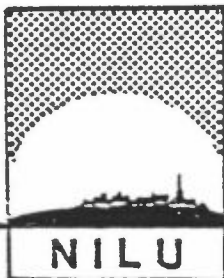


NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR 5/80
REFERANSE: 21179
DATO: MAI 1980

MÅLINGER AV OZON I NEDRE TELEMARK, OSLO
OG OSLOFJORDEN SOMMEREN 1979

AV
JØRGEN SCHJOLDAGER*
LEIF STIGE**



** STATENS FORURENSNINGSTILSYN,
KONTROLLSEKSJONEN FOR INDUSTRIFORURENSNING
I NEDRE TELEMARK, 3900 PORSGRUNN

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

POSTBOKS 130.- 2001 LILLESTRØM

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR 5/80
REFERANSE: 21179
DATO: MAI 1980

MÅLINGER AV OZON I NEDRE TELEMARK, OSLO
OG OSLOFJORDEN SOMMEREN 1979

AV

JØRGEN SCHJOLDAGER*

LEIF STIGE**

* NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM

** STATENS FORURENSNINGSTILSYN,
KONTROLLSEKSJONEN FOR INDUSTRIFORURENSNING
I NEDRE TELEMARK, 3900 PORSGRUNN

INNHold

	Side
SAMMENDRAG	5
1 INNLEDNING	7
2 GRENSEVERDIER FOR OZON	11
3 RESULTATER OG DISKUSJON	12
3.1 Datatilgjengelighet	12
3.2 Overskridelse av grenseverdier	12
3.3 Midlere døgnforløp	15
3.4 Representativitet av sommeren 1979	17
3.4.1 Oslo	17
3.4.2 Nedre Telemark	20
3.5 Samvariasjon mellom ozonkonsentrasjon og lokal- meteorologiske data	22
3.5.1 Vindretning	22
3.5.2 Vindstyrke	22
3.5.3 Temperatur	24
3.6 Ozonepisode 1-8 juni 1979	27
3.7 Drøfting av ozondannelsen	30
4 KONKLUSJON	32
5 REFERANSELISTE	34
VEDLEGG A: TIMESVERDIER FOR OZON ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1.4-30.9.79..	37

SAMMENDRAG

Fotokjemiske oksydanter dannes ved kjemiske reaksjoner mellom nitrogenoksyder, organiske stoffer og oksygen under påvirkning av solstråling. Ozon er den viktigste av de fotokjemiske oksydantene og brukes ofte som et mål på den fotokjemiske aktiviteten i atmosfæren.

Sommeren 1979 ble det målt ozon på fire steder i nedre Telemark, Langesund, Bjørnstadjordet, Klyve og Haukenes, på Jeløya ved Oslofjorden og Maridalen i Oslo. Målingene i nedre Telemark ble utført av Statens forurensningstilsyn (SFT), Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark. Målingene på Jeløya og Maridalen ble utført av NILU på oppdrag fra SFT.

Måleresultatene er sammenliknet med vanlig brukte grenseverdier for ozon. Verdens helseorganisasjon (WHO) anbefaler $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som maksimal timesverdi, mens den amerikanske grenseverdien er på $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På alle målestedene ble det målt konsentrasjoner høyere enn WHOs grenseverdi og på et av målestedene høyere enn den amerikanske grenseverdien.

Det ble målt høyest verdier på Haukenes. Maksimal timesverdi var $398 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er høyeste konsentrasjon målt i Norge siden målingene startet i 1975. Høyeste timesverdi i Maridalen var $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og på Jeløya $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I Langesund og Haukenes var henholdsvis 8.8% og 11.1% av timesverdiene høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På Haukenes var 31 timesverdier (0.9%) høyere enn $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det var i middel mindre solstråling og lavere temperatur sommeren 1979 gjennomsnitt for tidligere år. Målestedet Maridalen, som var i drift somrene 1977, 1978 og 1979, hadde lavere ozonkonsentrasjoner sommeren 1979 enn tidligere.

De fleste høye ozonkonsentrasjoner sommeren 1979 forekom når luftmassene på stor skala var transportert fra sørøst, sør, sørvest og vest. Disse retningene er de som vanligvis fører med seg forurensninger fra fjerntliggende områder. Det synes derfor som om ozondannelsen sommeren 1979 for en stor del skyldes utslipp i andre land. I flere tilfeller var det imidlertid liten eller ingen systematisk transport på stor skala. Dette var blant annet tilfellet i deler av perioden 1-8.6.79, da de høyeste konsentrasjonene forekom. På enkelte dager var det klart høyere verdier på Haukenes enn i resten av nedre Telemark og Oslofjorden. Disse høye verdiene skyldes sannsynligvis utslipp av nitrogenoksyder og reaktive hydrokarboner i Grenland.

MÅLINGER AV OZON I NEDRE TELEMARK, OSLO OG
OSLOFJORDEN SOMMEREN 1979

1 INNLEDNING

Fotokjemiske oksydanter er et fellesnavn på sterkt oksyderende stoffer som dannes i atmosfæren fra nitrogenoksyder, organiske stoffer og oksygen med solstråling som drivende kraft. Ozon er den av oksydantene som gjerne fins i høyest konsentrasjoner, men det dannes også bl.a. hydrogenperoksyd og organiske peroksyforbindelser. Den best kjente organiske peroksyforbindelsen er peroksyacetylnitrat (PAN). Andre stoffer dannes også, f.eks. salpetersyrling, salpetersyre, formaldehyd og akrolein.

De værforholdene som særlig favoriserer dannelse av ozon og andre fotokjemiske oksydanter, er høy temperatur og stråling og svake vinder. Ved ca 60°N er det stort sett månedene april - august som har tilstrekkelig solstråling til at høye konsentrasjoner kan forekomme.

Sommeren 1979 ble det målt ozon på fire steder i nedre Telemark, ett sted ved Oslofjorden og ett sted i Oslo. Statens forurensnings-tilsyn (SFT), Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark har foretatt målinger i Langesund, Bjørnstadjordet, Klyve og Haukenes som et ledd i overvåkingen av luftforurensninger i distriktet (se kart, figur 1). Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra SFT foretatt målinger på Jeløya ved Oslofjorden og Maridalen i Oslo (se kart, figur 2 og 3). Målestedene Bjørnstadjordet og Maridalen er de samme som tidligere år (1,2,3,4).

Lokaliseringen av målesteder var noe annerledes sommeren 1979 enn tidligere. I nedre Telemark ble målestedene Trosby og Ås nedlagt og erstattet med Langesund, mens målestedet Falkum ble erstattet med Haukenes (4). Ved utgangen av mai 1979 ble måleren på Bjørnstadjordet flyttet til Klyve. Videre ble målestedet Stovner i Oslo nedlagt og målestedet Jeløya opprettet. Målestedet Maridalen i Oslo

ble beholdt, og dette har vært i drift siden sommeren 1977.

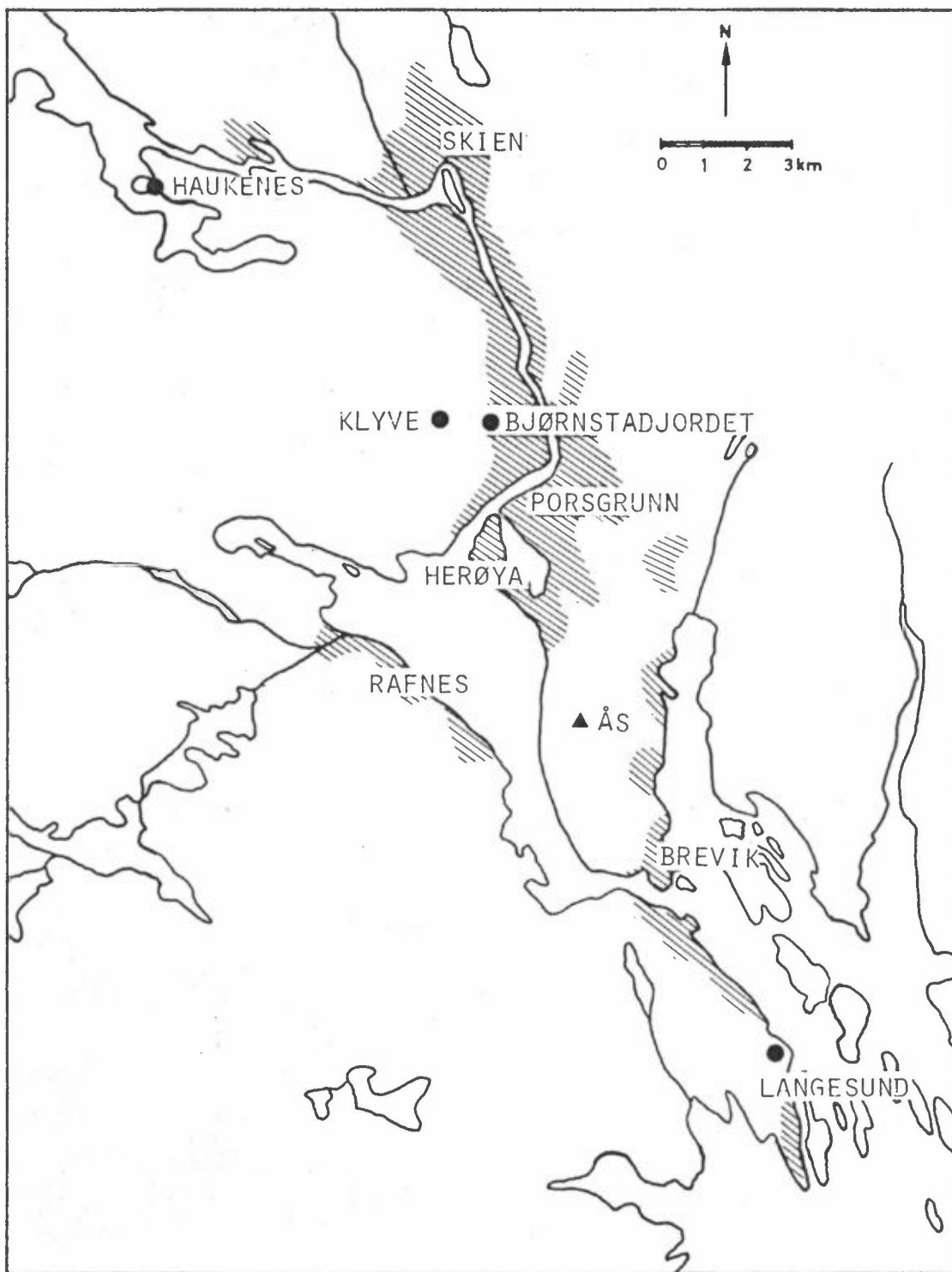
Endringene i måleopplegget skjedde på grunnlag av erfaringene fra tidligere år. Blant annet ble det antatt at Stovner og Bjørnstadjordet var påvirket av lokale utslipp. Det er antatt at opplegget nå gir et bedre bilde av ozondannelsen enn tidligere.

