

Korttidsstudie av sammenhengen
mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland

Utførende institusjoner: Norsk institutt for luftforskning (NILU)
og Statens institutt for folkehelse (FOLKEHELSE)

Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland

HOVEDRAPPORT



Oppdragsgivere: Miljøverndepartementet (MD), Statens forurensningstilsyn (SFT)
og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF)/Norges
allmennvitenskapelige forskningsråd (NAVF)

NILU OR : 58/91
REFERANSE: O-8747
DATO : SEPTEMBER 1991
ISBN : 82-425-0289-7

**KORTTIDSSTUDIE AV SAMMENHENGEN MELLOM
LUFTFORURENSNINGER OG HELSEVIRKNINGER I GRENLAND**

HOVEDRAPPORT

**NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM
NORGE**

**STATENS INSTITUTT FOR FOLKEHELSE
GEITMYRSVEIEN 75, 0462 OSLO 4
NORGE**

**NORSK REGNESENTRAL
POSTBOKS 114 BLINDERN, 0314 OSLO 3
NORGE**

FORORD

Grenland i Nedre Telemark er et område som de siste 40-årene har vært kjent som et forurenset område. Forurensningene skyldes først og fremst de mange industrianleggene som er lokalisert i området. Dette har medført en forureningsbelastning på både folk og miljø som har vært av de sterkeste i Norge. Til forskjell fra de fleste andre distrikter i Norge er forurensningen i Grenland karakterisert ved mange forskjellige komponenter. Størst var belastningen trolig i 60-årene og begynnelsen av 70-årene. Mulighetene for skadelige effekter har ofte vært diskutert. Undersøkelser for å avklare dette nærmere har vært gjort.

Resultatet av de tidligere undersøkelsene indikerte at luftforurensningen, i tillegg til å være sjenerende for folk, har ført til høyere forekomst av bronkittlignende sykdommer i de mest belastede områder.

Det syntes derfor å være behov for en ny undersøkelse som beslutningsgrunnlag for nye tiltak. Ytterligere tiltak for å redusere luftforurensningen i Grenland ville kunne ha vidtrekkende økonomiske konsekvenser. En ny undersøkelse måtte derfor gi et relativt klart svar på hvilken eller hvilke forureningskomponenter eventuelle tiltak skal rettes mot.

Det har lenge vært behov for metoder som er bedre egnet til å gi svar på spørsmål som nevnes ovenfor enn de metoder som har vært anvendt til nå. En ny undersøkelse ville derfor også måtte omfatte utvikling av bedre metoder.

På denne bakgrunn ba Statens forurensningstilsyn (SFT) Norsk institutt for luftforskning (NILU) om å utarbeide en plan til en ny undersøkelse, hvor Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa) ble gitt ansvaret for helsesiden.

De tre oppdragsgiverne, MD, SFT og Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd (NTNF), utpekte en styringsgruppe som hadde det administrative og koordinerende ansvar.

De to instituttene, Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa) utpekte hver sin prosjektleder, Ph.D., Dr.-es-Sc. Jocelyne Clench-Aas, NILU og cand.med., cand.real. Gunnar Bjercknes Haugen, Folkehelsa.

Norsk regnesentral (NR) har deltatt aktivt i prosjektet innen sitt spesialfelt, og vi takker for denne støtten.

Likeledes vil vi takke Telemark sentralsjukehus (TSS) i Skien og i Porsgrunn for den faglige og praktiske hjelp vi har fått.

Videre takker vi TELELAB A/S og SFT kontrollseksjon i nedre Telemark for godt samarbeid og hjelp under feltarbeidet.

Under feltarbeidet deltok en lang rekke medarbeidere som har sin del av æren for at denne del av arbeidet ble greit gjennomført. De to samarbeidende instituttene vil gjerne få takke disse spesielt. Deres navn og arbeidsoppgaver er spesifisert i kapittel 13 bak i rapporten.

Styringsgruppen

Sigurd Hagen (formann) Lasse Hansen (til 1.1.91) Erik Dybing
Sverre Langård (fra 17.4.91)

INNHold

	FORORD	1
	SAMMENDRAG	7
1	INNLEDNING O.F. Skogvold, L.S. Bakketeig	13
	1.1 Bakgrunn - tidligere undersøkelser	13
	1.2 Mål	15
	1.3 Organisasjon	15
	1.4 Publisering av resultatene	16
2	BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSEN J. Clench-Aas, G. Bjercknes-Haugen	17
	2.1 Innledning	17
	2.2 Beskrivelse av det geografiske området	20
	2.3 Generell beskrivelse av undersøkelsens utforming	21
	2.4 Bestemmelse av størrelse av studiepopulasjonen .	25
3	REPRESENTATIVITET OG BAKGRUNNSDATA FOR DE VALGTE UNDERSØKELSESGRUPPENE G. Bjercknes-Haugen, S.O. Samuelsen	29
	3.1 Studiepopulasjonene	30
	3.1.1 Demografiske og sosioøkonomiske variable	30
	3.1.2 Klinisk/fysiologiske variable	35
	3.1.3 Frafall	37
	3.2 Voksne deltakere med kjent lungesykdom	37
	3.2.1 Sosioøkonomiske variable	39
	3.2.2 Klinisk/fysiologiske variable	39
	3.2.3 Frafall	42
	3.3 Barn med kjent lungesykdom	42
	3.3.1 Sosioøkonomiske variable	42
	3.3.2 Klinisk/fysiologiske variable	43
	3.3.3 Frafall	43
	3.4 Konklusjon	43
4	MÅLINGER AV METEOROLOGISKE FORHOLD OG LUFTKVALITET L.O. Hagen, K. Hoem	45
	4.1 Måleprogram for meteorologiske forhold og luftkvalitet	45
	4.2 Resultater	48
	4.2.1 Meteorologiske forhold	48
	4.2.2 Luftkvalitet	50
	4.3 Konklusjon	55
5	BESKRIVELSE AV LUFTFORURENSENDE UTSLIPP I OMRÅDET I. Haugsbakk, K.E. Grønskei	57
	5.1 Generell oversikt	57
	5.2 Industrielle utslipp	58
	5.3 Utslipp fra husoppvarming og småindustri	59

