: Beliggenhet av de tre målestasjoner i Sør-Norge.

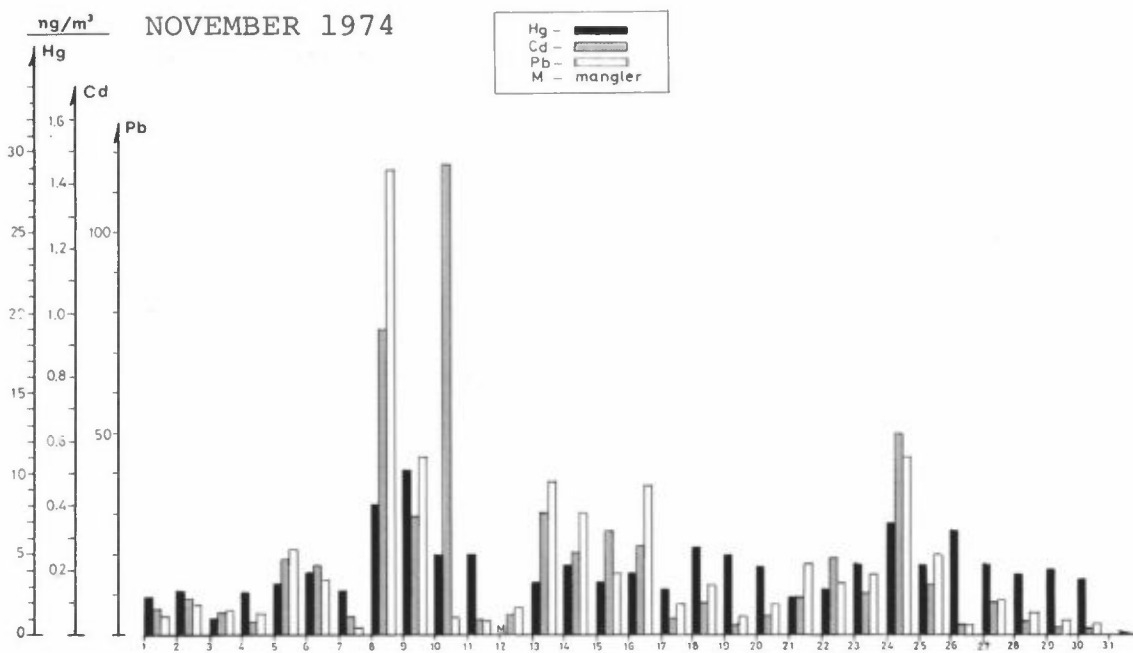


Figur 2: Luftkonsentrasjoner (ng/m<sup>3</sup>) pr døgn av kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og bly (Pb) ved Birkenes, Lyngør og Vasser.

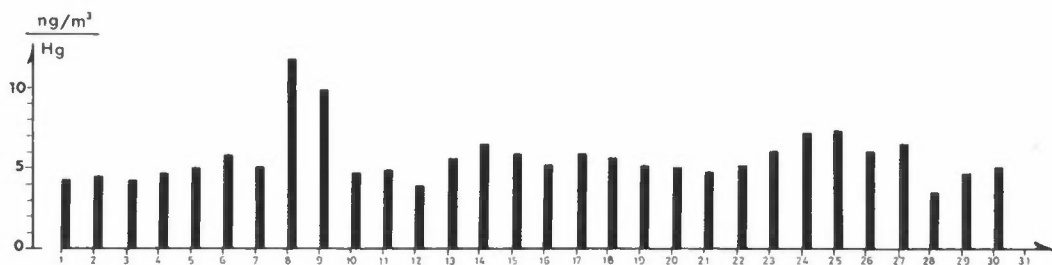




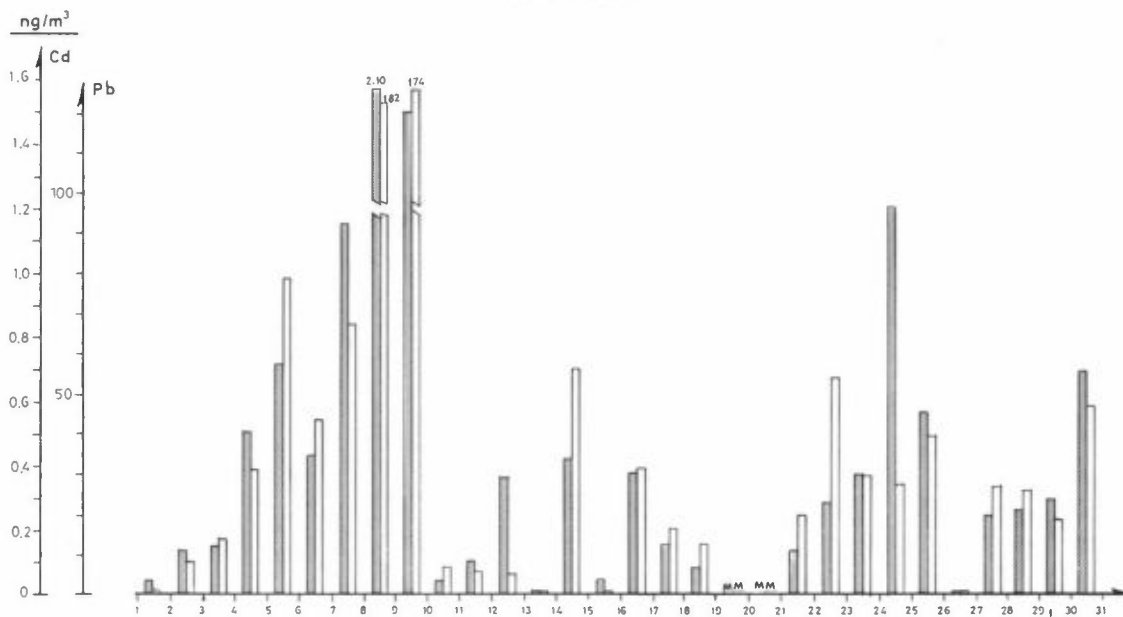
Figur 2 forts.