Følgende måleperioder vil bli diskutert i denne rapporten:

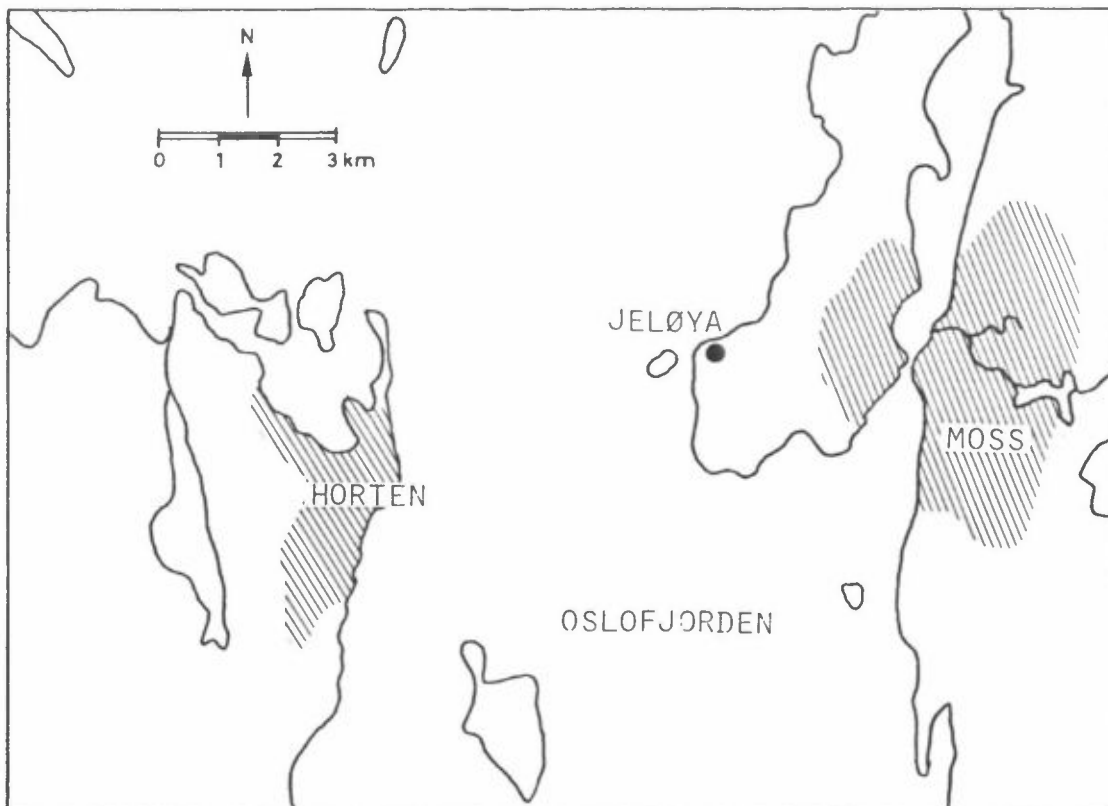
Langesund	6.4 - 30.9. 1979
Bjørnstadjordet	9.4 - 31.5. 1979
Klyve	1.6 - 24.9. 1979
Haukenes	9.4 - 30.9. 1979
Jeløya	16.5 - 30.9. 1979
Maridalen	4.5 - 30.9. 1979

I rapporten vil det også kort bli diskutert målinger av ozon fra fly over Østlandet og Sørlandet den 6.8. 1979. I tillegg har SFT foretatt målinger på Ås på Eidangerhalvøya i januar-mars 1979. For resultatene herfra henvises til Kontrollseksjonens årsrapport (5).

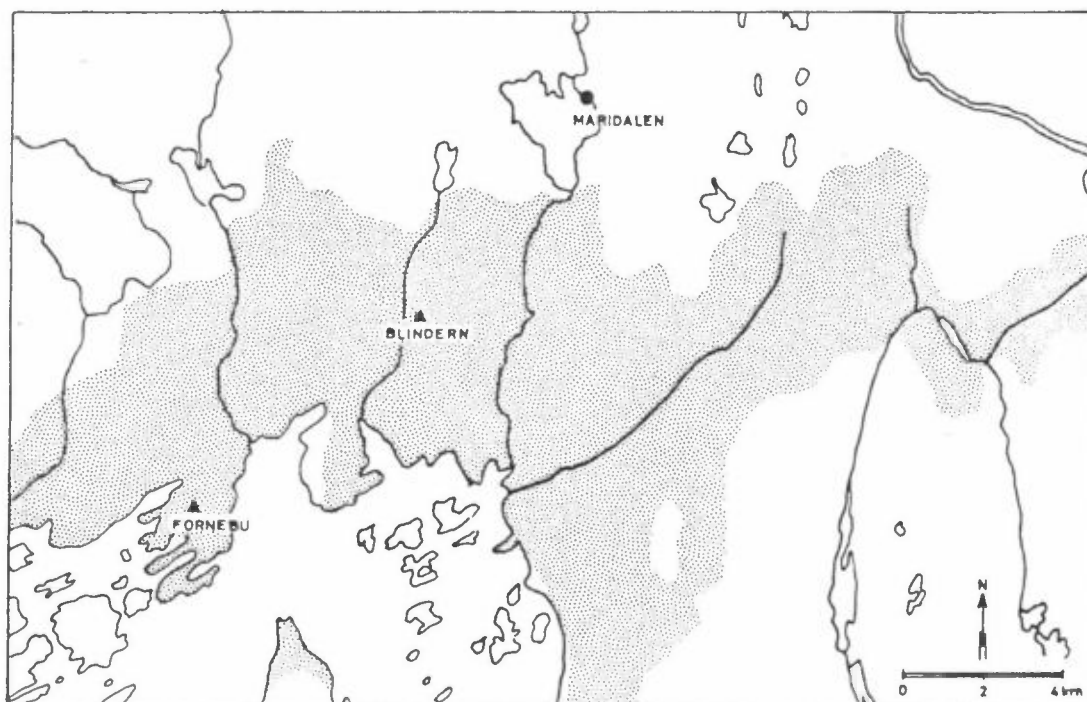
På SFTs målesteder, Langesund, Bjørnstadjordet, Klyve og Haukenes ble det brukt "Philips" ozonmålere, basert på kjemiluminescens mellom ozon og fargestoffet Rhodamin B. På NILUs målested i Maridalen og i flyet ble det brukt "Bendix" ozonmålere basert på kjemiluminescens mellom ozon og etylen. På Jeløya ble det brukt en "Dasibi" ozonmåler, basert på absorpsjon av ultrafiolett stråling. Alle apparatene er kalibrert ved en standard våtkjemisk metode, nøytralt bufret kaliumjodid (6).



Figur 1: Kartskisse over nedre Telemark. Målesteder for ozon: Langesund, Bjørnstadjordet, Klyve og Haukenes. Meteorologiske målinger: Ås. Skravering indikerer tettbygd strøk.



Figur 2: Kartskisse over målestedet for ozon på Jeløya. Skravering indikerer tettbygd strøk.



Figur 3: Kartskisse over Oslo-området. Ozonmålinger: Maridalen, Meteorologiske målinger: Blindern og Fornebu. Skravering indikerer tettbygd strøk.

2 GRENSEVERDIER FOR OZON

Flere land har satt grenseverdier for ozon i uteluft. I tabell 1 er det gjengitt grenseverdier fra USA, Canada, Japan, Nederland (Rotterdam-området) og Verdens helseorganisasjon WHO (7). Den amerikanske grenseverdien ble i februar 1979 endret fra 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ til 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8). I Norge er det ennå ikke foreslått retningslinjer for ozon.

I tabellen er det gjengitt ulike typer av grenseverdier. Canadas "maximum desirable level" er noe lavere enn WHOs "recommended long term goal" og Japans grenseverdi. Disse representerer en ønsket situasjon, dvs den som planleggingen bør rettes inn mot. Disse grenseverdiene har en sikkerhetsfaktor på ca 2 med hensyn til helseeffekter, men mindre med hensyn til planteskader. En sikkerhetsfaktor på 2 betyr at effekter vil kunne forekomme ved konsentrasjoner høyere enn det dobbelte av grenseverdiene.

Tabell 1: Grenseverdier for ozon.

	Grenseverdi timesmiddel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Merknader
USA	240	Tillatt forventet overskridelse en gang pr. år.
Canada	100	"Maximum desirable level"
	160	"Maximum acceptable level"
	300	"Maximum tolerable level"
Japan	120	
Verdens helseorganisasjon	120	"Recommended long term goal"
Rotterdam-området, Nederland	200	Laveste "alarmnivå", myndighetene kan anmode om utslippsreduksjoner.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

En fullstendig oversikt over måleresultatene er gjengitt i figurene i vedlegg A. Alle ozonkonsentrasjoner er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og usikkerheten i målingene er anslått til 5-10%.

3.1 Datatilgjengelighet

Datatilgjengelighet defineres som tid med data i prosent av måleperiodens lengde. I tabell 2 er datatilgjengeligheten gitt for de seks målestedene.

Tabell 2: Datatilgjengelighet, ozonmålinger, sommeren 1979.

Målested	Måleperiode	Datatilgjengelighet %
Langesund	6.4 - 30.9	94.1
Bjørnstadjordet	9.4 - 31.5	90.7
Klyve	1.6 - 24.9	96.0
Haukenes	9.4 - 30.9	79.8
Jeløya	16.5 - 30.9	94.2
Maridalen	4.5 - 30.9	86.5

Den noe varierende datatilgjengeligheten skyldes tekniske problemer på enkelte av målestedene, blant annet var det driftsstans på Haukenes 9.8 - 6.9 og i Maridalen 3.7 - 21.7.

3.2 Overskridelse av grenseverdier

På alle målestedene ble det registrert verdier over WHO's grenseverdi, som er $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På ett av målestedene, Haukenes, ble det registrert verdier over $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er grenseverdien i USA. I tabell 3 er det gitt antall dager med en eller flere timesverdier høyere enn 120, 160, 200 og $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sammen med maksimalverdiene på de ulike målestedene.

Tabell 3: Antall døgn med timesverdier høyere enn 120, 160, 200 og 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, samt høyeste timesverdi på hvert målested.

Målested	Antall døgn med data	Antall døgn med en eller flere timesverdier høyere enn				Høyeste timesverdi	
		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tidspunkt
Langesund	172	62	12	0	0	198	22.6 kl 18
Bjørnstadjordet	49	11	0	0	0	158	31.5 kl 17-18
Klyve	113	15	2	0	0	183	7.6 kl 10
Haukenes	144	52	17	7	4	398	7.6 kl 16-17
Jeløya	137	13	1	0	0	185	4.7 kl 11
Maridalen	132	3	0	0	0	142	6.6 kl 14

De høyeste verdiene ble registrert på Haukenes, og maksimalverdien, 398 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, er den høyeste som er målt i Norge siden ozonmålingene startet i 1975. En nærmere drøfting av ozonepisoden i begynnelsen av juni 1979 er gjort i punkt 3.6.

I tabell 4 er det gitt antall timer på hvert målested med konsentrasjon høyere enn de samme grensene som i tabell 3. Det er også gitt den andel av tiden (%) konsentrasjonen var høyere enn 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. På Haukenes var det 371 og 31 timer med konsentrasjon høyere enn henholdsvis WHO's grenseverdi på 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og USAs grenseverdi på 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabell 4: Timesverdier for ozon høyere enn 120, 160, 200 og 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Målested	Antall timer med data	Antall timer med konsentrasjon høyere enn			
		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Langesund	4009	352 (8.8%)	50	0	0
Bjørnstadjordet	1144	40 (0.3%)	0	0	0
Klyve	2659	88 (3.3%)	8	0	0
Haukenes	3340	371 (11.1%)	99	52	31
Jeløya	3104	59 (1.9%)	1	0	0
Maridalen	3098	14 (0.5%)	0	0	0

I tabell 5 er timesverdiene over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fordelt på de enkelte måneder. Flest høye verdier forekom i juni. Det var også relativt mange høye verdier i april og mai.