5.4	Utslipp fra biltrafikken	60
5.5	Utslipp fra skipstrafikken	60
5.6	Samlet utslipp	61
5.7	Vedrørende anvendelsen av utslippsdata	61
6	RESULTATER AV INNE/UTE MÅLINGER O.-A. Braathen	63
6.1	Utvelgelse av målesteder	63
6.2	Måleprogram	63
6.3	Resultater	66
6.4	Grunnlag for eksponeringsberegninger	71
7	MODELLBEREGNINGER AV ROMLIGE KONSENTRASJONSFORDELINGER AV LUFTFORURENSNINGER K.E. Grønskei, S.E. Walker, F. Gram	79
7.1	Metode	79
7.2	Beskrivelse av beregningsmetodene	82
7.2.1	Konsentrasjonsbidrag fra lokale kilder (EPISODE)	82
7.2.2	Grensebetingelser	83
7.2.3	Korreksjoner av konsentrasjonsfordelinger basert på timevise målinger.....	85
7.3	Estimerte konsentrasjoner i luften som kommer inn i området (bakgrunnskonsentrasjoner)	87
7.4	Resultater og kontroll av beregningsmetodene .	89
7.4.1	Kontroll av beregningsmetodene for nitro- genoksider (NO _x)	89
7.4.2	Kontroll av beregningsmetodene for partikler (PM _{2.5})	95
7.4.3	Kontroll av beregningsmetodene for svovel- dioksid (SO ₂)	97
7.4.4	Oppsummering	97
7.5	Sulfat-, nitrat- og ozonkonsentrasjoner og kjemiske reaksjoner i luften i Grenland	99
7.6	Bruk av timevise konsentrasjonsdata til estimat av eksponering	100
8	BEREGNING AV INDIVIDUELL EKSPONERING FOR LUFTFORU- RENSNINGER J. Clench-Aas, A. Bartonova, A. Harstad, M.J. Aarnes	105
8.1	Beskrivelse av modellen for beregning av individuell eksponering	105
8.2	Tidsbruk basert på informasjon fra dagbokskjema	110
8.3	Beregnet eksponering for ulike luftforu- rensende stoffer i Grenland	113
8.3.1	Variasjon fra dag til dag i eksponerings- nivåene	113
8.3.2	Døgnvariasjon og årstidsvariasjon av eksponering	113
8.3.3	Ulike befolkningsgruppers variasjoner i eksponering for luftforurensning	118
8.3.4	Variasjon med mikro-miljø	118

8.4	Sammenlikning mellom beregnet time-, 8-timer- og døgneksponeering, stasjonære måleresultater og retningslinjer for uteluftkvalitet	119
8.5	Samvariasjon mellom luftkomponenter	121
8.6	Bruken av beregnete estimater i vurdering av helseeffekter av luftforurensning	126
9	BESKRIVELSE AV EGEN-RAPPORTERTE HELSEDATA A. Bartonova, J.Clench-Aas, M.J.Aarnes, G. Bjerkneshaugen, S.O. Samuelsen, L.S. Bakketeig	127
9.1	Forekomst og varighet av symptomer hos studiepopulasjonen og hos lungesyke voksne	128
9.2	Forekomst og varighet av responser m.h.t. forskjellige faktorer	135
9.2.1	Karakterisering av deltakerpopulasjonen basert på biologiske faktorer	135
9.2.2	Karakterisering av deltakerpopulasjonen basert på biologiske faktorer	139
9.2.3	Karakterisering av deltakerpopulasjonen basert på fysiske omgivelser	139
9.3	Døgn- og årstidsvariasjoner i rapporterte symptomer	141
9.4	Rapportering m.h.t. tid på døgnet og aktivitet	144
9.5	Hyppighet og varighet i rapportering av sykdom, feber, alkoholbruk og medikamentbruk .	144
9.6	Sammenhenger mellom rapporterte symptomer	146
9.7	Konklusjoner	148
10	BESKRIVELSE AV OBJEKTIVE HELSEDATA FOR DELTAKERNE G. Bjerkneshaugen, S.O. Samuelsen, O. Aalen, J. Clench-Aas, A. Bartonova, M.J. Aarnes, L.S. Bakketeig	153
10.1	Klinisk undersøkelse	153
10.2	Spirometeri	154
10.2.1	Beskrivelse av målinger	154
10.2.2	Statistisk analyse	155
10.3	Blodprøver	163
10.3.1	Karboksihemoglobin	163
10.3.1.1	Analyse av COHb mot antall sigaretter pr dag registrert på dagbokskjema	164
10.3.2	Senkningsreaksjon (SR)	166
10.3.3	Hemoglobin (Hb)	167
10.4	Urinundersøkelser	167
10.5	Mikrobiologiske undersøkelser	168
10.6	Daglige PEF-målinger	168
10.6.1	Oppfølging over døgnet	169
10.6.2	Variasjon i PEF over døgnet	169
10.6.3	Oppfølging over uken	172
10.6.4	Variasjon i PEF over uken	172
10.6.5	Oppfølging over sommer- og vinterperiodene	174
10.6.6	Variasjon i PEF-nivå over vinter- og sommerperiodene	175
10.6.7	Sammenligninger mellom daglige PEF-målinger og PEF-målinger fra 14-dagerskontrollene	176
10.6.8	Konklusjon og sammendrag	179

11	VIRKNINGER AV LUFTFORURENSNINGER PÅ MENNESKERS OPPFATNING AV EGEN HELSE J. Clench-Aas, A. Bartonova, G. Bjerknæs-Haugen, N.L. Hjort, K. Halvorsen, S.O. Samuelsen, L.S. Bakketeig	181
11.1	Innledning	181
11.2	Oversikt over tidligere undersøkelser	183
11.2.1	Dyreforsøk	185
11.2.2	Tverrsnitts- og kammerforsøk	187
11.2.3	Kohortundersøkelser	190
11.3	Metoder	194
11.3.1	Statistisk modell	194
11.3.2	Komprimering av data	195
11.3.3	Uavhengige variable i modellen	197
11.3.4	Autokorrelasjon	202
11.3.5	Statistisk signifikans	204
11.4	Resultater - kumulerte symptomer av helseeffekt	205
11.5	Resultater av sammenhengen mellom eksponering for luftforurensning og de individuelle symp- tomer av helseeffekt	211
11.5.1	Symptomer på ubehag	218
11.5.2	Symptomer fra øvre luftveier	218
11.5.3	Symptomer fra nedre luftveier	229
11.5.4	Symptomer på nedsatt allmenntilstand	229
11.5.5	Symptomer på stress og tretthet	229
11.6	Analyse av helseeffekt av luftforurensninger ved å bruke M-mikro-komprimeringsmetoden	230
11.7	Resultater av sammenhengen mellom eksponering for luftforurensning det siste døgn og indi- viduelle helseeffekter	230
11.8	Diskusjon	234
11.9	Konklusjon	255
12	VIRKNINGER AV LUFTFORURENSNINGER PÅ OBJEKTIVE HELSE- PARAMETERE S.O. Samuelsen, G. Bjerknæs-Haugen, J. Clench-Aas, A. Bartonova, N.L. Hjort, L.S. Bakketeig	259
12.1	Innledning	259
12.2	Statistisk metode	260
12.3	Regresjonsmodellen	264
12.4	Resultater	265
12.5	Diskusjon	270
12.6	Konklusjon	272
13	ETTERORD L.S. Bakketeig, O.F. Skogvold	273
14	MEDARBEIDERE I PROSJEKTET	277
15	FORKORTELSER OG DEFINISJONER	281
16	REFERANSER	285
	PUBLIKASJONER OM GRENLANDSPROSJEKTET	292
	PLANLAGTE NILU-RAPPORTER	293

SAMMENDRAG

Luften i Grenland inneholder en rekke forskjellige komponenter som svoveldioksid, nitrogenoksider, ozon, hydrokarboner og partikulære forbindelser, som bl.a. sure aerosoler. Disse stammer fra industri, trafikk og boligoppvarming. Utslippskildene er lokalisert i bunnen av dalføret. I tillegg finnes langtransporterte luftforurensninger som har kilder utenfor området.

En tverrsnittundersøkelse av sammenhengen mellom helsevirkninger og luftforurensninger ble gjennomført første gang i 1979. Resultatene fra denne undersøkelsen førte til at Miljøverndepartement (MD) og Statens forurensningstilsyn (SFT) i 1986 bevilget midler til planlegging av en videreføring av helseundersøkelsen i området.