BIRKENES

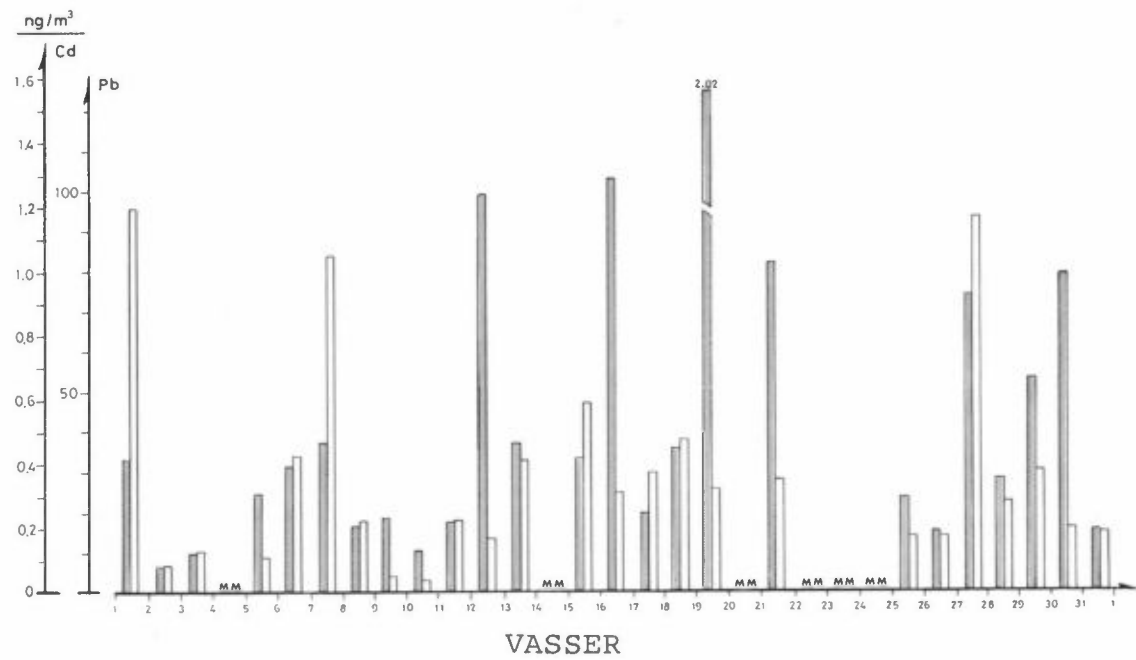
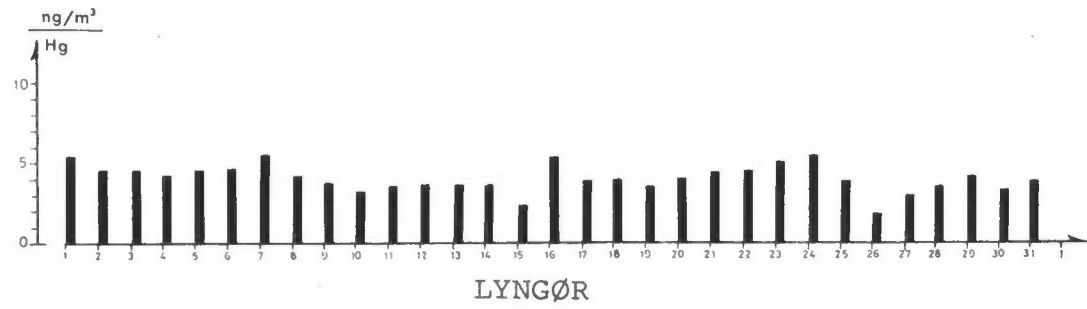
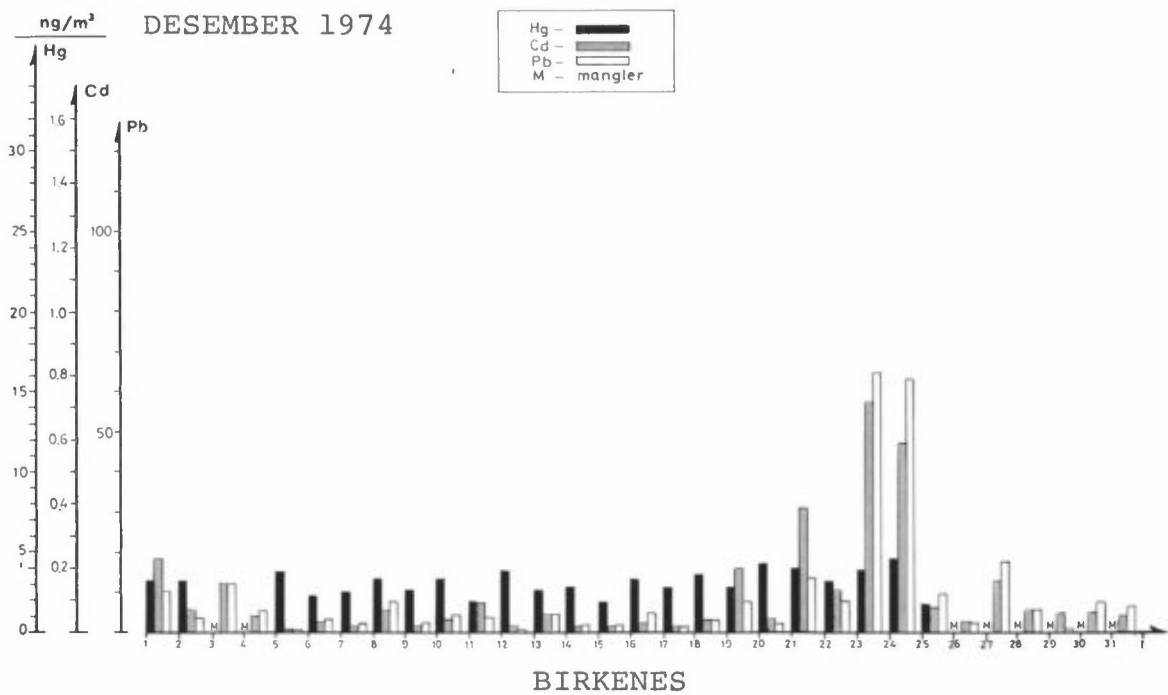