Tabell 5: Timesverdier for ozon høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fordelt på de enkelte måneder.

Målested	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Sum
Langesund	51	82	127	10	65	17	352
Bjørnstadjordet	30	10	-	-	-	-	40
Klyve	-	-	66	3	19	0	88
Haukenes	44	57	196	33	41	0	371
Jeløya	-	4	27	16	4	8	59
Maridalen	-	0	14	0	0	0	14

I tabell 6 er timesverdiene over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fordelt på ulike tider på døgnet. Flest høye verdier forekom om ettermiddagen mellom kl 13 og 18. Dette er i samsvar med resultater fra tidligere år.

Tabell 6: Timesverdier for ozon høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fordelt på tid på døgnet.

Målested	kl 01-06	kl 07-12	kl 13-18	kl 19-24	Sum
Langesund	33	51	208	60	352
Bjørnstadjordet	1	7	27	5	40
Klyve	6	18	51	13	88
Haukenes	40	96	169	66	371
Jeløya	3	9	30	17	59
Maridalen	0	2	11	1	14

Det eneste av målestedene fra tidligere år som også var i drift hele sommeren 1979, var Maridalen. Konsentrasjonen i Maridalen var gjennomgående lavere sommeren 1979 enn tidligere. Dette er illustrert i tabell 7, der det er gitt maksimalverdi og antall timer med konsentrasjon over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ somrene 1977-79.

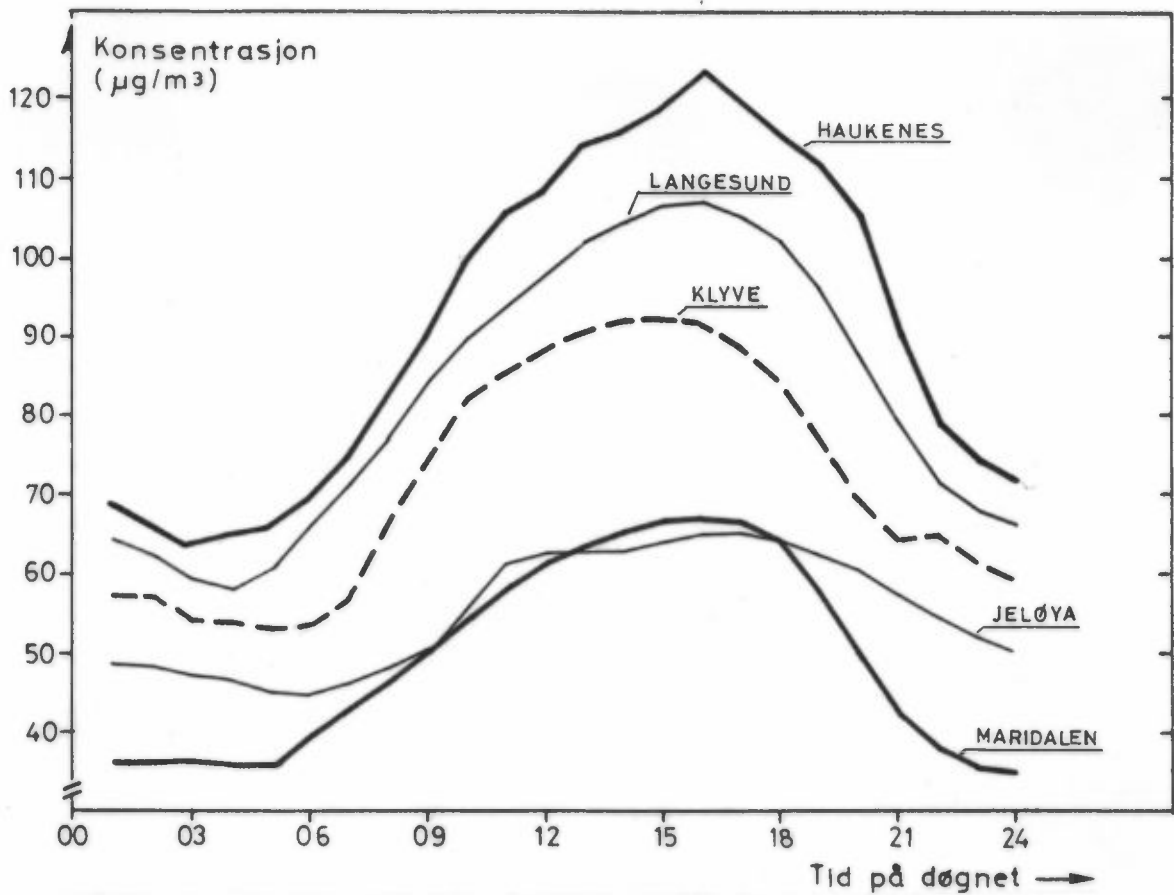
Tabell 7: Maksimal timesverdi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) og antall timer med ozonkonsentrasjon høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Maridalen, 1977, 1978 og 1979.

	1977	1978	1979
Maksimal timesverdi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	218	184	142
Antall timer med konsentrasjon høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	402	137	14

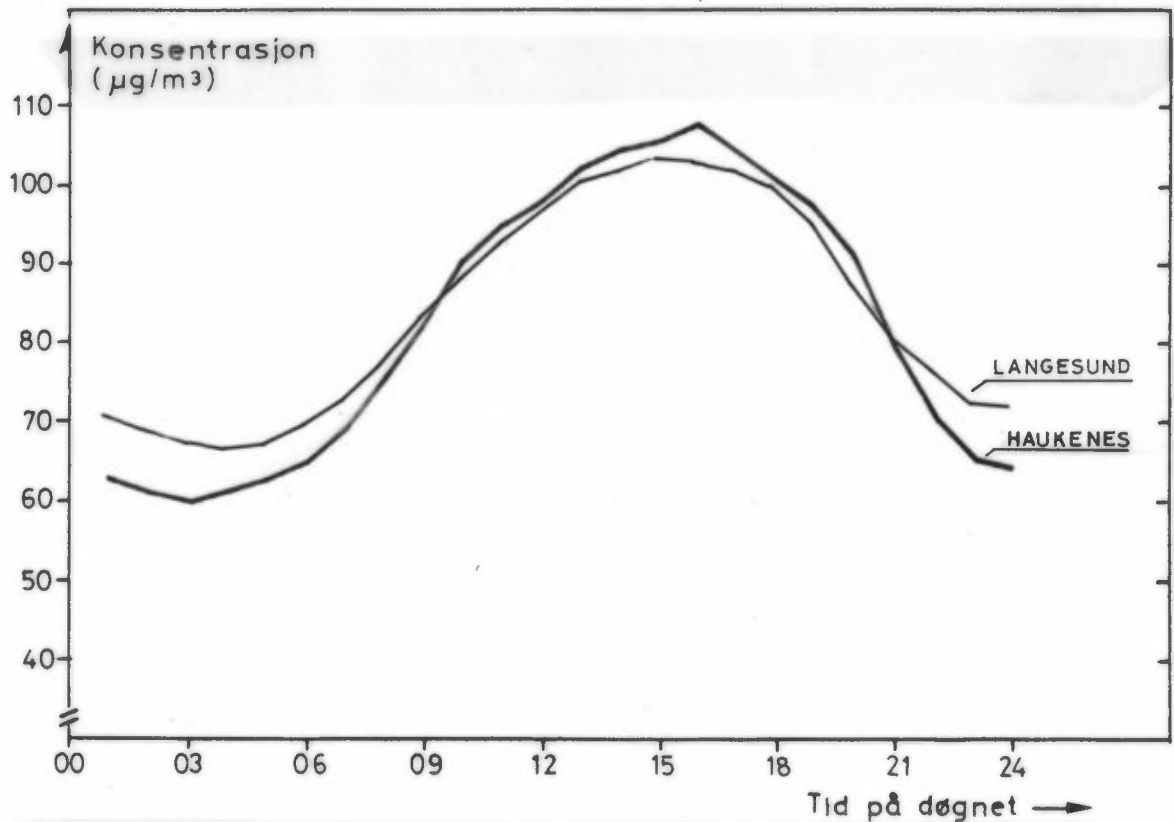
3.3 Midlere døgnforløp

I figur 4 er det gitt midlere døgnforløp for perioden juni-august for de fem målestedene som var i drift i den perioden. Det framgår at verdiene i nedre Telemark var høyere enn på Jeløya og Maridalen. Videre var midlere konsentrasjon på Haukenes høyere enn de andre målestedene i nedre Telemark. Kurvene i figur 4 er imidlertid ikke helt sammenliknbare, fordi målerne var ute av drift til noe forskjellig tid.

I figur 5 har en sammenliknet Haukenes og Langesund ved at en bare har inkludert de timene begge stasjonene har vært i drift. Om dagen var konsentrasjonen i middel litt høyere på Haukenes og om natta litt høyere i Langesund.



Figur 4: Døgnfordeling av gjennomsnittlige, timevise ozon-konsentrasjoner, juni-august 1979.



Figur 5: Døgnfordeling av gjennomsnittlige, timevise ozon-konsentrasjoner, Langesund og Haukenes, april-september 1979. Bare timer med begge målerne i drift er inkludert.

3.4 Representativitet av sommeren 1979

3.4.1 Oslo

Globalstrålingen, som er totalt innfallende kortbølget stråling på en horisontal flate, måles rutinemessig ved hjelp av solarimeter på noen av værstasjonene til Meteorologisk institutt (MI). I tabell 8 er det gitt månedsmiddelverdier for somrene 1977-79, samt gjennomsnitt for 10 års-perioden 1966-75 på Blindern. Det framgår av tabellen at det var mindre stråling sommeren 1979 enn de to foregående år, og også mindre enn i 10 års-perioden 1966-75.

*Tabell 8: Globalstråling (W/m^2 , på en horisontal flate).
Middelverdier på Blindern for mai-september 1977, 1978 og 1979, samt gjennomsnitt for 1966-75.
(Kilde: Meteorologisk institutt).*

	Mai	Juni	Juli	August	September
1977	221	227	229	179	125
1978	203	239	194	170	98
1979	153	227	182	135	93
Middel 1966-75	197	251	223	185	107

"Relativ solskinnstid" er en annen måte å angi solstrålingen på. Relativ solskinnstid måles med solskinnsautograf på en del av MIs værstasjoner og gir tiden med direkte solskinn i prosent av maksimalt mulig tid med direkte solskinn. I tabell 9 er det gitt relativ solskinnstid for sommermånedene i 1977-79 på Blindern, for 10-års-perioden 1966-75 og 25 års-perioden 1953-77. Det er et visst avvik mellom de to langtidsmidlene, særlig for juni og august.

I månedene mai-august 1979 var det vesentlig mindre solskinn enn normalt, mens det var litt mer solskinn enn normalt i september. I månedene mai-august 1979 var det også mindre solskinn enn de to foregående år.

Tabell 9: Relativ solskinnstid (%).
Middelverdier på Blindern for mai-september 1977, 1978 og 1979, samt gjennomsnitt for 1966-75 og 1953-77.
(Kilde: Meteorologisk institutt.)

	Mai	Juni	Juli	August	September
1977	55.5	50.4	55.7	52.3	56.0
1978	44.7	50.4	39.7	47.5	29.5
1979	29.4	49.2	37.0	36.0	42.3
Middel 1966-75	42.9	56.6	50.1	55.4	40.9
Middel 1953-77	44.7	51.7	47.4	48.8	39.3

Av tabell 8 og 9 kan en konkludere at det var mindre solstråling i 1979 enn det som er normalt, og at det var mindre solstråling i 1979 enn i 1977 og 1978.