Grenlandsprosjektet startet våren 1987 og har vært et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa). Prosjektet har vært finansiert av MD, SFT og Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd (NTNF), og er gjennomført i nært samarbeid med lokale myndigheter.

Prosjektets mål var å undersøke om enkelte luftforurensningskomponenter eller kombinasjoner av disse har korttidsvirkninger på menneskers helse og trivsel i Skien/Porsgrunn-området.

KOHORTSTUDIE

En kohortundersøkelsesmetode ble valgt for å følge tre utvalgte grupper deltakere gjennom to måneder i januar-mars og to måneder i april-juni 1988. I de samme periodene ble det gjort målinger og beregninger av luftkvaliteten i området. Tidsperiodene ble valgt for å dekke årstidsvariasjoner i luftforurensningenes nivå og sammensetning. Deltakerne ble fulgt opp time for time hver dag ved hjelp av egenføring av en dagbok. De tre gruppene var:

1. Studiepopulasjon - personer i alderen 18-75 år rekruttert fra en gruppe på 800 trukket tilfeldig fra Folkeregisteret, ialt 312 personer.
2. Lungesyke voksne - personer i alderen 18-75 år med kjent lungelidelse som hadde vart i minst ett år, ialt 67 personer.
3. Lungesyke barn - personer i alderen 4 - 18 år med kjent lungelidelse som hadde vart i minst ett år, ialt 18 barn og ungdommer.

Personer med kjent lungelidelse ble valgt fordi de var forventet å være spesielt følsomme for visse luftforurensninger.

Fire ganger daglig gjennomførte deltakerne selv målinger av toppstrøms hastighet (PEF) som et uttrykk for lungefunksjon. Deltakerne møtte hver 14. dag til kontroll hvor det ble gjort mer utførlige lungefunksjonsmålinger og levert urinprøver, og det ble ved en del kontroller også tatt blodprøver og bakteriologiske prøver.

Deltakerne oppga for hver time på et dagbokskjema om de var plaget av et sett av 17 subjektive effektvariable som avspeilet ubehagsfølelse, øvre og nedre luftveissymptomer, uspesifikke tegn på nedsatt allmentilstand og stressrelaterte symptomer. Deltakerne indikerte også hvordan de følte dagsformen var, angav aktiv og passiv røyking, og eventuelt medikamentforbruk.

LUFTKVALITET OG EKSPONERING

Hovedkildene til luftforurensning i Grenland er industriutslipp, biltrafikk, husoppvarming og skipstrafikk. Vinteren 1988 var luftforurensningene lavere enn tidligere år på grunn av en relativt mild vinter. Høyere nivåer av flere typer luftforurensninger observeres vanligvis på kalde, klare dager (inversjon), men denne vinteren var det få slike situasjoner.

I de to undersøkelsesperiodene ble det gjort målinger av meteorologiske forhold og luftkvalitet utendørs ved 9 målesteder i området. Målingene omfattet bl.a. svoveldioksid, nitrogenoksider, ozon, sulfat, nitrat og partikler.

Det ble også benyttet en mobil enhet som målte luftkvaliteten innendørs og utendørs i 15 representative boliger i området. Data om luftforurensende utslipp fra industri og fra biltrafikk ble kartlagt. Ved hjelp av modeller som beskriver spredningsforhold, ble det beregnet timevise konsentrasjoner av forskjellige komponenter for hver kvadratkilometer i undersøkelsesområdet. Beregnede konsentrasjonene ble korrigert med målte verdier.

De korrigerte konsentrasjonsfordelinger dannet grunnlaget for å estimere individuelle eksponeringer for deltakerne i prosjektet. For hver time og for hver deltaker ble det beregnet eksponering for hver enkelt komponent basert på informasjon fra dagbøkene om hvor de enkelte befant seg på ethvert tidspunkt.

RESULTATER, HELSE/LUFTKVALITET

Det kan ikke dokumenteres noen overbevisende sammenhenger mellom målinger av toppstrøms hastighet (PEF) og ulike forureningskomponenter verken hos studiepopulasjon eller lungesyke voksne og barn.

Studiepopulasjonen viser flere samvariasjoner mellom rapportering av de subjektive helseeffektparametrene og luftforureningseksponering enn de lungesyke voksne. Gruppen av lungesyke var muligens ikke ensartet nok p.g.a. lite stringente utvelgelseskriterier. Videre kan medisinformbruk ha gjort det vanskelig å oppdage effekter i den gruppen. Diskusjonen nedenfor omfatter derfor bare studiepopulasjonen.

For vinterperioden viser statistiske analyser av selv-rapporterte opplysninger om symptomer på nedsatt helse en sammenheng

mellom symptomer fra de øvre luftveier og nitrat. Om sommeren tyder data på en sammenheng mellom nitrat og ubehagsfølelse, øvre og nedre luftveissymptomer, og symptomer på nedsatt allmenntilstand. Nitrat stammer fra lokale kilder (Herøya) og fra langtransporterte forurensninger.

Om vinteren synes ozon å være assosiert med symptomer fra både øvre og nedre luftveier, og om sommeren med symptomer fra nedre luftveier, tretthet og ubehagsfølelse.

I tillegg til de avdekkede sammenhenger mellom nitrat og ozon og de angitte subjektive helseparametre, er det også funnet visse svakere samvariasjoner med sulfat, finfraksjonen av svevestøv, svoveldioksid, nitrogenoksider, og klor og noen av de subjektive helseparametre. I tillegg var det utslag på alle helseparametre fra pollen om sommeren.

I analysen framstår en undergruppe individer i studiepopulasjonen som har en signifikant sammenheng mellom symptomforekomst og eksponering for luftforurensning. Disse individer kan betraktes som følsomme for luftforurensningen i Grenland. Samlet utgjør disse individene fra én til femten prosent av studiepopulasjonen, avhengig av effektvariabel og forurensningsparameter. Videre arbeid er nødvendig for å kunne beskrive denne gruppen mer tilfredstillende.

EFFEKTNIVÅER

Ved å bruke gjennomsnittet av regresjonskoeffisienter for alle i studiepopulasjonen som registrerte en gitt effektvariabel, kan en regne ut det eksponeringsnivået for luftforurensning som er knyttet til en økning i symptomrapportering som indikerer helseeffekt. Nivåene for de forskjellige forurensninger som er knyttet til en 50% økning av sjansen for å registrere et symptom, er beregnet og brukt for å karakterisere denne økningen. Hele populasjonen og de spesielt følsomme personene er studert, og de beregnede nivåene (konsentrasjonene) er sam-

menlignet med norske og internasjonale forslag til retningslinjer for luftkvalitet.

Resultatene viser at det registreres visse symptomer, spesielt for den følsomme gruppen, allerede på nivåer en del under de anbefalte retningslinjer.

1 INNLEDNING

O.F. Skogvold og L.S. Bakketeig

1.1 BAKGRUNN - TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Grenlandsområdet (Skien/Porsgrunn) i Telemark er et meget industrialisert område med petrokjemisk industri og med produksjon av bl.a. kunstgjødsel, sement, magnesium, ferrosilisium og papir.

Fabrikkene ligger i et 15 km langt og 3 km bredt dalføre. Luftforurensningene i området innbefatter en rekke komponenter slike som svoveldioksid, nitrogenoksider, hydrokarboner og partikler. Det er to større sentra i området, nemlig Skien med Union Bruk A/S og Porsgrunn med bl.a. Norsk Hydros bedrifter på Herøya.