LYNGØR

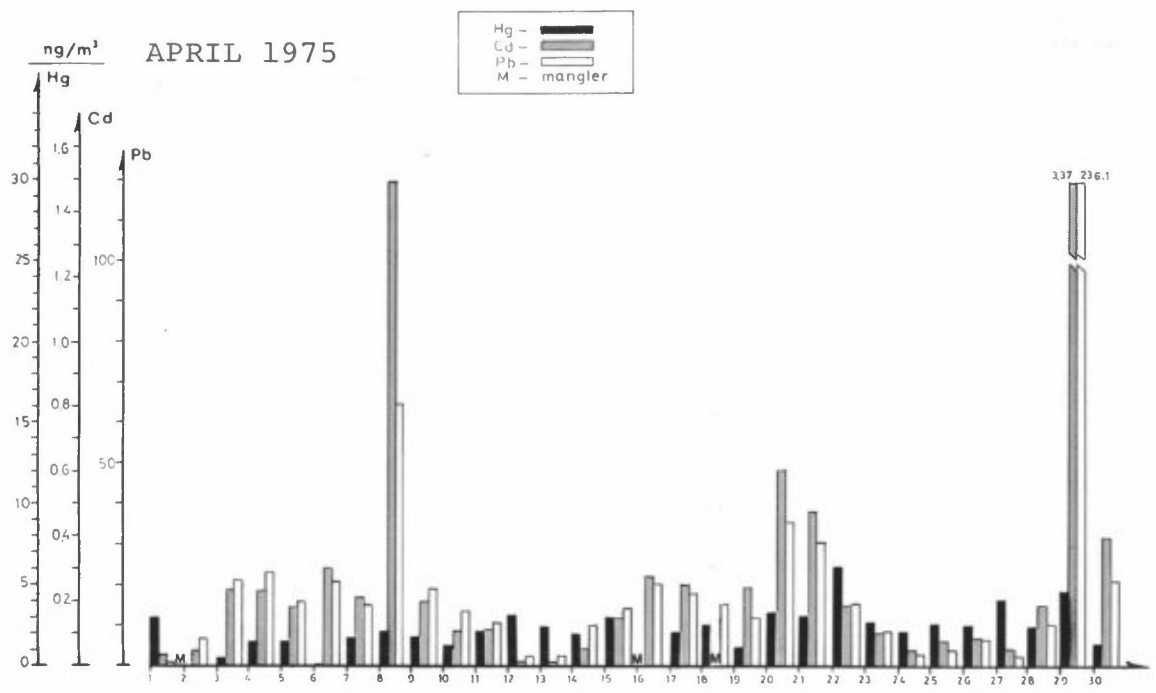


VASSER

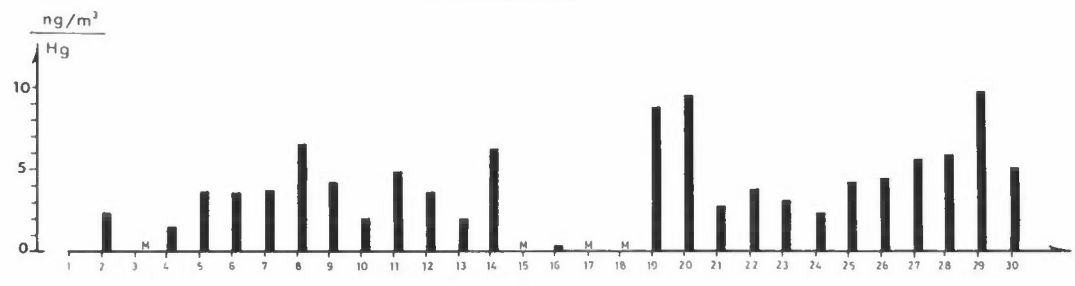
Figur 2 forts.



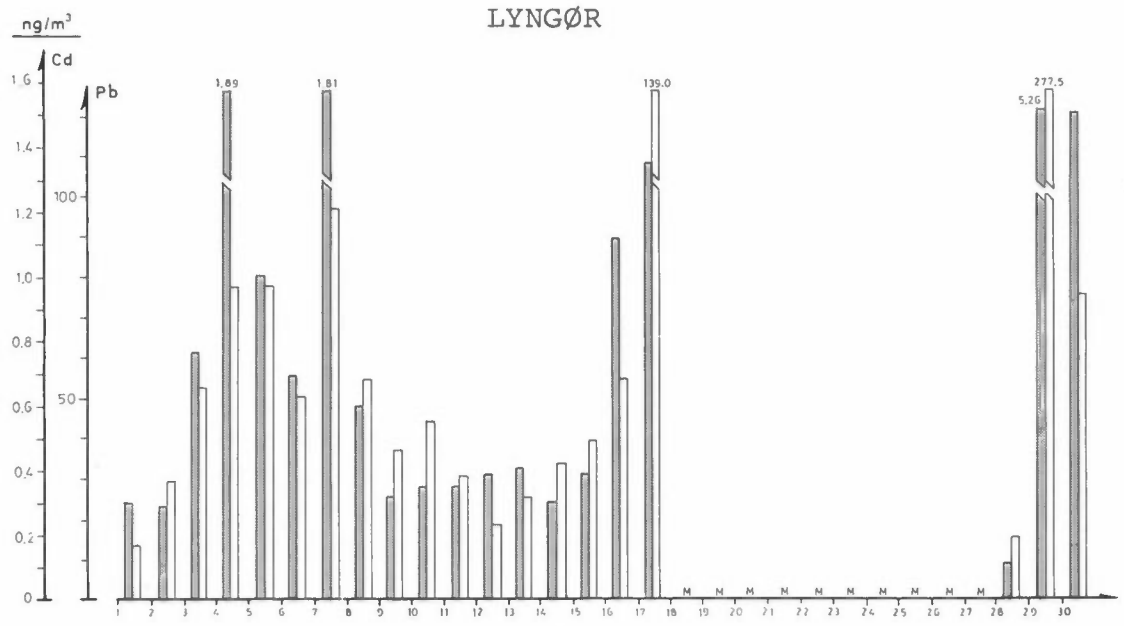
Figur 2 forts.