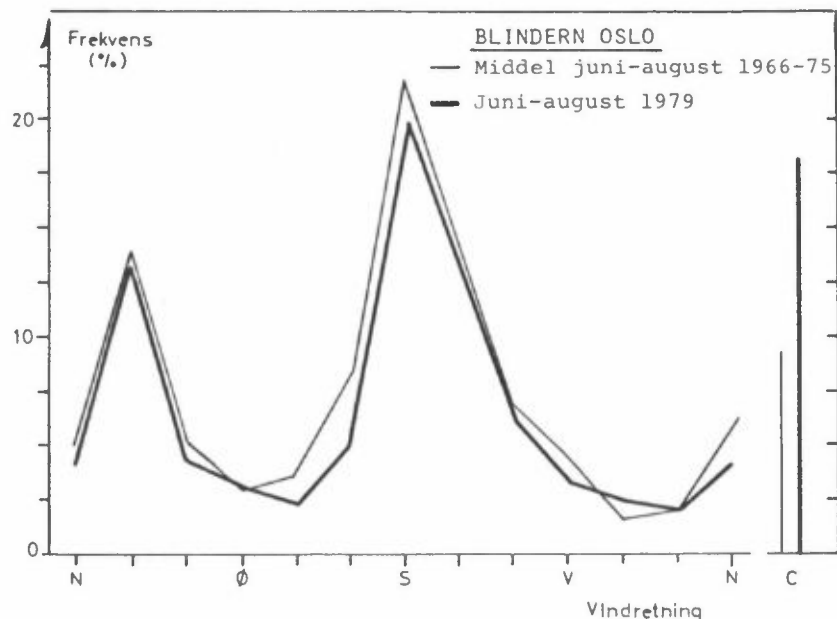
I tabell 10 er gitt middeltemperaturen for månedene mai - september 1977-79 på Blindern, sammenliknet med 10 års-middelverdiene for 1966-75 og normalen 1931-60, som er MIs offisielle normalperiode. Av tabellen framgår at juni 1979 var litt varmere enn normalt, mens de øvrige månedene var kaldere. Avviket fra normalen var større i 1979 enn de to foregående år.

Tabell 10: *Middeltemperatur på Blindern for mai-september 1977, 1978 og 1979, samt gjennomsnitt for 1966-75 og 1931-60. (Kilde: Meteorologisk institutt.)*

	Mai	Juni	Juli	August	September
1977	11.3	15.3	16.4	15.5	10.2
1978	11.5	16.0	15.2	14.8	9.1
1979	8.5	15.8	15.5	14.0	10.5
Middel 1966-75	10.6	15.7	16.7	15.9	11.1
Normal 1931-60	10.7	14.7	17.3	15.9	11.3

I figur 6 er det gitt vindretningsfordelingen for 3 månedersperioden juni-august 1979 sammenliknet med gjennomsnittet for 1966-75, basert på daglige observasjoner kl 07, 13 og 19 på Blindern. Det var litt lavere frekvens i 1979 av vind fra sørlig kant enn gjennomsnittlig for sommermånedene 1966-75. Frekvensen av vindstille, dvs. vindstyrke lavere enn ca 1 m/s, var relativt høy sommeren 1979.

En oppsummering av representativiteten med hensyn til stråling, temperatur og vind sommeren 1979 gir som resultat at værforholdene tilsier mindre grad av ozondannelse fra lokale kilder enn det en kan regne som typisk for sommeren i Oslo-området.



Figur 6: Vindretningsfordeling på Blindern for månedene juni-august 1979 og 1966-75- basert på observasjoner kl 07, 13 og 19. C betyr vindstille (mindre enn ca 1 m/s). (Kilde: Meteorologisk institutt.)

3.4.2 Nedre Telemark

Globalstråling måles ikke på værstasjoner i Telemark. Relativ solskinnstid måles på Lyngør fyr, og målingene har pågått siden høsten 1973. I tabell 11 er det gitt relativ solskinnstid for Lyngør fyr for april-september 1974-79. Sommeren 1979 var mindre solrik enn de fem foregående somre med unntak av juli, som var noe mer solrik i 1979 enn i 1978. September 1979 var også noe mer solrik enn de fleste foregående somre.

Tabell 11: Relativ solskinnstid (%) for april-september 1974-79 for Lyngør fyr.
(Kilde: Meteorologisk institutt.)

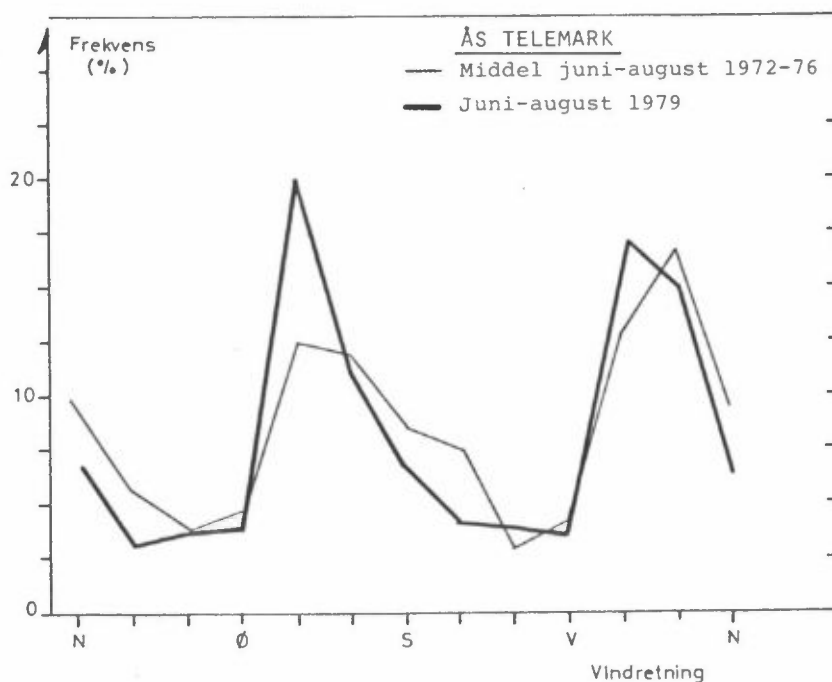
	April	Mai	Juni	Juli	August	September
1974	67.0	57.8	65.3	54.6	62.1	37.8
1975	42.9	56.5	69.7	65.3	65.9	45.3
1976	54.0	52.7	63.5	64.2	74.3	47.0
1977	45.4	61.8	59.5	63.3	52.4	60.4
1978	63.0	52.5	58.8	43.5	55.4	30.7
1979	26.2	38.9	45.4	47.6	47.4	50.3

I tabell 12 er det gitt middeltemperaturer for april-september for Jomfruland i 1977-79, samt normalperioden 1931-60. Alle månedene i 1979 var kaldere enn normalt. Juli og september var varmere enn det foregående år, mens april, mai, juni og august var kaldere.

Tabell 12: Middeltemperatur på Jomfruland for april-september 1977, 1978 og 1979, samt for normalperioden 1931-60. (Kilde: Meteorologisk institutt.)

	April	Mai	Juni	Juli	August	September
1977	3.2	10.4	14.9	16.4	15.7	11.3
1978	4.0	10.7	14.8	14.9	15.8	10.7
1979	3.8	7.6	14.5	15.5	14.5	12.0
Normal 1931-60	5.1	10.6	14.6	17.3	16.5	12.6

I figur 7 er det gitt vindretningsfordelingen for 3 månedersperioden juni-august 1979 på Ås, sammenliknet med gjennomsnitt for 5 års-perioden 1972-76. Gjennomsnittsfordelingen er noe jevnere enn den en hadde sommeren 1979. Vind fra sørøst forekom noe hyppigere om sommeren 1979 enn i gjennomsnitt for tidligere år.



Figur 7: Vindretningsfordeling på Ås for månedene juni-august 1979 og 1972-76, basert på timevise vinddata.

Som for Oslo-området kan en for nedre Telemark konkludere at stråling, temperatur og vind tilsier mindre grad av ozondannelse fra lokale kilder sommeren 1979 enn det en kan regne som normalt.

3.5 Samvariasjon mellom ozonkonsentrasjon og lokalmeteorologiske data

En vil her kort drøfte samvariasjonen mellom ozonkonsentrasjon og timevise målinger av vind og temperatur.

3.5.1 Vindretning

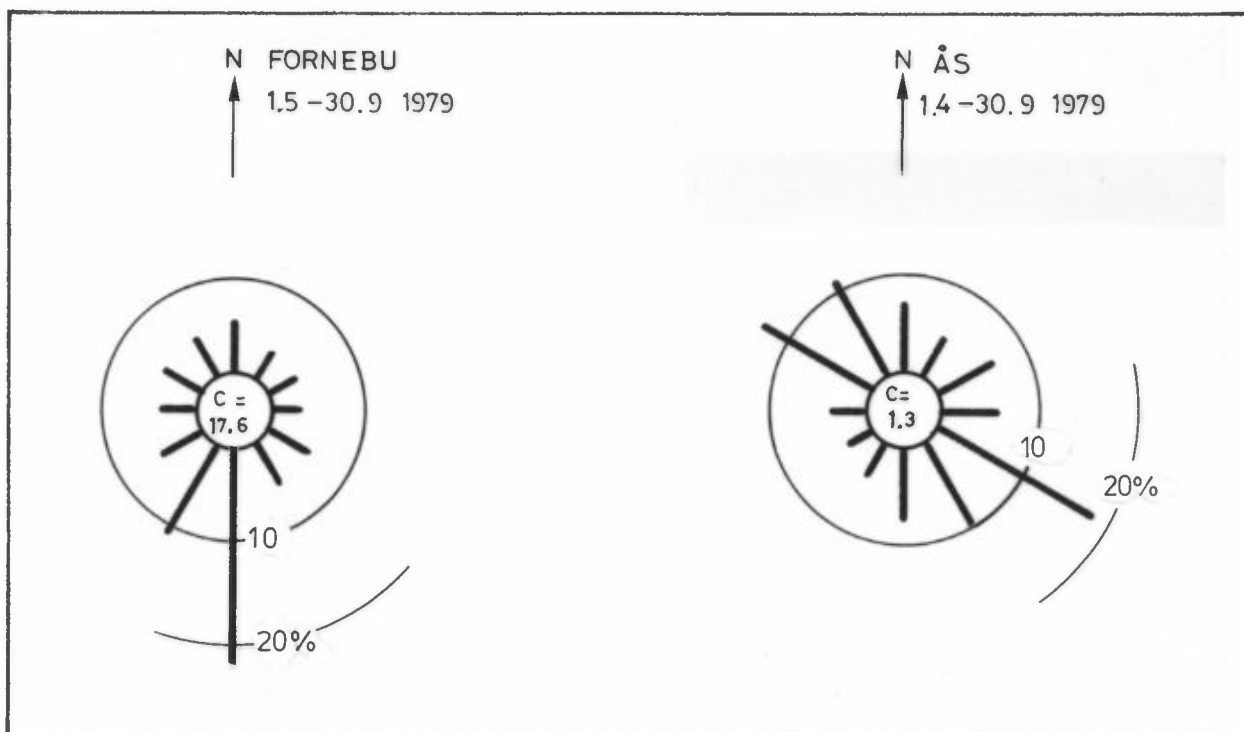
I figur 8 er det tegnet opp vindroser (vindretningsfordelinger) for Fornebu (1.5-30.9) og Ås (1.4-30.9). Som det også framgår av figur 6 er det to hovedvindretninger i Oslo om sommeren, nemlig nordlig (nord og nordøst) og sørlig (sør og sørvest). Den første forekommer hyppigst om natta, og den andre hyppigst om dagen. Også på Ås er det to hovedvindretninger om sommeren, nord og nordvest (om natta) og sør og sørøst (om dagen).