En undersøkelse som fokuserte på sammenhengen mellom luftforurensninger og mulige helseeffekter ble foretatt av NILU i Skien/Porsgrunn i 1979. I den undersøkelsen ble ca. 5 800 mennesker intervjuet og deres helsetilstand ble relatert til luftforurensningene i området, og hver enkelt ble registrert for alder, kjønn og røykevaner. Området ble inndelt i fire mindre delområder som ble antatt å representere forskjellige belastninger av luftforurensninger. I tillegg ble to delområder i en nærliggende by (Larvik) nyttet som kontrollområde.

Resultatene fra denne forstudien indikerte at luftforurensninger kunne gi effekter på folks helse og trivsel. Dette gjaldt først og fremst luftveislidelser og hodepine. Mest fremtredende var dette hos kvinner (Siem og Skogvold, 1981). Undersøkelsen tok primært sikte på å undersøke luftforurensning og helsetilstander 14 dager forut for intervjuet. Det var en tendens til øket forekomst av astma hos barn og bronkitt hos voksne i de mest forurensede områdene.

Andre undersøkelser støtter dette. Statens skjermbildeundersøkelser (nå Statens helseundersøkelser) har foretatt undersøkelser i en rekke fylker i Norge som viser en sammenheng mellom luftforurensning, spesielt svoveldioksid, hosting og slim hos voksne menn (Bjartveit et al., 1983). En mindre undersøkelse i Skien (Claussen og Oland, 1981) indikerte de samme forhold.

Menneskers eksponering for luftforurensninger avhenger av konsentrasjonene både utendørs og innendørs. Luftkvaliteten kan ha betydning for utvikling av en rekke sykdommer som f.eks. astma, kreft og hjerte-/kar- og lungesykdommer.

Undersøkelser av helseeffekter som kan skyldes luftforurensninger er kostbare og tidkrevende. Det er derfor viktig først å undersøke hva som er gjort i andre land for å se om en kan vente å finne effekter f.eks. i Grenlandsområdet. Det viser seg at for enkelte komponenter har konsentrasjonene i Grenland vært målt like høye eller høyere enn de nivåer som har gitt helseeffekter i andre undersøkelser. Det henvises for øvrig til kap. 11.3, hvor det er gitt en fyldig litteraturoversikt.

Forundersøkelsen i 1979 kunne ikke si noe om hvilke komponenter som forårsaket helseeffektene. For å bringe dette på det rene ble det denne gang planlagt en mer detaljert undersøkelse for å skille effektene fra luftforurensning fra andre mulige forklaringsfaktorer, som alder, kjønn, røykevaner, utdanningsnivå, kosthold etc.

I tillegg til friske mennesker skulle undersøkelsen omfatte de befolkningsgrupper som sannsynligvis var mest utsatte, som f.eks. barn, gamle og de med luftveissykdommer. Det var flere mulige veier å gå, men en valgte å bruke en kohort-undersøkelse hvor hver deltaker skulle være sin egen kontroll. I tillegg ble måleprogrammet av luftforurensninger i området vesentlig utvidet og brukt i modellering av den romlige fordelingen av luftforurensningene, sammen med kunnskap om utslipp av de forskjellige luftforurensningskomponentene.

1.2 MÅL

Prosjektets formål var å undersøke om enkelte eller kombinasjoner av luftforurensninger har korttidsvirkninger på menneskers helse og trivsel i Skien/Porsgrunn-området.

De spørsmål som skulle klarlegges var:

- 1) Har enkelte luftforureningskomponenter som SO_2 , NO_x , O_3 , partikler, SO_4 etc. målbare korttidsvirkninger på menneskers helse og trivsel?
- 2) Hvilke kombinasjoner av luftforurensninger og meteorologiske parametere har effekt på menneskers helse og trivsel?

1.3 ORGANISASJON

Prosjektet ble ledet av en Styringsgruppe som bestod av følgende medlemmer:

Sigurd Hagen, formann, Statens forurensningstilsyn
Jan Lasse Hansen, Miljøverndepartementet
Erik Dybing, Norges teknisk-vitenskapelige forskningsråd/
Norges almenvitenskapelige forskningsråd.

F.o.m. 17.4.1991 tiltrådte avdelingsoverlege Sverre Langård, yrkesmedisinsk avdeling, Telemark sentralsjukehus, Styringsgruppen etter dennes anmodning.

Styringsgruppen representerte de tre hovedoppdragsgiverne. I tillegg deltok Jocelyne Clench-Aas, NILU og Gunnar Bjerkneshaugen, Folkehelse i møtene i egenskap av prosjektledere for de to samarbeidende forskningsinstitusjonene. Videre deltok Odd F. Skogvold (NILU) og Leiv S. Bakketeig (Folkehelse) fra ledelsen ved de samme to institusjonene.

En gruppe eksperter og representanter fra de lokale myndighetene i Telemark utgjorde en rådgivende kontaktgruppe for Styringsgruppen.

Norsk regnesentral har vært nyttet som rådgiver i en del statistiske spørsmål.

NILU var ansvarlig for luftmålingene innen- og utendørs, innsamling av informasjon om utslipp og bearbeidelse av forureningsdata.

Folkehelsa var ansvarlig for gjennomføring av den medisinske delen av prosjektet som inkluderte bl.a. valg av deltakere, valg av inklusjons- og eksklusjonskriteriene, testing av helse- og lungefunksjon og oppfølging av deltakerne gjennom undersøkelsen.

Analyseoppgaver og rapportskrivning ble delt mellom de to instituttene.

1.4 PUBLISERING AV RESULTATENE

Resultatene er publisert i spesielle rapporter på norsk og engelsk og er opplistet under "Referanser" i denne rapporten. Etter at dette prosjektet er avsluttet, vil resultater bli presentert på seminarer og kongresser både i Norge og i utlandet, i tillegg til artikler i vitenskapelige publikasjoner.

2 BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSEN

J. Clench-Aas, G. Bjercknes-Haugen

2.1 INNLEDNING

Det har lenge vært kjent at luftforurensning kan føre til økt sykkelighet og dødelighet blant mennesker. I Donora i Pennsylvania i 1948 førte en periode med høy luftforurensning til at halvparten av en befolkning på 12.000 ble syke og at 20 døde (ventet dødelighet i perioden var 2,0). I 1952 førte en episode i London med høye konsentrasjoner av SO₂ (3,8 mg/m³) og sot (4,5 mg/m³) til 4.000 flere dødsfall enn ventet i perioden (Brinton, 1949; Schrenk et al., 1949; Wilkens, 1954). Disse hendelsene reflekterer imidlertid eksponering for ekstremt høye konsentrasjoner av spesielle komponenter.

Det har vært vanskeligere å påvise at eksponering for lave konsentrasjoner av luftforurensninger kan gi helseskader hos eksponerte mennesker. Det første og grunnleggende problemet er å finne en klar definisjon av begrepet "helse". WHO (Verdens helseorganisasjon) definerer sunnhet som en "tilstand med totalt fysisk, psykisk og sosialt velvære, og ikke bare som et fravær av sykdom eller skade" (WHO, 1985). Det er en naturlig følge av denne definisjonen at slike helseskader også omfatter redusert fysisk, psykisk og sosialt velvære.