BIRKENES

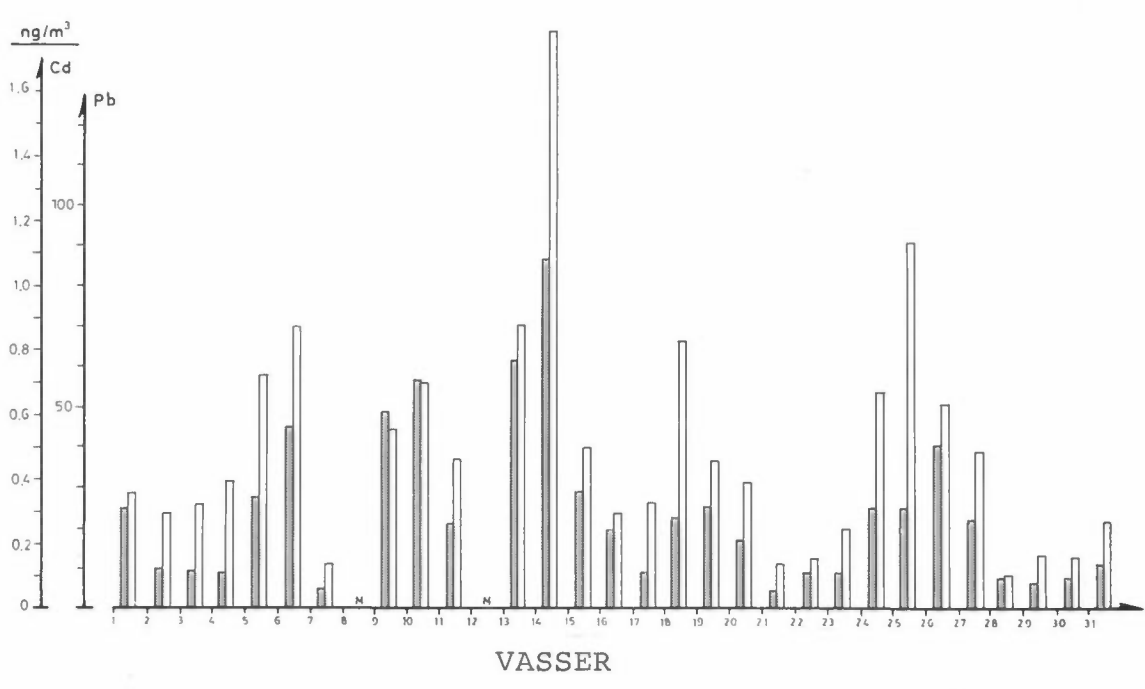
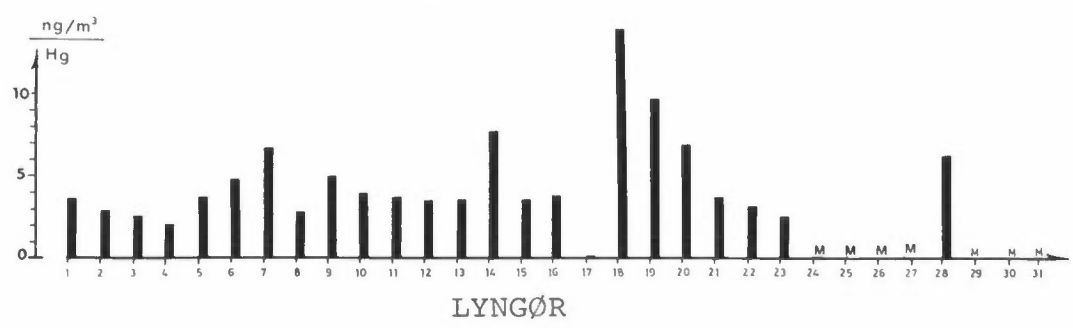
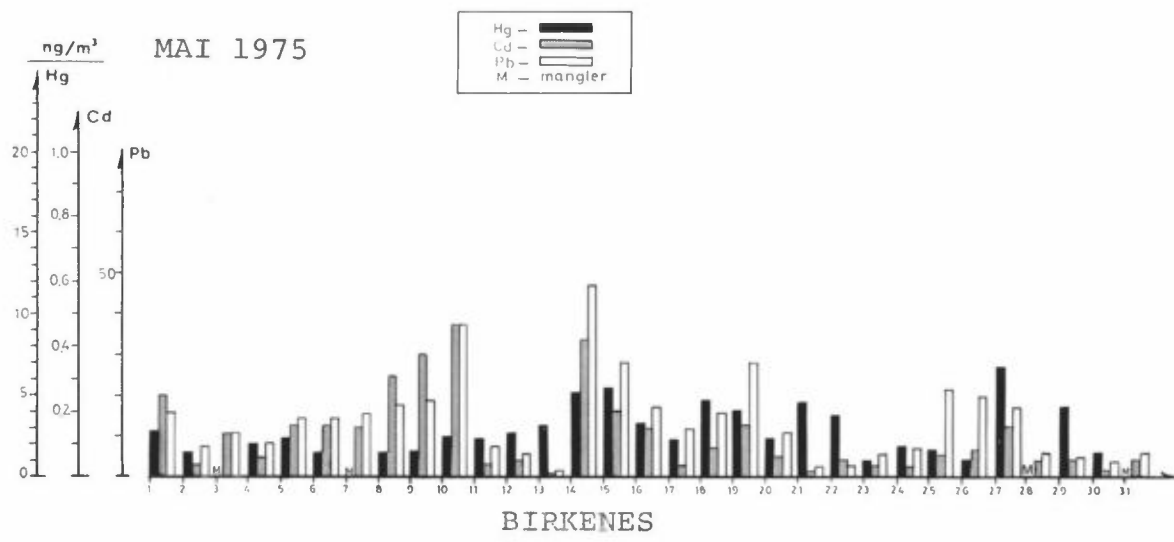