I figur 9 er ozonkonsentrasjonene over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Maridalen og Jeløya fordelt på samtidige vindretninger på Fornebu. Flest høye verdier forekom ved vind fra sør og sørvest. På Jeløya var det også noen høye verdier ved vind fra nordvest.

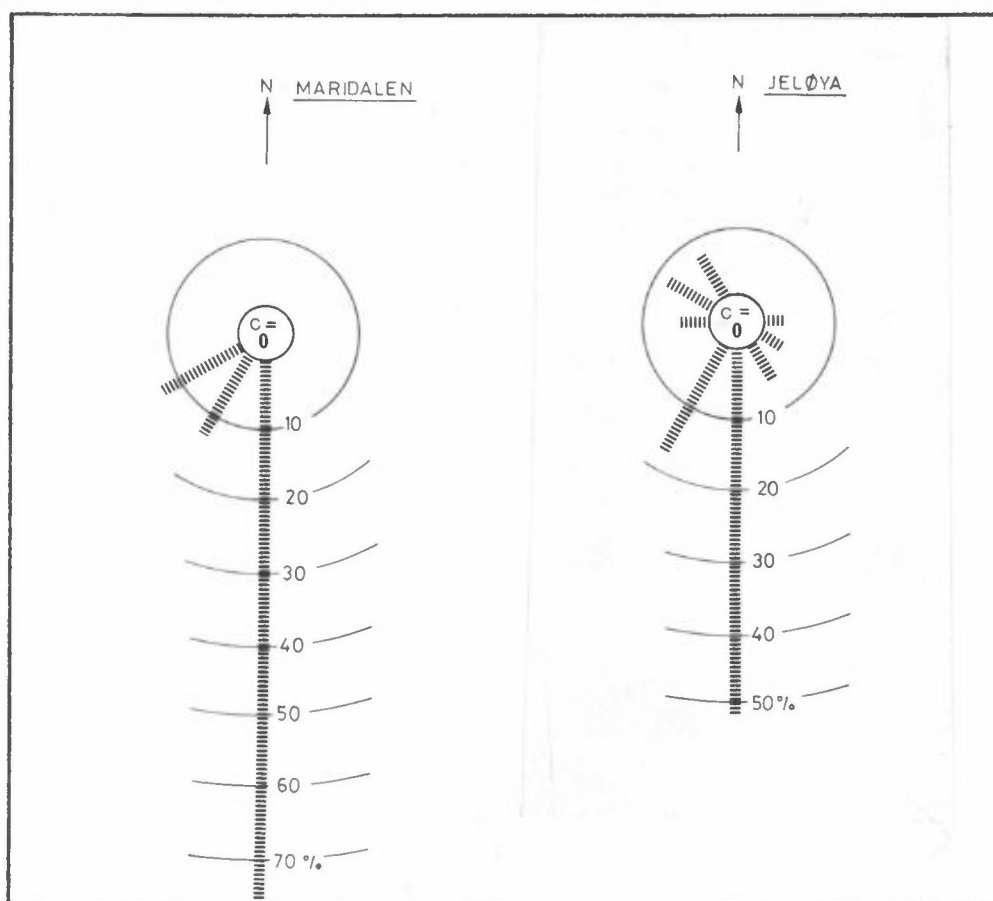
I figur 10 er ozonkonsentrasjonene over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nedre Telemark fordelt på samtidige vindretninger på Ås. På alle målestedene forekom de aller fleste høye verdier ved vind fra sørøstlig kant på Ås.

3.5.2 Vindstyrke

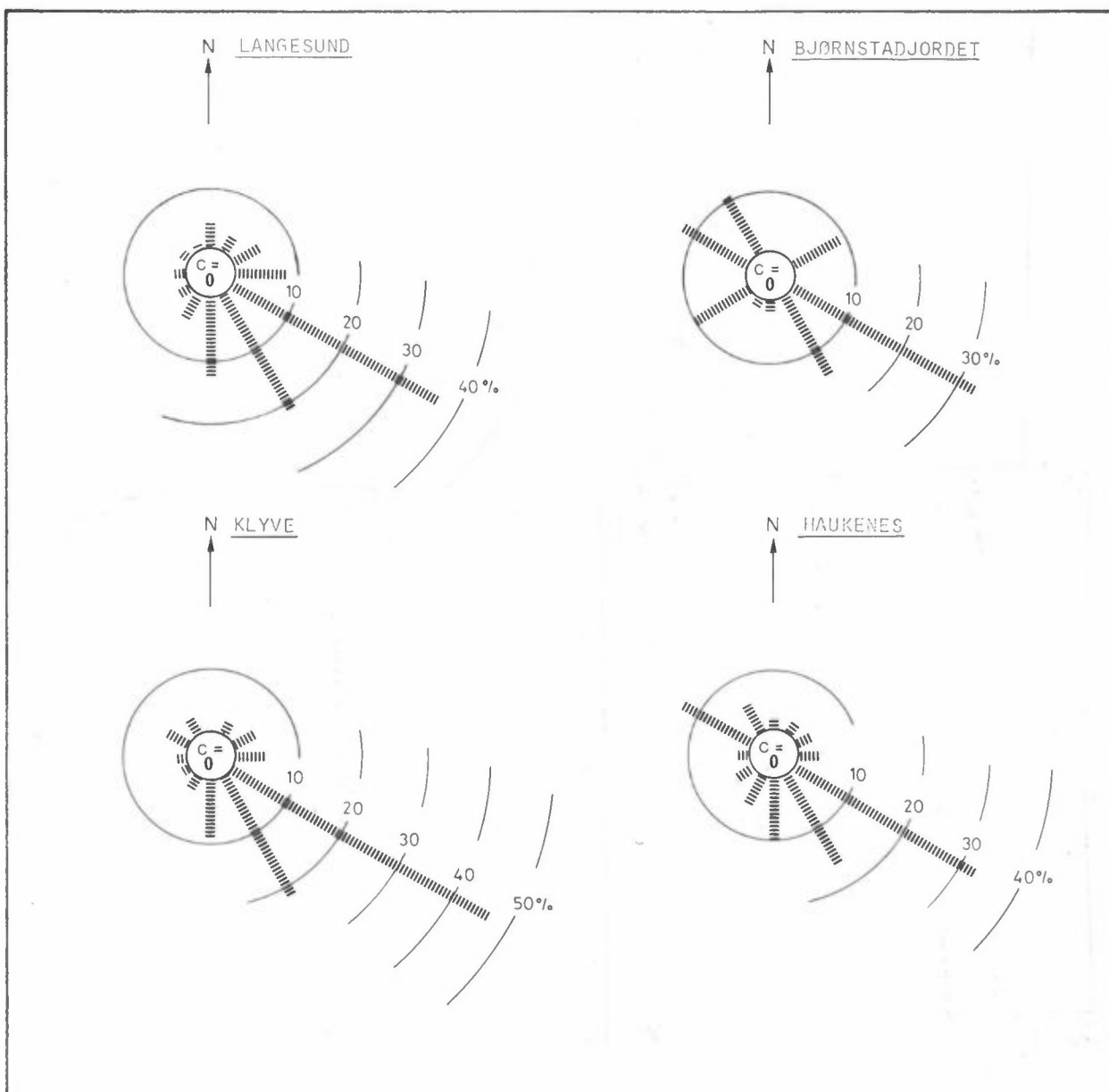
I figur 11 er ozonkonsentrasjonen på Haukenes og Langesund, som var de to målestedene med høyest verdier, plottet mot samtidige målinger av vindstyrke på Ås. På Haukenes forekom de høye verdiene ved vindstyrker som var lavere enn 5-6 m/s. Enkelte høye verdier i Langesund ble målt ved vindstyrke inntil 9-10 m/s.



Figur 8: Vindroser for timevise vindobservasjoner på Fornebu 1.5-30.9.79 og Ås 1.4-30.9.79. C betyr frekvens av vindstille, dvs. vindstyrke mindre enn 0.5 m/s. (Datagrunnlag Fornebu: Meteorologisk institutt.)



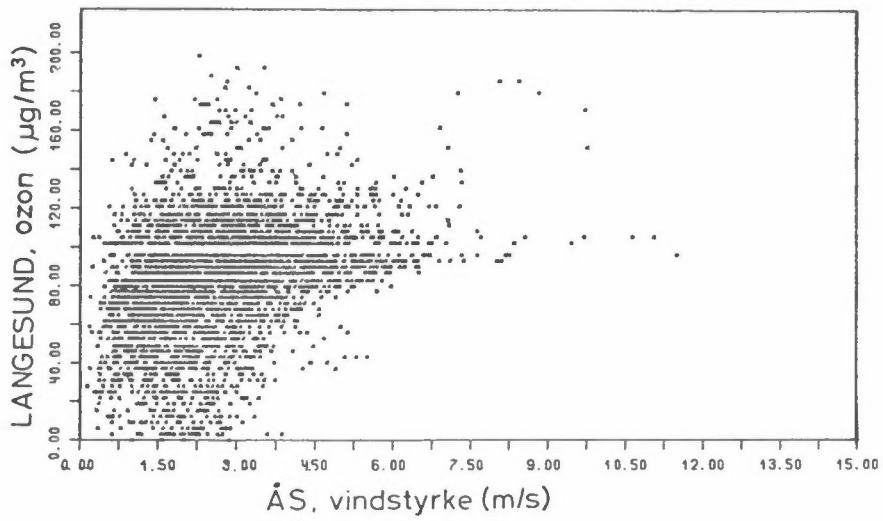
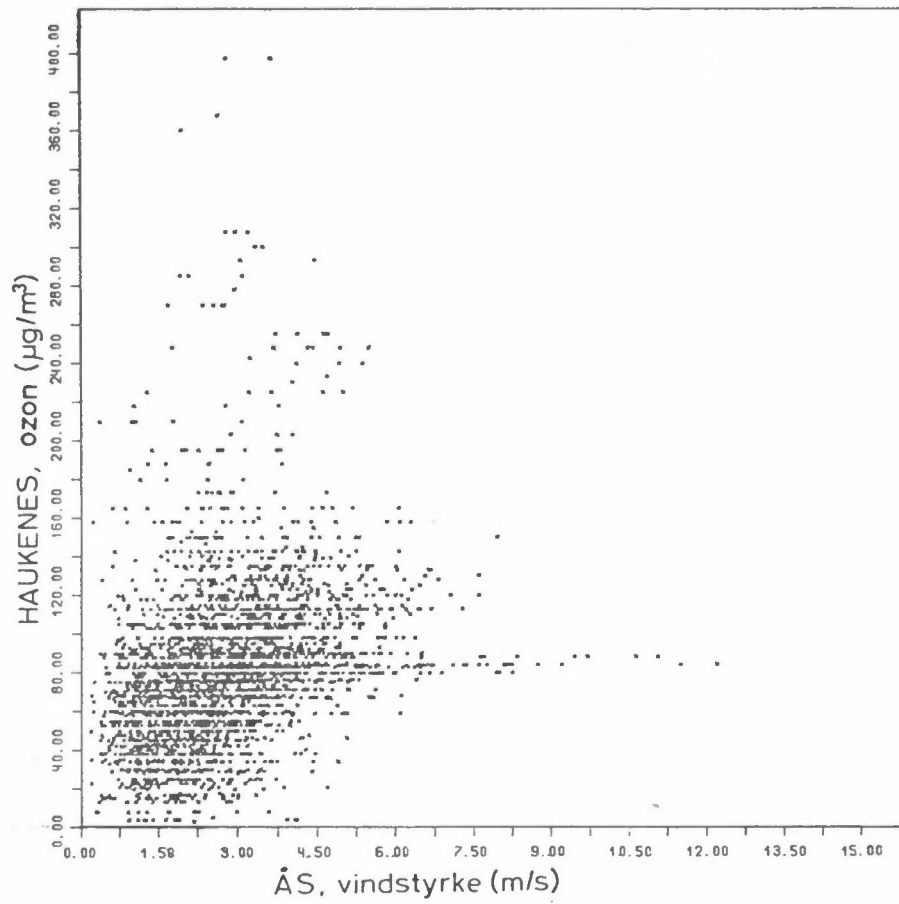
Figur 9: Frekvens av ozonkonsentrasjoner høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Maridalen og Jeløya fordelt på samtidige vindretninger på Fornebu.