Helseskadelige virkninger kan f.eks. være økt dødelighet eller sykkelighet. Biologiske forandringer, f.eks. i lungefunksjon, har ofte vært rapportert etter eksponering for luftforurensninger. Økt forekomst av sykdomsymptomer, som f.eks. hoste eller piping i brystet, eller ganske enkelt generelle subjektive symptomer, som f.eks. hodepine, såre øyne og tretthet, har kun blitt studert de senere årene. Fordi slike symptomer opptrer blant mange flere mennesker enn de mer alvorlige helseproblemene, har betydningen av å kunne dokumentere dem vært økende (American Thoracic Society, 1985). Ved undersøkel-

ser av subjektiv helseoppfatning ligger det en utfordring i å finne måter å kunne skille virkninger av luftforurensninger fra andre sykdomsbestemmende faktorer, som f.eks. alder, røykevaner, ernæring og arvelige forhold.

I undersøkelser av mulige helseskader av luftforurensninger kan man konsentrere seg om akutte eller kortvarige virkninger eller man kan velge å studere kroniske virkninger. Akutte virkninger kan utvikle seg til kroniske lidelser dersom de ikke er helt reversible eller hvis påvirkningen vedvarer i lang tid.

Retningslinjer for uteluftkvalitet er fastsatt for å sikre, med en viss sikkerhetsmargin, at så lenge konsentrasjonene av forurensning er under disse retningslinjene, skal den generelle befolkningens helse være upåvirket.

Luftforurensningen i et område er sammensatt både av utslipp fra lokale kilder og av langtransporterte forurensninger. I byer og industristeder er det vanligvis de lokale kildene som dominerer. Lokale kilder består primært av utslipp fra industri, biltrafikk og husoppvarming. De viktigste komponentene (SO_2 , NO_2 , CO) varierer mer på grunn av lokalisering av utslippene og av meteorologiske forhold enn sekundære komponenter (sulfater og nitrater), som er av mer regional karakter. Det er derfor viktig at luftkvalitetsmålinger fanger opp disse store variasjonene.

Som omtalt i kapittel 1 ble det i 1979 gjennomført en undersøkelse i Grenlandsområdet, som indikerte at luftforurensninger førte til mulige helseskader. Forurensningen så særlig ut til å påvirke symptomer fra luftveiene, som f.eks. hoste og piping i brystet. Imidlertid ble det funnet flere tilfeller av hodepine blant deltakerne i de mest forurensete områdene. Studien ble gjort som tverrsnittsundersøkelse. Liknende resultater er senere funnet i en tverrsnittsundersøkelse utført i et sterkt trafikkert område i Oslo (Clench-Aas, et al., 1989, 1991).

Som vanlig i slike studier var det i den første Grenlandsundersøkelsen umulig å avgjøre med sikkerhet om virkningene virkelig var forårsaket av luftforurensninger, eller om de var uttrykk for andre faktorer - som alder eller sosio-økonomiske forhold. Dersom de påviste virkningene skyldtes luftforurensninger var det i så fall umulig å identifisere hvilke forbindelser som var årsakene, og dessuten å kvantifisere ved hvilke konsentrasjoner virkninger oppstod.

En oppfølgende undersøkelse i Grenlandsområdet ble derfor planlagt, med formål å identifisere hvilke forbindelser eller bestanddeler som evt. forårsaker helseskadelige virkninger i befolkningen. Om mulig ville man også søke å komme fram til hvilke terskelkonsentrasjoner som var nødvendige for å gi målbare helseskader. En kohortstudie, hvor en gruppe individer følges gjennom tid, skulle kunne være en egnet metode til å undersøke dette problemet. Siden hver person kunne være sin egen kontroll kan problemer med forstyrrende faktorer reduseres. Det ble planlagt å følge to grupper; én gruppe med kjent lungesykdom og én tilfeldig valgt gruppe, representativ for befolkningen i området. Siden forurensningene i området stammer fra forskjellige kilder, ble det antatt at komponentene varierte uavhengig av hverandre. Det skulle dermed være mulig å identifisere og kvantifisere de enkelte komponentene.

I de seneste årene har det vært en økende interesse for å beskrive eksponering for luftforurensning, det vil si hvilke konsentrasjoner av forurensende komponenter enkelte personer er eksponert for over gitte tidsrom. For å gjøre dette er det nødvendig å identifisere og måle konsentrasjonene av de forskjellige komponentene i de mikromiljøene der befolkningen oppholder seg. Et mikromiljø kan være på et fortau, inne i en bil, inne i et hus, utendørs i en hage, osv. Konsentrasjoner innendørs kan være vesentlig forskjellige fra konsentrasjoner utendørs og mennesker kan tilbringe omkring 90% av tiden inne. Dessuten kan den enkelte være eksponert for helt andre komponenter innendørs enn utendørs, f.eks. på grunn av tobakksrøyking, bygningsmaterialer, fyring i ovn eller åpen peis, osv. Opphold i et gate-

miljø kan gi eksponering vesentlig forskjellig fra opphold i en park.

Den beste metoden for å kartlegge individuell eksponering er å bruke bærbart prøvetakingsutstyr. Bruk av slikt utstyr begrenser antall komponenter som kan undersøkes og tidsrommet for hvor lenge hver person kan følges, dessuten antas det å påvirke deltakernes daglige rutine. I denne undersøkelsen ble det derfor valgt å estimere eksponeringen ved å bruke dagbokmetoden, opprinnelig beskrevet av Duan (1982). Denne metoden går ut på å beregne konsentrasjoner i forskjellige mikromiljøer, for så å følge hver persons bevegelser gjennom disse mikromiljøene.

2.2 BESKRIVELSE AV DET GEOGRAFISKE OMRÅDET

Hoveddalføret i Skien-Porsgrunnsområdet ligger i nordvest-sørøstlig retning (se figur 4.1). Topografien i området, kombinert med klimatiske forhold, kan skape lokale inversjoner med dårlige spredningsforhold. Dette er spesielt tilfelle i vinter-netter. Om sommeren vil land-sjøbrisforholdene lede vinden opp dalen om dagen og ut mot fjorden om natten.

De to viktigste områdene med industriutslipp i Grenlandsområdet er i Skien (treforedling), og på Herøya (petrokjemisk og kjemisk industri, magnesium og ferrosilisiumproduksjon). Utslipp fra Herøya inkluderer ammoniakk, klor, salpetersyre, nitrogenoksider og partikler. Det er i tillegg en sementfabrikk i Brevik. Andre kilder til forurensning i området er langtransporterte forurensninger og trafikk.

De forbindelsene som vanligvis beskrives som forurensninger i området er: svoveldioksid, nitrogenoksider, karbonmonoksid, hydrokarboner, fotokjemiske oksidanter som ozon og peroksiacetylnitrat (PAN), metaller (mangan, bly, kvikksølv), sulfater, nitrater, partikler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og spor etter klorerte organiske forbindelser.

Disdannelsen som gir redusert sikt, er et kjent fenomen i Grenland. Industrielle utslipp av saltsyre, ammoniakk og klor kan føre til disdannelse, selv når luftfuktigheten i området ikke er tilstrekkelig høy til at vanlig tåke dannes. Disen som dannes fra de industrielle utslippene ledsages ofte av en industrilukt som lokalbefolkningen synes er plagsom. Fenomenet med disdannelse opptrer i praksis bare på varme dager i forbindelse med land-sjøbrisen i området, fortrinnsvis i juli og august. Om vinteren opptrer industriell disdannelse i praksis ikke.