LYNGØR

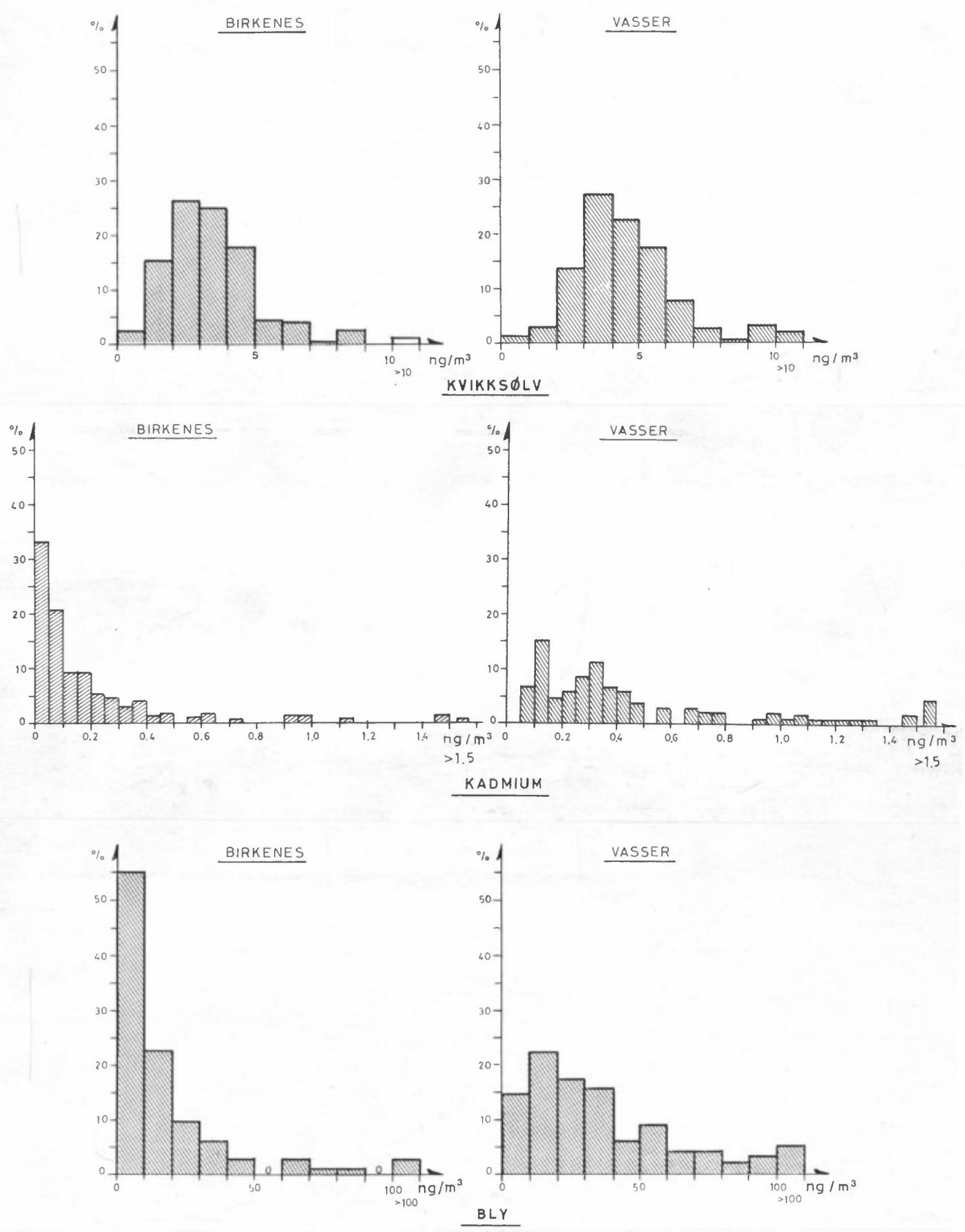


VASSER

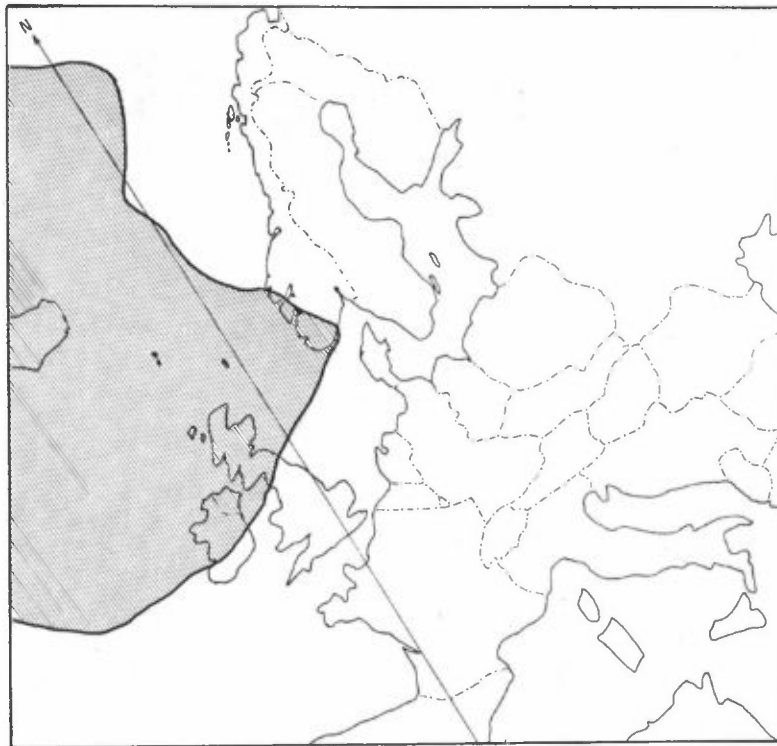
Figur 2 forts.



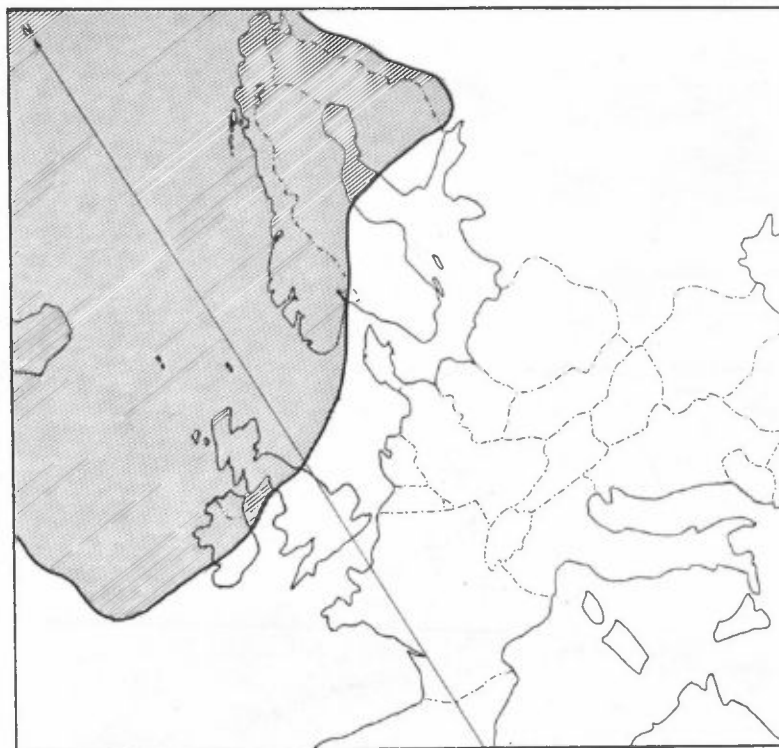
Figur 2 forts.



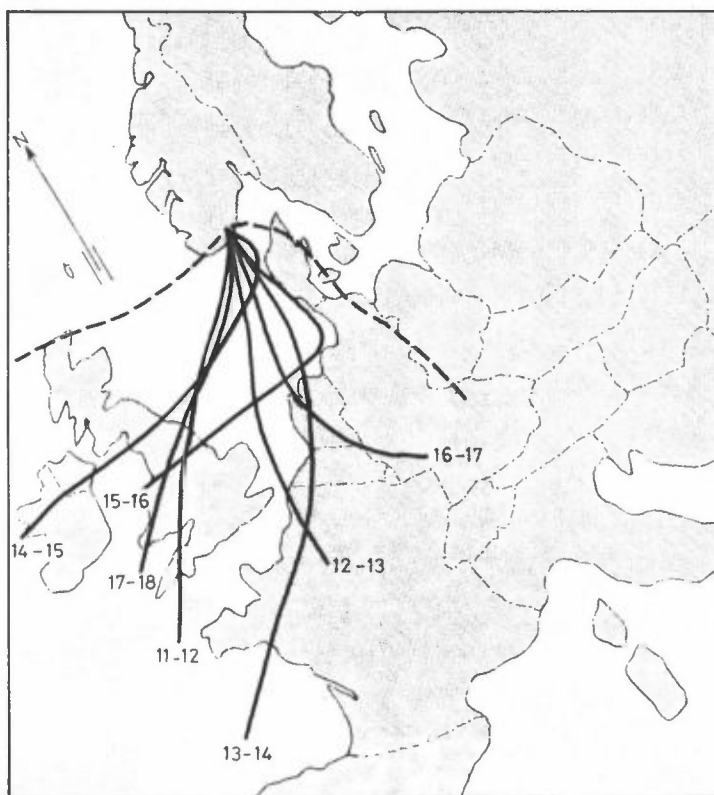
Figur 3: Prosentvis fordeling av prøvene i konsentrasjonsintervaller.