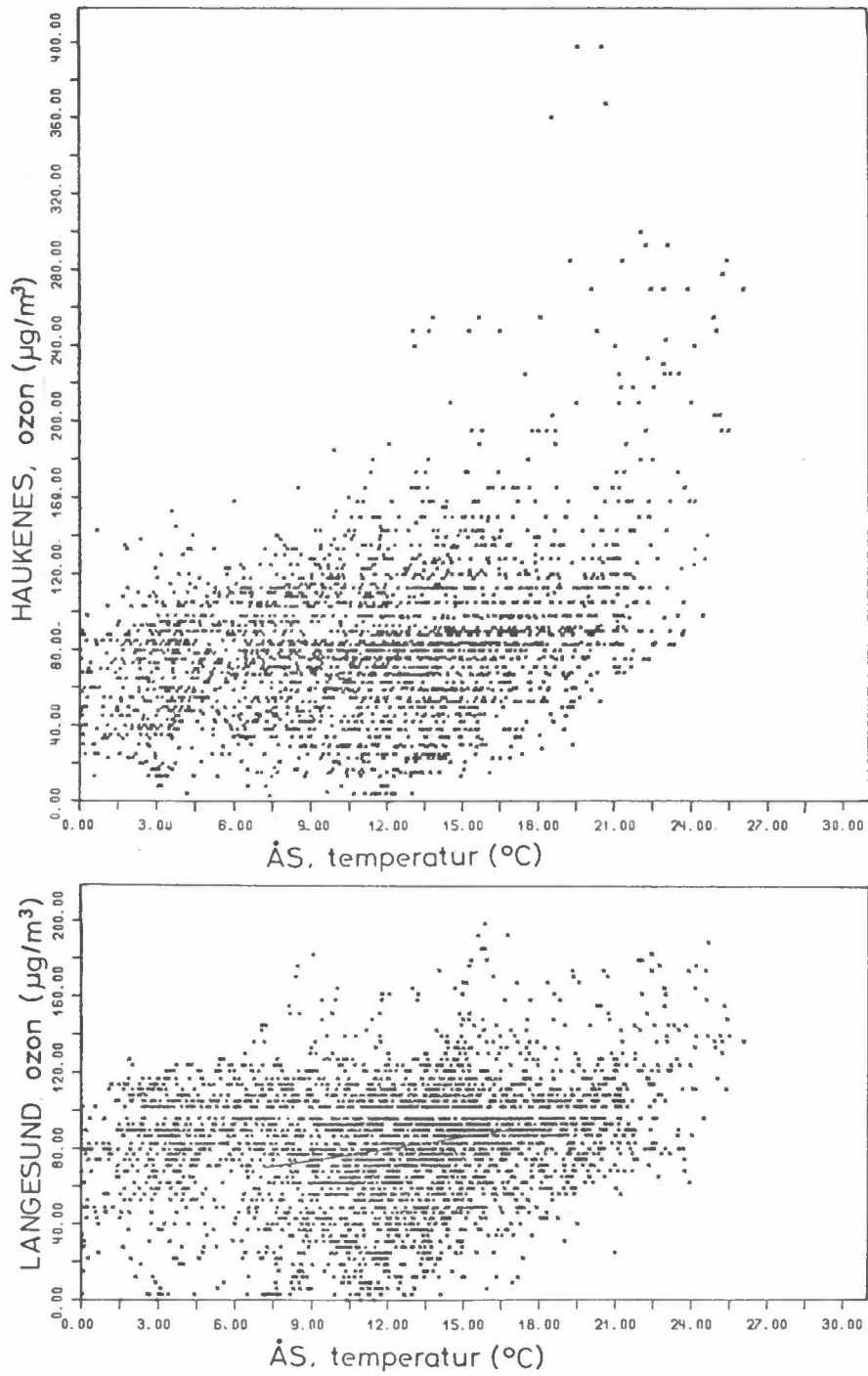
Figur 10: Frekvens av ozonkonsentrasjoner i nedre Telemark høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fordelt på samtidige vindretninger på Ås.

3.5.3 Temperatur

Samhørende timesverdier for ozon og temperatur er plottet i figur 12 for Haukenes/Ås og Langesund/Ås. Generelt forekom høye ozonverdier ved relativt høy temperatur. Det var imidlertid også enkelte ozonverdier over $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved temperaturer på $8-9^\circ\text{C}$.



Figur 11: Timesverdier for ozon på Haukenes og Langesund, plottet mot samtidige observasjoner av vindstyrke på Ås.



Figur 12: Timesverdier for ozon på Haukenes og Langesund, plottet mot samtidige observasjoner av temperatur på Ås.

3.6 Ozoneepisode 1-8 juni 1979

Sommerens høyeste konsentrasjoner på Klyve, Haukenes og Maridalen ble målt i perioden 1-8 juni 1979. På grunnlag av meteorologiske forhold på stor skala (9) og trajektorier i 850 mb-nivå (dvs. vindbanene 1200-1400 m o.h.) kan en i store trekk angi luftmassenes bevegelser de siste døgn. Sammen med timevise meteorologiske data, særlig vindstyrke og -retning, får en grunnlag for å si noe om hvilke utslippsområder som kan ha bidratt til ozon-dannelsen.

Et høytrykk over Storbritannia den 1.6 flyttet seg langsomt mot nordøst i retning Skandinavia. Fra 2.6. til 6.6. lå høytrykket nærmest i ro over Sør-Skandinavia. Mot slutten av perioden ble høytrykket svekket, og en svak kaldfront passerte Oslofjordområdet om natta mellom 7.6 og 8.6.

Trajektoriene indikerer transport i høyden fra sør og sørøst, dvs. fra Polen, Øst-Tyskland og Danmark, i dagene 1-2.6.

I perioden 3-6.6 skjedde ingen storskala transport, dvs. luftmassene holdt seg i ro over Sør-Skandinavia. Mot slutten av perioden var det igjen transport i høyden fra sørøst, men transporten var svært langsom.

I bakkenivå var det land/sjøbris den 1.6. Den 2.6 og delvis også 3.6 var det østlig vind om dagen. Fra 4.6 til 7.6 var det igjen land/sjøbris. Om natta mellom 7.6 og 8.6 var det sørøstlig vind i nedre Telemark.

Det var lettskyet, pent vær over Østlandet i perioden 1-7.6. Maksimumstemperaturen var inntil 26-28°C. Den 8.6 var maksimumstemperaturen sunket til 15-18°C.

Ozonkonsentrasjonen i perioden er vist i figur 13. I de første døgnene var konsentrasjonen i nedre Telemark høy både om dagen og om natta. Seinere i perioden var det høye verdier om dagen og lave om natta. På Haukenes var det svært høye maksimums-

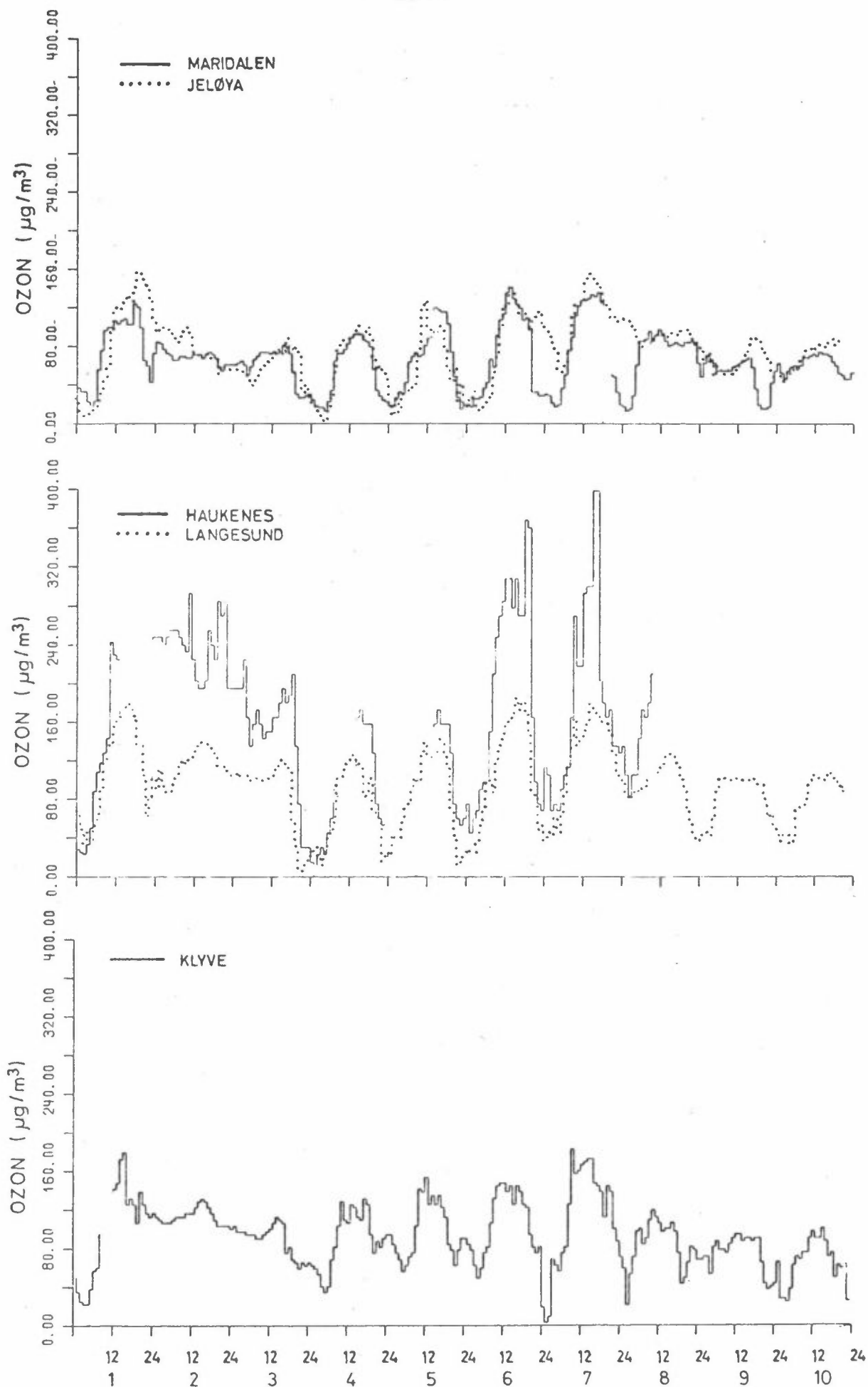
verdier den 6.6 og 7.6. Av i alt 52 timer på Haukenes med konsentrasjon høyere enn $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ forekom i 48 timer i dagene 1-8.6. På Jeløya og Maridalen var konsentrasjonen omtrent like høy som i Langesund og Klyve, men klart lavere enn på Haukenes.