2.3 GENERELL BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSENS UTFORMING

En kohortundersøkelse ble valgt som den antatt mest egnete metode for å studere korttidsvirkninger av luftforurensninger på helsa hos mennesker. Den beste arbeidsmåten var tenkt å studere mulige sammenhenger mellom individuell eksponering for et sett av luftforurensningskomponenter og helsetilstand på timebasis.

Kohortstudien ble utformet slik at de to befolkningsgruppene ble fulgt time for time i to måneder om vinteren (januar til mars) og to måneder på våren/sommeren (april til juni). Man valgte at den ene befolkningsgruppen skulle være en gruppe med kjent lungesykdom (85 personer), den andre gruppen var et tilfeldig uttrukket utvalg av befolkningen i området (312 individer) (se kapittel 3 for nærmere beskrivelse av utvelgelseskriterier). Nødvendig størrelse på befolkningsgruppene ble bestemt ved statistiske metoder som er beskrevet i punktet 2.4. Oversikt over arbeidet i felt finnes i Anonymous, 1989.

Hver deltaker beskrev på timebasis, ved hjelp av en spesiell dagbok, hvor vedkommende befant seg og om vedkommende var plaget av ett eller flere av et sett av symptomer (se figur 2.1). Hver deltaker noterte også helsetilstand og medikament-

DATO: DITT I.D.NR.:

HVOR ER DU?	24	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Hvor er du (bruk kode)																									
Er du inne																									
Er vinduet åpent der du er																									
Er du utendørs																									
HVA GJØR DU?	24	03	06	09	12	15	18	21	24																
Sover																									
Daglige gjøremål																									
Hardt arbeid/trening																									
HAR DU REIST? (antall minutter)	03	06	09	12	15	18	21	24																	
Mye trafikkert																									
Middels trafikkert																									
Lite trafikkert																									
HAR DU HANDLET E.L. (antall minutter)	06	09	12	15	18	21	24																		
I Skien																									
I Porsgrunn																									
Andre steder																									
RØYKING	24	03	06	09	12	15	18	21	24																
Røkte selv (antall)																									
Passiv røyking																									
HELSE OG TRIVSEL	24	03	06	09	12	15	18	21	24																
Sjenerende støy																									
Sjenerende lukt																									
Sjenerende industriroyk																									
Hodepine																									
Svimmelhet																									
Kvalm/uvel																									
Rennende/sviende øyne																									
Nysing/rennende nese																									
Feberfølelse																									
Halsirritasjon																									
Hoste																									
Piping/tett i brystet																									
Tungpustethet																									
Muskelsmerter (nakke/rygg)																									
Magesmerter																									
Nervøs/urolig																									
Sliten/slapp																									

Figur 2.1: Dagbokskjemaet som ble brukt i undersøkelsen.

DAGSFORM

Hvordan har du følt deg i dag? Skriv et tall mellom 1 (dårlig) og 5 (veldig bra)

LUNGEFUNKSJONSTEST

Prøv tre ganger, notér det høyeste

Omtrent kl.	Klokkeslett	Resultat
08.00		
12.00		
16.00		
20.00		

ALMENTILSTAND

Har du vært syk i dag? Ja

Sykmelding Egenmelding

Har du hatt feber i dag? Ja

Har du hatt mer oppspytt enn vanlig? Ja

Hvilken farge har det? Gult/grønt

Blankt/hvitt

Har du drukket alkohol i dag? Ja

FORURENSNINGSBELASTENDE GJØREMÅL

Har du i løpet av dagen blitt utsatt for uvanlig mye støv, røyk, damp eller lignende? (F.eks. hvis du har holdt på med oppussing, maling, lakking, teppebanking, preparering av ski, bråtebrenning, tømning av støvsugerpose m.m.). Hvis ja, skriv her hva slags gjøremål dette var. Skriv også klokkeslettet.

Gjøremål	Klokkeslett

MEDISINER/MEDIKAMENTER

Skriv her navnene på de medisinene/medikamentene du har tatt ekstra i dag. Skriv også styrken, mengden og klokkeslettet du tok dem.

Navn på medisin/medikament	Styrke	Mengde	Klokkeslett	Ikke skriv her

Du behøver ikke skrive om du har tatt vitaminer, jern, fibertabletter, tran eller andre kosttilskudd.

Figur 2.2: Side 2 av dagbokskjemaet.

forbruk på daglig basis (se figur 2.2). I tillegg til å rapportere subjektive symptomer, målte hver deltaker sin toppstrøms-hastighet (PEF) fire ganger daglig ved hjelp av et "Mini-Wright Peak Flow Meter" (se kapittel 10).

De antatt mest betydningsfulle komponentene som ble målt i luft var SO_2 , NO_2 , NO_x , O_3 , SO_4 , NO_3 , Cl_x , svevestøv (finfraksjon) og pollen. Lokalisering av målestasjonene for luftkvalitet og meteorologiske parametere er vist i figur 4.1. Måleprogrammet er beskrevet sammen med resultatene av luftkvalitetsmålingene i kapittel 4.

Den største vanskeligheten ved beregning av eksponering er at deltakere forflytter seg omkring og at konsentrasjoner av eksponeringsfaktorene kan variere mye lokalt. For å ta hensyn til dette ble modellberegninger av eksponeringen i hele studieområdet tatt inn i undersøkelsen (se kapittel 8). Modellen for beregningene av eksponering er basert på informasjon om utslipp, kombinert med informasjon om meteorologiske forhold i området (se kapittel 4). En detaljert utslippsoversikt ble utarbeidet over alle de antatt mest betydningsfulle kilder i området (se kapittel 5). De beregnete konsentrasjonene av hver komponent ble korrigert ved hjelp av de målte verdiene i de fem kvadratkilometrene der målestasjonene var lokalisert (se kapittel 7).

Deltakerne ble antatt å tilbringe gjennomsnittlig mer enn 90% av tiden innendørs. Det er derfor av stor betydning å kjenne komponentene inne, og å kvantifisere hvor mye av forurensningene ute som trenger inn i bygningene, samt å identifisere mulige innendørs kilder til luftforurensning. I Norge brukes ikke gass til matlaging og oppvarming. Gassbrenning er derfor ingen innendørs kilde til nitrogenoksider. Den antatt mest betydningsfulle faktoren ved beregning av innendørs luftkvalitet for enkelte komponenter er tobakksrøyking. For å tallfeste andelen av utendørskonsentrasjonene som trenger inn i bygningene, i tillegg til innendørs konsentrasjoner som følge av kilder innendørs (f.eks. røyking), ble det gjort samtidige

målinger ute og inne i 15 hjem. Hvert sted ble det målt i tre dager, både i vinterperioden og i sommerperioden (se kapittel 6). Informasjonen fra disse delstudiene ble så kombinert i en eksponeringsmodell for luftforurensninger for å beregne timevis eksponering for hver komponent for hver deltaker (se kapittel 8).

Multiple regresjonsmetoder ble brukt for å studere sammenhengen mellom eksponering for luftforurensning og de rapporterte helse- og trivselssymptomene for hver time for hver deltaker. Regresjonskoeffisientene som framkom ved denne metoden for hver person ble studert ved å bruke en modifisert regresjonsanalyse for å påvise, på befolkningsnivå, hvilke komponenter som har en helsevirkning (se kapittel 11 og 12).