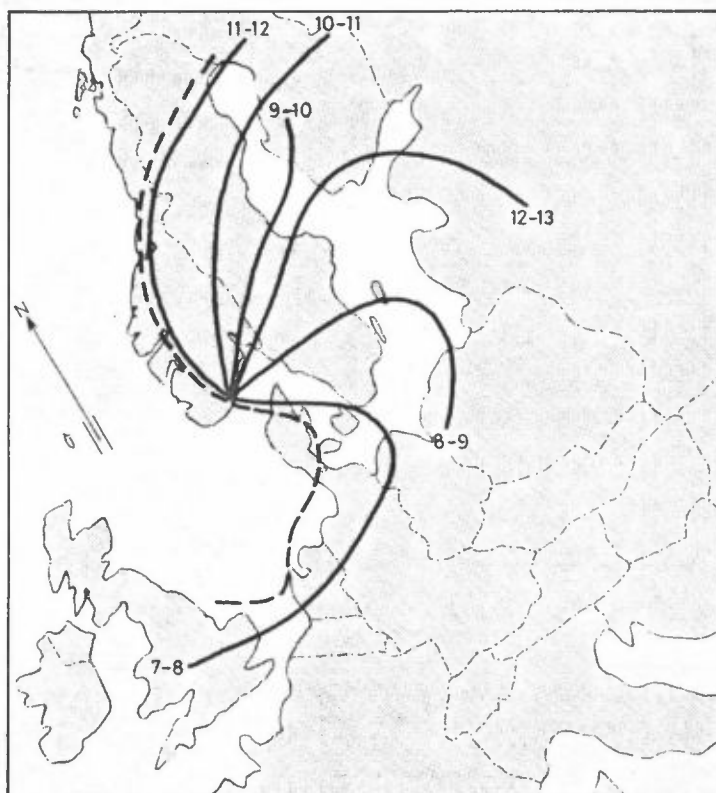
Figur 4: Trajektorieberegninger for luftprøver fra Birkenes der konsentrasjonen av bly, kadmium og kvikksølv var lavere enn de respektive nedre kvartiler (25% fraktiler). Det skraverte felt viser områder luftmassene har passert over i løpet av 24 timer før de har ankommet målestasjonen.



Figur 5: Trajektorieberegninger for luftprøver fra Birkenes der konsentrasjonene av bly, kadmium og kvikksølv var lavere enn de respektive 40%-fraktiler. Det skraverte felt viser områder luftmassene har passert over i løpet av 24 timer før de har ankommet målestasjonen.

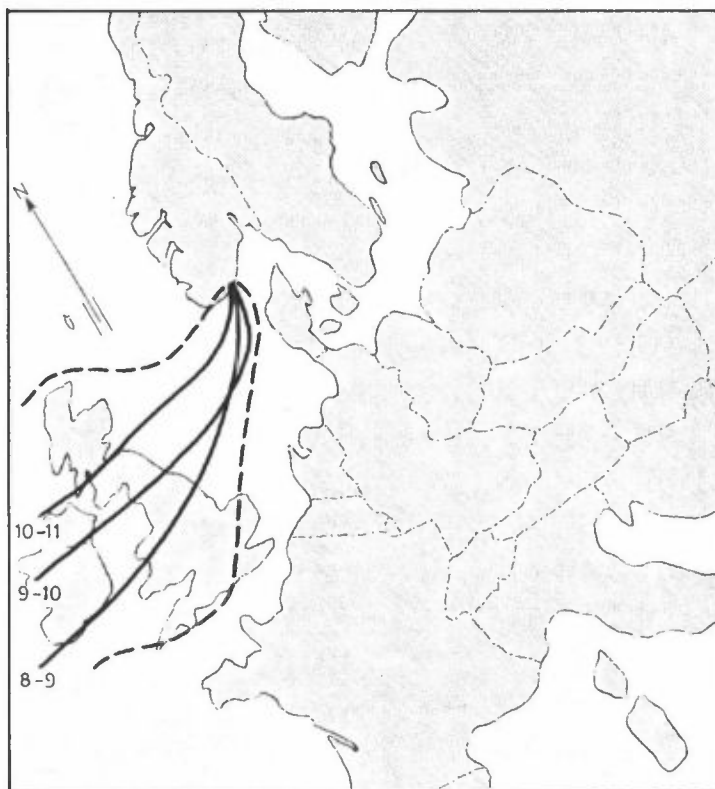


Figur 6: Hovedretning pr døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 11 til 18 september 1974. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har ligget innenfor i tidsrommet.

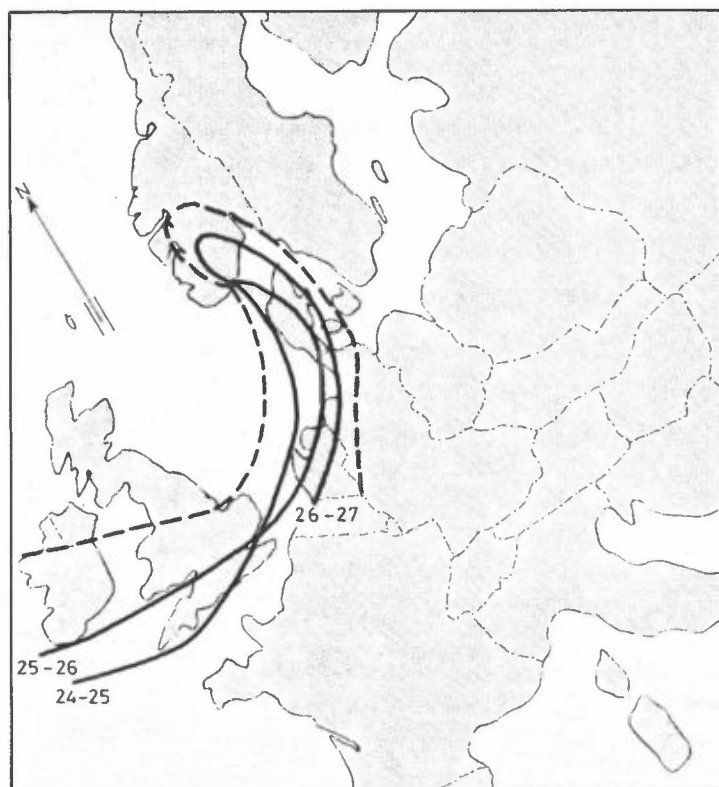


Figur 7: Hovedretningen for hvert døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 7 til 13 oktober 1974. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har ligget innenfor i tidsrommet.