Den mest sannsynlige forklaringen på ozondannelsen er følgende:

I den første delen av perioden har det trolig vært bidrag fra transport av oksydanter og oksydantdannere (nitrogenoksyder og organiske stoffer) fra Øst-Europa og deler av Sør-Skandinavia. De høye ozonverdiene om natta støtter denne antakelsen. Utslippene i hele Oslofjordområdet har siden virket sammen med transporterte forurensninger og gitt et generelt ozonnivå i hele området på inntil ca $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ om dagen. Dette bekreftes av målingene på Klyve, Langesund, Jeløya og Maridalen.

Maksimalverdiene på Haukenes må antakelig skyldes utslipp av reaktive hydrokarboner og nitrogenoksyder i Grenland. Målestedet Haukenes ligger trolig for langt vest til at nitrogenoksydene fra Herøya har hatt direkte innvirkning, og dette kan forklare at en ikke har fått den reduksjonen i ozonkonsentrasjon som disse utslippene ofte forårsaker lokalt. Avstanden fra Rafnes-området til Haukenes er 12-15 km, det vil si en transporttid på ca 2 timer ved en vindstyrke på 2 m/s, som var typisk vindstyrke om ettermiddagen den 6.6 og 7.6.

På så kort tidsskala er det særlig umettete hydrokarboner som kan bidra til ozondannelsen, og den mest sannsynlige enkeltkomponent er propylen. Etylen kan også bidra, men i fotokjemisk sammenheng er etylen mindre reaktiv enn propylen. Høye ozonkonsentrasjoner i lé av petrokjemisk industri er tidligere observert blant annet i Vest-Tyskland (10).



1-10/6.1979

Figur 13: Ozonkonsentrasjoner 1-10. juni 1979.

3.7 Drøfting av ozondannelsen

I figur 14 er det gjort et sammendrag av sektorvise trajektorieanalyser for alle tilfellene et eller flere målesteder har hatt timesverdier over $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hvert døgn er tilordnet en 45° sektor med den betingelse at trajektoriene har vært i sektoren i minst 50% av tiden de siste 96 timer. Hvis denne betingelsen ikke er oppfylt for noen sektor i et aktuelt døgn, kalles døgnet "ubestemt".

Av figur 14 framgår at de fleste høye ozonkonsentrasjoner forekom ved trajektorier mellom sørøst og vest. Dette indikerer at transport fra andre land (Sør-Skandinavia, det europeiske kontinent og Storbritannia) har bidratt til ozondannelsen i mange tilfeller. Imidlertid var en stor del av døgnene "ubestemte" med hensyn til transportretning i høyden. Også utslipp i hele Oslofjord-området (inkludert Oslo og nedre Telemark) kan ha bidratt til ozondannelsen. I den viktigste episoden sommeren 1979, som er drøftet i pkt. 3.6, ble det videre observert så stor lokal økning i ozonkonsentrasjon at lokale utslipp av nitrogenoksyder og organiske stoffer må ha spilt en direkte rolle.

Ved et konsentrasjonsnivå av ozon på $300\text{-}400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er det trolig at utsatte befolkningsgrupper har kjent ubehag og at det har vært virkninger på visse planteslag, særlig grønnsaker og bartrær (7,13). Dette er av de ting som bør undersøkes nærmere.

Den 6.8 ble det målt ozon med fly over Oslofjord-området og Sørlandet. Det generelle konsentrasjonsnivået var $100\text{-}130 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De høyeste konsentrasjonene ble målt over nedre Telemark, men generelt var det små romlige variasjoner. Konsentrasjonen langs kysten til Kristiansand S var av omtrent samme størrelse som over Oslofjord-området. Trajektorieberegninger indikerer transport i høyden fra sørvestlig kant den 6.8. Det ble ikke gjort andre flyginger sommeren 1979, delvis på grunn av mangel på gunstige værforhold og delvis på grunn av tekniske problemer.



Figur 14: Sektorvis fordeling (%) av 850 mb-trajektorier for dager med ozonkonsentrasjon høyere enn $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En nærmere kvantifisering av lokale kilders bidrag til ozondannelsen sammenliknet med bidraget fra transport på mellomstor skala (Sør-Skandinavia) og stor skala (Storbritannia og det europeiske kontinent) lar seg vanskelig gjøre uten fotokjemiske spredningsmodeller. Slike modeller har vært laget for ozondannelse på lokal skala (11) og for langtransport (12), men på skalaen 30-300 km mangler ennå brukbare beregningsmodeller. Videre er det mange kompliserte sammenhenger som er dårlig kjent, slik at detaljerte fotokjemiske beregningsmodeller ennå har begrenset anvendelse. På lengre sikt er imidlertid fotokjemiske modeller nødvendige for å kunne forklare målinger og forutsi hvilken virkning endringer i utslippene vil medføre.

4 KONKLUSJON

Målingene av ozon i nedre Telemark, Oslo og Oslofjorden sommeren 1979 har i likhet med tidligere somre vist at det foregår fotokjemisk aktivitet i lufta.

På alle målestedene ble det registrert timesverdier over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som er Verdens helseorganisasjons grenseverdi for ozon. På et av målestedene, Haukenes i nedre Telemark, ble det målt timesverdier over den amerikanske grenseverdien på $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Den høyeste timesverdien, $398 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ble målt på Haukenes den 7.6 kl 16-17. Høyeste timesverdi i Oslo (Maridalen) var $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som ble målt den 6.6 kl 14. På Jeløya var høyeste timesverdi $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4.7 kl 11). Usikkerheten i målingene er anslått til 5-10%.

I Langesund og Haukenes var henholdsvis 8.8% og 11.1% av timesverdiene høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilsvarende tall for de andre målestedene var 0.5-3.5%. På Haukenes var det 31 timer (0.9%) med ozonkonsentrasjon høyere enn $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ved de høyeste konsentrasjonene på Haukenes kan utsatte befolkningsgrupper ha kjent ubehag, og det kan ha vært skader på visse planteslag (bl.a. bartrær og grønnsaker).

Sommeren 1979 er sammenliknet med tidligere år med hensyn til solstråling og temperatur. Det var mindre solstråling og lavere temperatur enn tidligere år. I Maridalen, som var det av målestedene som var i drift somrene 1977, 1978 og 1979, var middelkonsentrasjonen av ozon klart lavere sommeren 1979 enn tidligere år.

De fleste høye ozonkonsentrasjoner forekom når luftmassene på stor skala var transportert fra sørlig og vestlig kant. Disse retningene er de som vanligvis fører med seg forurensninger fra fjerntliggende områder. I flere tilfeller var det imidlertid liten eller ingen systematisk transport på stor skala. Dette var blant annet tilfellet i deler av perioden 1-8.6, som var de dagene en hadde høyest konsentrasjoner. I hele Oslofjord-området var det da et ozonnivå på inntil ca $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som trolig skyldes reaksjoner over flere dager mellom lokale utslipp og forurenset luft fra andre områder (Sør-Skandinavia, Øst-Europa).

De aller høyeste konsentrasjonene på Haukenes skyldes trolig utslipp av reaktive hydrokarboner og nitrogenoksyder i Grenland, kanskje særlig fra petrokjemianleggene i Bamble.

Arbeidet bør videreføres ved at en fortsetter målingene på de stedene en har registrert høye konsentrasjoner. Det er grunn til å vente høye konsentrasjoner langt oftere enn sommeren 1979 ved temperatur- og strålingsforhold over det normale. Over større områder bør ozonmålinger foretas med fly. Selv om det ennå er en del tekniske problemer med flymålingene, er slike målinger av avgjørende betydning for å bestemme den horisontale og vertikale utstrekning av høye ozonkonsentrasjoner.

Videre er målinger av luftkvalitet, kombinert med modellberegninger og meteorologiske målinger og vurderinger, nødvendige for bedre å forstå dannelsen og transporten av fotokjemiske oksydanter i Norge.

5 REFERANSELISTE

- (1) Hanssen, J.E.
 Sivertsen, B. Bamble-undersøkelsen. Måling av luftforurensning i Grenland 1975/1976. Lillestrøm 1977. (NILU OR 2/77.)

- (2) Schjoldager, J. Målinger av ozon i Oslo sommeren 1977. Lillestrøm 1978. (NILU OR 9/78.)

- (3) Schjoldager, J.
 Thorstad, O. Målinger av ozon i nedre Telemark sommeren 1977. Lillestrøm 1978. (NILU OR 23/78.)

- (4) Schjoldager, J.
 Thorstad, O. Målinger av ozon i Oslo og nedre Telemark sommeren 1978. Lillestrøm 1979. (NILU OR 10/79.)

- (5) Statens forurensnings- Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark. Årsrapport 1979. Porsgrunn 1980. tilsyn

- (6) National primary and secondary ambient air quality standards, Washington D.C. 1971. *Federal Register* 36, no 84, part 410, s. 8187-8197.

- (7) Photochemical oxidants. Geneve, World Health Organization, 1978. (Environmental health criteria 7.)

- (8) National primary and secondary ambient air quality standards. Washington D.C. 1979. *Federal Register* 44, no. 28 part 50, s. 8202-8237.

- (9) Europäischer Wetterbericht. Vol. 3. Offenbach am Main, Deutscher Wetterdienst, 1978.