2.4 BESTEMMELSE AV STØRRELSE AV STUDIEPOPULASJONEN

Statistiske metoder kan brukes for å anslå antall individer nødvendige for studien. Den lungesyke gruppen er antatt å være en relativt homogen gruppe med responsrate høyere enn hos befolkningen generelt. Ved bruk av allerede innhentede data fra en liknende undersøkelse på astmatikere i Houston i Texas, USA (Holguin et al., 1985), var det anslått at den nødvendige størrelsen for gruppen av pasienter med obstruktiv lungesykdom burde være 80 (Clench-Aas et al., 1986).

Det var ønskelig å etablere en kontrollgruppe. Det ble bestemt at denne skulle representere hele befolkningen i Grenlandsområdet. Denne gruppen er antatt å ha en lavere klagefrekvens enn lungesyke, når det gjelder symptomer fra luftveiene. Derfor ble estimat for antall deltakere i homogene grupper i utvalget revurdert (Hjort, 1989).

For å forenkle situasjonen var eksponering for luftforurensning kategorisert, og man baserte seg på Poisson-type modell. Følgende to typer sammensetninger av eksponering ble vurdert:

- ofte dårlig situasjon, med hyppighet av "lav" eksponering 85%, hyppighet av "mellom"-eksponering 10% og av "høy" eksponering på 5%.
- stort sett bra situasjon, med hyppighet for "lav" eksponering 93%, "mellom"-eksponering 5% og "høy" eksponering 2%.

"Lav", "middels" og "høy" eksponering ble definert ut fra deres forventede kortvarige effekter på helse. La oss f.eks. betegne responsraten i lav-eksponeringssituasjonen som p_0 . To typer økning av helsemessig betydning i responsraten p_0 ble vurdert:

- lav effekt: responsrate p_0 i "lav", responsrate $1,5 p_0$ i "mellom" og $2 p_0$ i "høy" eksponering
- moderat effekt: responsrate p_0 i "lav", $2 p_0$ i "mellom" og $5 p_0$ i "høy" eksponering.

Videre har man antatt at hver deltaker blir i studien i 60 dager pr sammenhengende sesong.

Tabell 2.1 viser utvalgsstørrelser som er nødvendige for å påvise økning i responsrater i forskjellige situasjoner. Eksempler på responsratene p_0 ble hentet fra den tidligere Grenlandsundersøkelsen (Siem og Skogvold, 1981):

Tabell 2.1: Antall individer (N) nødvendig for å påvise kortvarige effekter i luftforurensning på subjektivt rapporterte symptomer (for forutsetningene, se tekst).

	Responsrate p_0			
	1%	2%	5%	10%
	N	N	N	N
Ofte dårlig situasjon:				
lav helsemessig effekt	800	400	160	80
moderat helsemessig effekt	159	80	32	16
Stort sett bra situasjon:				
lav helsemessig effekt	1818	910	364	182
moderat helsemessig effekt	375	188	75	38

Fire hundre deltakere i den befolkningsbaserte gruppen ble valgt etter vurdering av mulige situasjoner som kan forekomme.

Etter at deltakerne ble rekruttert var det i gruppen med kjent lungesykdom 17 barn og 67 voksne og i studiepopulasjonen basert på tilfeldig utvalg, 312 deltakere. For gruppedefinisjoner og beskrivelse, se kapittel 3.

3 REPRESENTATIVITET OG BAKGRUNNSDATA FOR DE VALGTE UNDERSØKELSESGRUPPENE

G. Bjerknæs-Haugen, S.O. Samuelsen

Ved valget av deltakere til Grenlandsprosjektet ønsket en å ta hensyn til flere forhold. En ønsket å undersøke om luftforurensning hadde skadevirkning hos befolkningen; en ønsket samtidig å undersøke en gruppe personer som kunne tenkes å være særlig følsomme for små endringer i luftforurensningene. En tok som utgangspunkt at personer med lungesykdom ville være særlig følsomme for endringer i luftforurensning, og at barn i denne undergruppen igjen var ekstra interessant å undersøke.

På denne bakgrunnen opprettet en tre grupper:

- voksne i alderen 18 - 75 år tilfeldig trukket ut fra Folkeregisteret i et begrenset bo-område som tilsvarte de områdene som en antok var mest belastet og hvor en mente å ha mulighet for tjenelige eksponeringsdata (fra Brevik og oppdalføret til Skien, se figur 3.1). Denne gruppen ble betegnet Studiepopulasjon.
- voksne i alderen 18 - 75 år med kjent lungesykdom.
- barn i alderen 4 - 18 år med kjent lungesykdom/allergi.

For å vurdere representativitet og andre bakgrunnsdata for de valgte gruppene har en gått ut fra folke- og boligtellingsdata i 1980 for kommunene Skien og Porsgrunn. Videre har man brukt klinisk-kjemisk/hematologiske/urinmessige referanseverdier for Valentin Fürsts laboratorium (1983) som baserer seg på et norsk normalt materiale, og ventete spirometriverdier slik de er publisert av Amund Gulsvik (1985). Som referanse ved bruk av skjemaet SCL-90, for vurdering av deltakernes psykiske tilstand, benyttet en verdier hentet fra Derogatis et al., (1974).