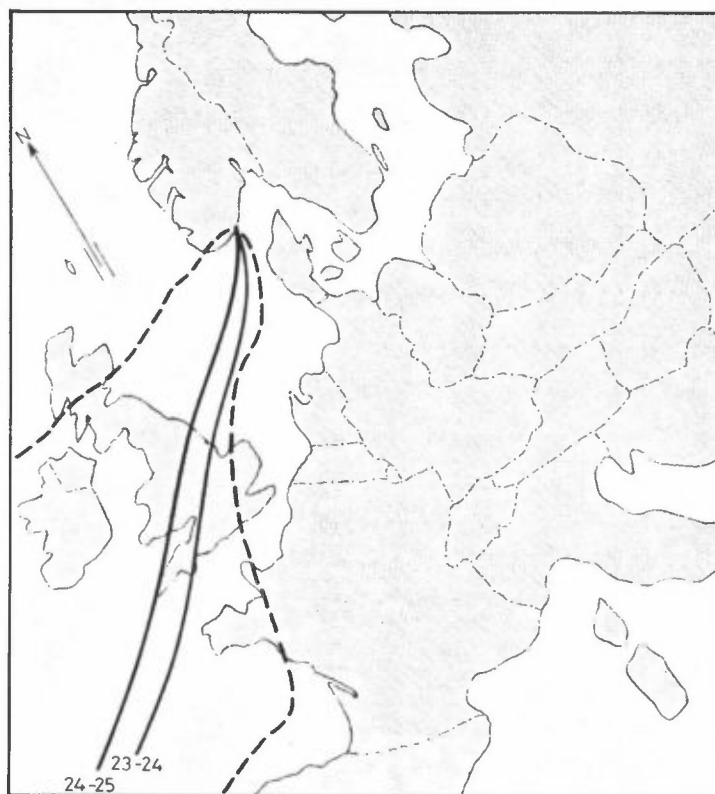




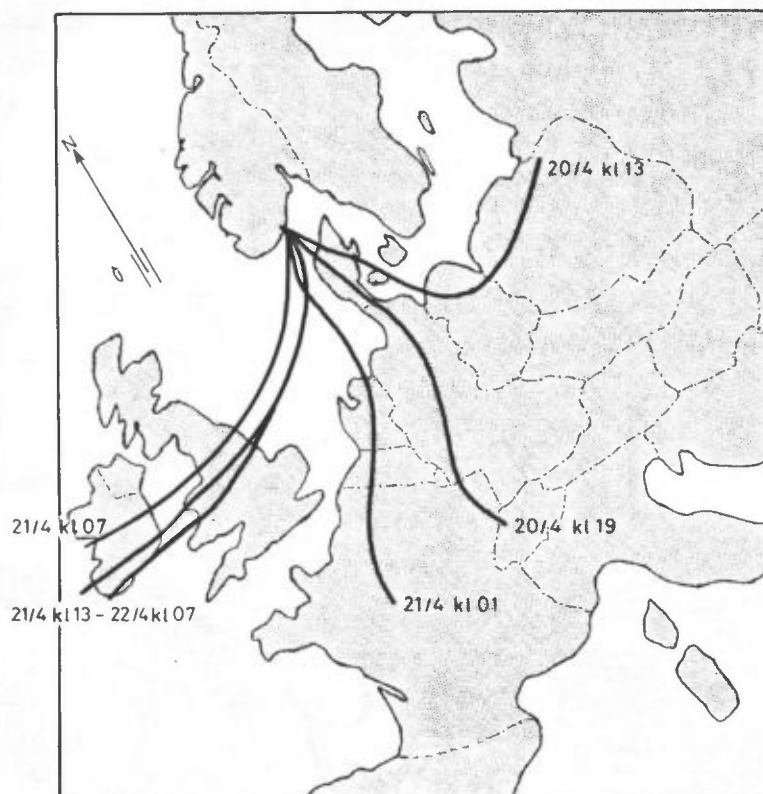
Figur 8: Hovedretning pr døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 8 til 11 november 1974. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har vært innenfor i tidsrommet.



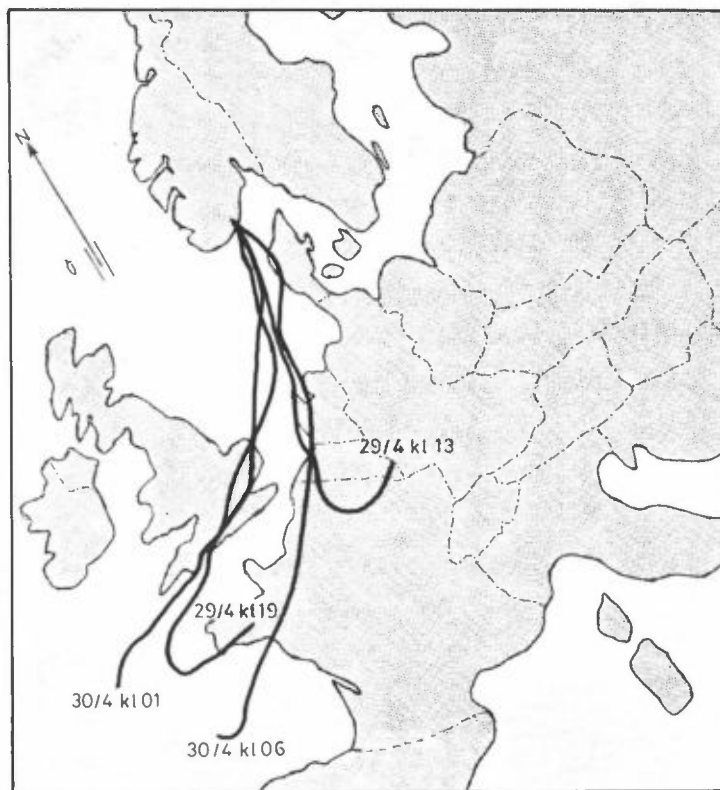
Figur 9: Hovedretningene for hvert døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 24 til 27 november 1974. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har vært innenfor i tidsrommet.



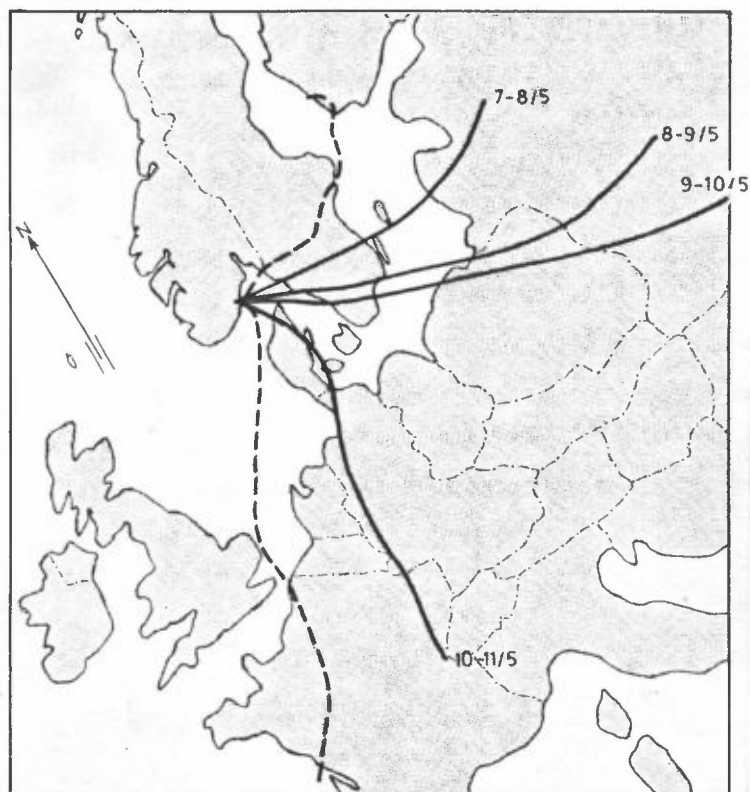
Figur 10: Hovedretningen for hvertdøgn for de beregnede trajektorier i tidsrommet fra 23 til 25 desember 1974. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har ligget innenfor i tidsrommet.