VEDLEGG A

TIMESVERDIER FOR OZON ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

1.4-30.9.79

Maridalen

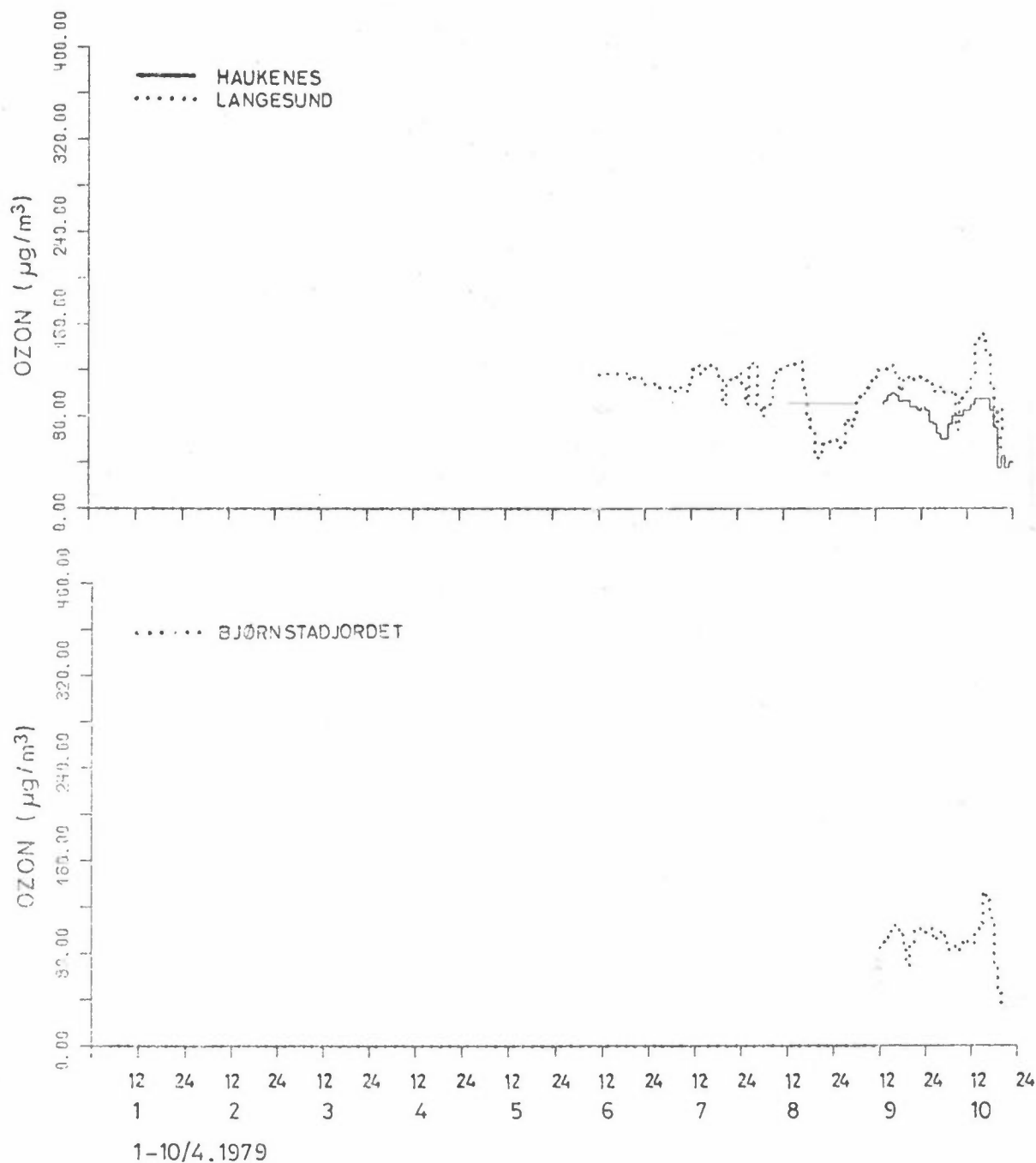
Jeløya

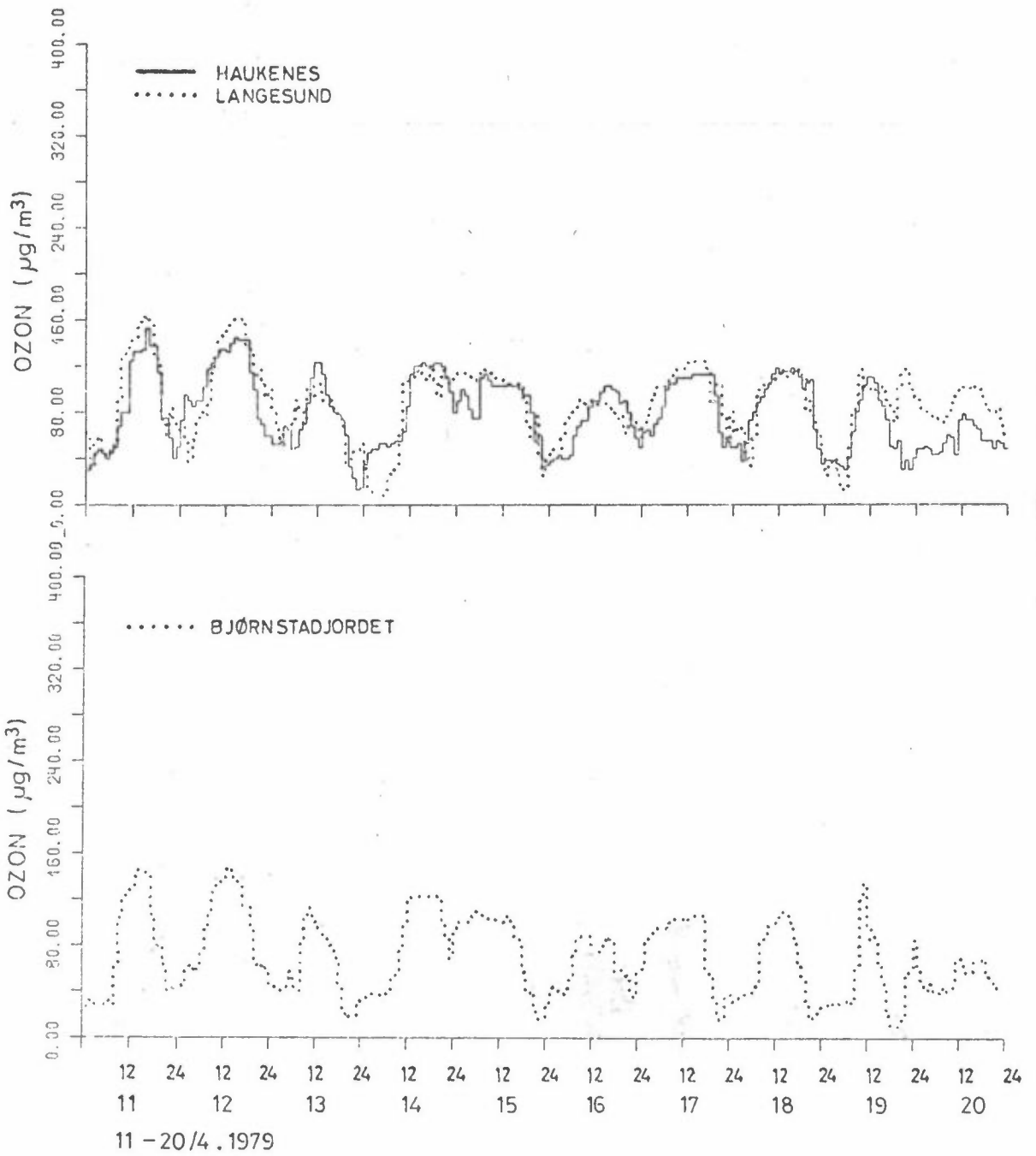
Haukenes

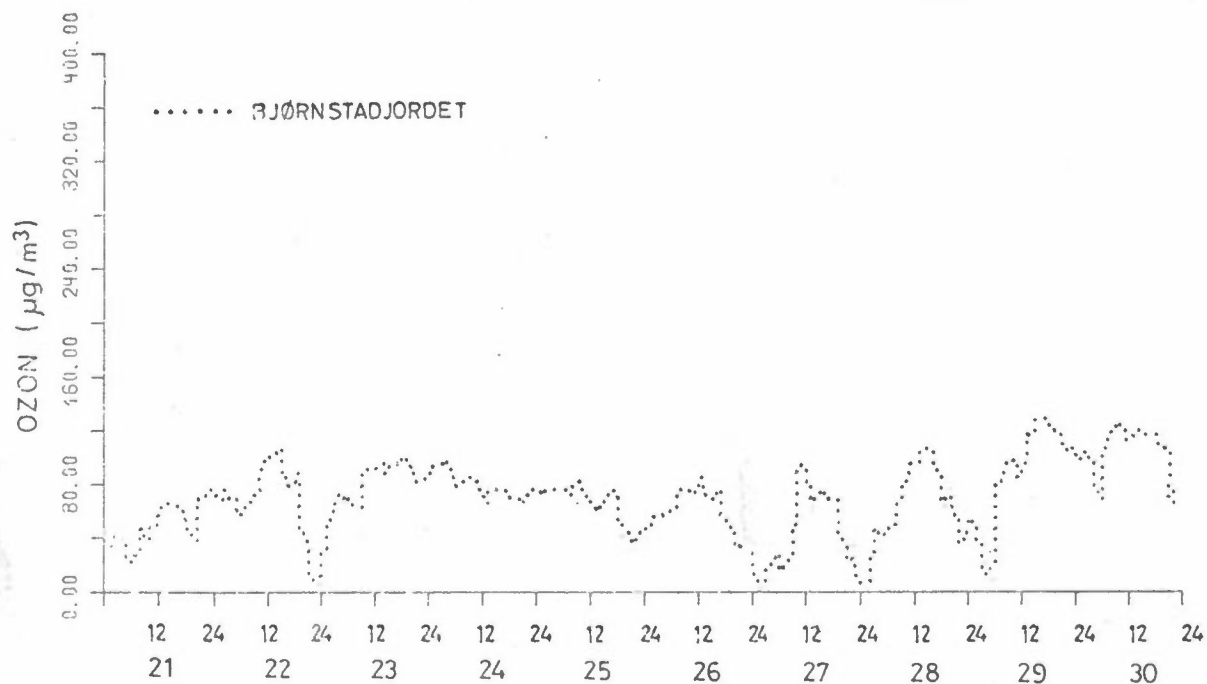
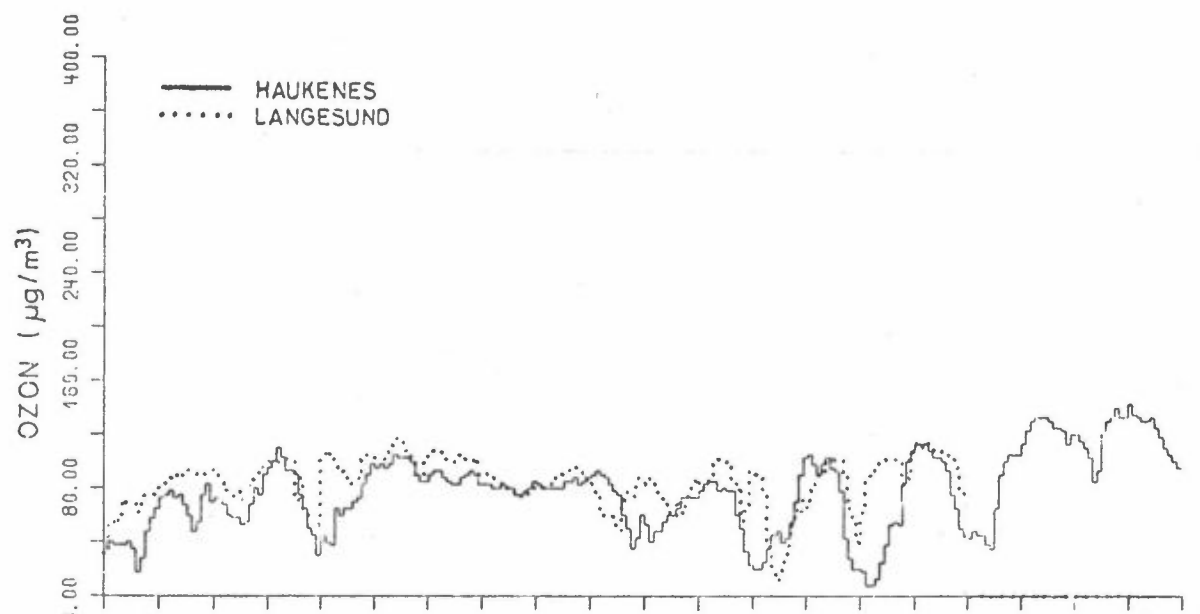
Langesund

Klyve

Bjørnstadjordet







21-30/4. 1979