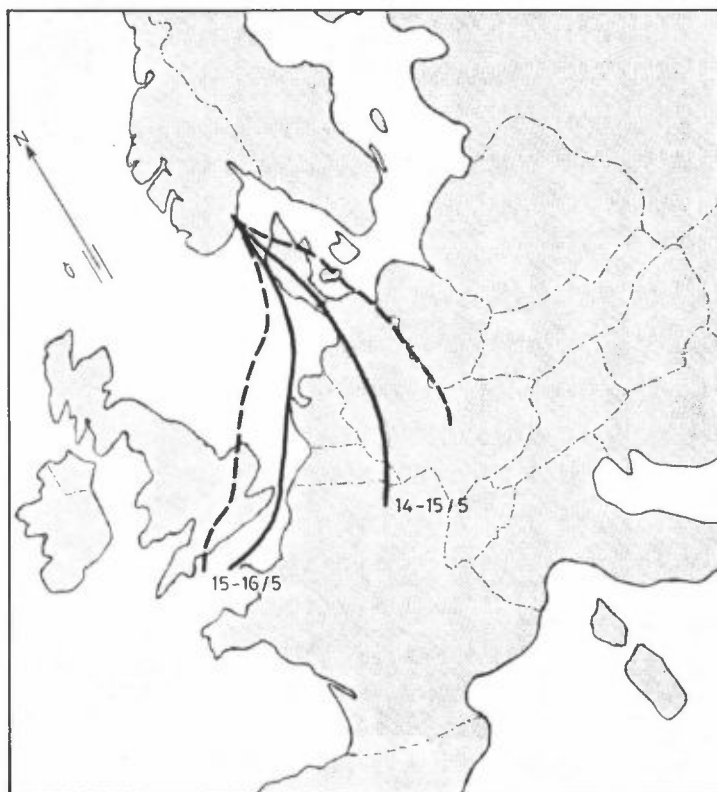
Figur 11: Trajektorieberegninger for tidsrommet 20 april 1975 kl 13 til 22 april kl 07.



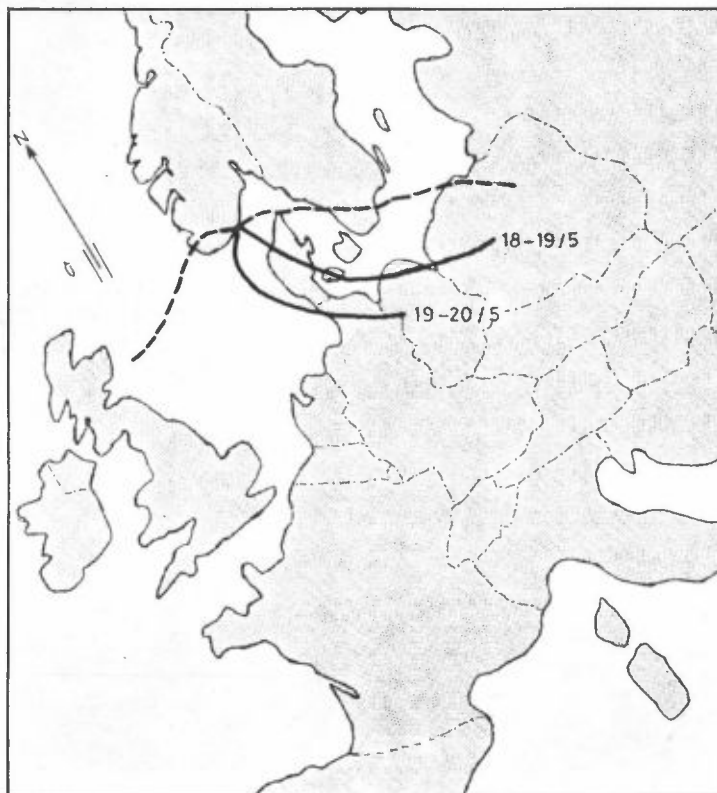
Figur 12: Trajektorieberegninger for døgnet 29 - 30 april 1975.



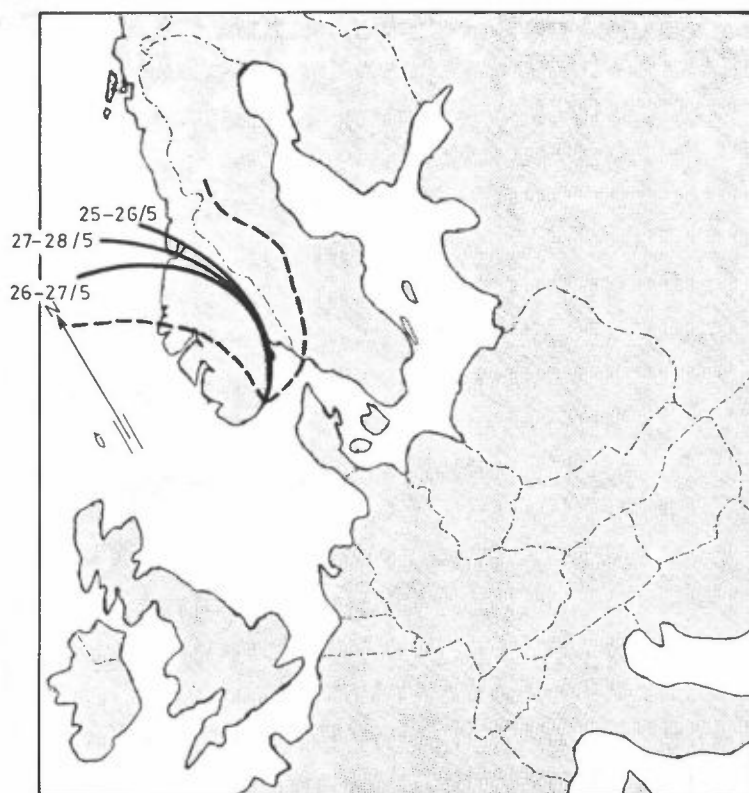
Figur 13: Hovedretninger pr døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 7 til 11 mai 1975. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har ligget innenfor i tidsrommet.



Figur 14: Hovedretningen pr døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 14 til 16 mai 1975. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har ligget innenfor i tidsrommet.



Figur 15: Hovedretning pr døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 18 til 20 mai 1975. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har vært innenfor i tidsrommet.



Figur 16: Hovedretning pr døgn for trajektorieberegningene i tidsrommet fra 25 til 28 mai 1975. Den stiplede linjen viser rammen som lufttransporten har vært innenfor i tidsrommet.