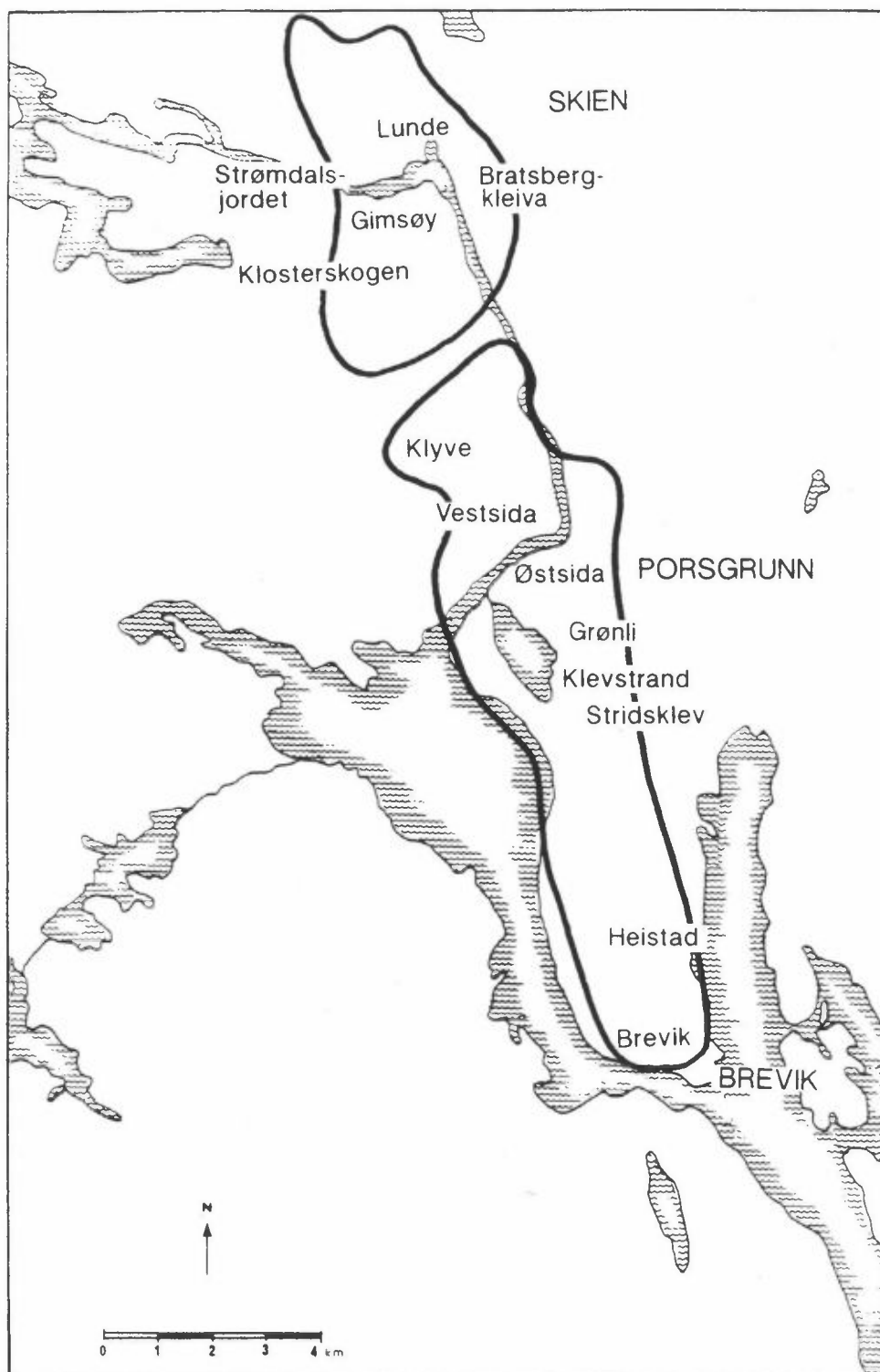
3.1 STUDIEPOPULASJONENE

Grunnet ønske tjenelige eksponeringsdata for deltakerne, begrenset en deltakernes bosted til å ligge innenfor skolekretsene Lunde, Gimsøy, Bratsberg/Kleiva, Klosterskogen, Strømdalsjordet og Klyve i Skien; Vestsida, Østsida, Grønli, Stridsklev og Klevstrand i Porsgrunn; samt Heistad og Brevik i Brevik. Disse representerer et geografisk område fra Brevik og opp dalføret til og med Skien (se fig. 3.1). Deltakerne ble trukket fra Folkeregisteret og var et tilfeldig utvalg blant innbyggerne mellom 18 og 75 år i ovennevnte skolekretser. I alt 800 fikk invitasjonsbrev til å være med. Responsen var noe mindre enn ventet, særlig tatt i betraktning en omfattende mediaoppfølging. Av totalt 800 innbydelser sa 312 personer (39%) seg villige til å delta. Disse utgjorde den såkalte Studiepopulasjonen. Figur 3.2 viser fordelingen av frafallsgrunner for de 448 som ikke ble med. Deltakerne fikk ingen godtgjørelse for deltakelse, men det ble trukket 2 reisepremier på henholdsvis 15 000,- og 10 000,- kr blant de som fullførte undersøkelsen. De som meldte seg til undersøkelsen oppga som grunn at de ønsket å bidra til et godt resultat for undersøkelsen samt at de satte pris på den grundige medisinske undersøkelsen som ble tilbudt ved forsøkets begynnelse.

Somatisk eller psykiatrisk lidelse som av prosjektets medisinske prosjektleder ble vurdert til å være av en slik alvorlighetsgrad at de ikke ville kunne fullføre undersøkelsen, var det eneste kriteriet for eksklusjon av dem som meldte seg.

3.1.1 Demografiske og sosioøkonomiske variable

De 312 personene som deltok i undersøkelsen var likt fordelt mellom kjønnene; 163 (52%) kvinner og 149 (48%) menn. Av tabell 3.1 ser en at det særlig er unge menn og eldre kvinner som er underrepresentert. Motsvarende er det en overrepresentasjon av kvinner i alderen 30 - 49 og menn i alderen 40 - 59.



Figur 3.1: De geografiske områdene i Grenlandsundersøkelsen der deltakerne til den tilfeldige studiepopulasjonen ble trukket ut.

Tabell 3.1: Aldersfordeling for studiepopulasjonen sammenlignet med bakgrunnsbefolkningen i Grenland (i %).

	Befolkning i Grenland pr september 1987	Inviterte	Status presens	Fullførte (9 eller flere kontroller)
Menn alder				
18-19	4,6*	3,5	0,7	0,0
20-29	21,7	23,5	16,1	12,1
30-39	21,0	19,0	21,5	19,8
40-49	18,9	17,5	25,5	27,6
50-59	13,0	16,3	20,1	20,7
60-66	10,7	11,5	10,1	12,1
67-74	10,2**	8,8	6,0	7,8
Totalt antall	100,1 27 573	100,1 400***	100,1 149	100,1 116
Kvinner alder				
18-19	4,2*	4,6	3,1	2,3
20-29	20,5	16,5	16,6	13,1
30-39	19,8	21,4	28,8	32,3
40-49	17,9	13,5	19,0	20,8
50-59	13,4	15,0	14,7	14,6
60-66	11,8	13,5	12,8	11,5
67-74	12,4**	15,5	4,9	5,4
Totalt antall	100,0 28 141	100,0 393***	99,9 163	100,0 130

*Estimert på bakgrunn av oppgitte tall for 16-19-åringer, sept. 1987

**Estimerte tall på bakgrunn av folketelling 1980, framskrevet og korrigert for dødelighet.

***Blant de inviterte er kjønn bestemt på bakgrunn av fornavn. I alt 7 personer er uklassifisert med hensyn til kjønn.

Tabell 3.2 viser sammenhengen mellom alder, kjønn og sivilstatus. Det er en viss overrepresentasjon av gifte menn i alderen 30 -69, for øvrig synes overenstemmelsen å være god.

Tabell 3.2: Ekteskapelig status for studiepopulasjonen i Grenlandsundersøkelsen sammenlignet med bakgrunnsbefolkning basert på folketellingen fra statistisk sentralbyrå i 1980.

		Bakgrunns- befolkning	Studiepopulasjon	
		prosent gifte	prosent gifte	totalt antall
Aldersgruppe 20 - 69		70,2	77,2	267
Menn	20 - 30	39,1	35,3	17
Kvinner	20 - 30	57,8	65,0	20
Menn	30 - 69	82,4	91,2	102
Kvinner	30 - 69	78,2	76,3	114

*Utvalgets data om sivilstand kommer fra anamnese skjemaet som ble sendt ut midtveis i undersøkelsesperioden. I alt 267 av 312 har opplysninger om sivilstand. (Av disse var 3 under 20 år). Flest unge mangler opplysninger om sivilstand (ca. 30% mot 10- 15% for over 30 år).

Tabell 3.3 viser sammenhengen mellom utdanningsnivå og kjønn. Det er en overrepresentasjon av velutdannede kvinner, men denne kan i det alt vesentlige forklares av at forholdsvis unge kvinner er overrepresentert.

Tabell 3.4 viser yrkesaktivitet i studiepopulasjonen sammenlignet med bakgrunnsbefolkningen. Det er en viss overvekt av yrkesaktive blant de unge (20 - 49) og en viss underrepresentasjon blant de middelaldrende (50 - 69). Overvekten av yrkesaktive er sterkest blant unge kvinner. I noen grad kan dette skyldes at data for bakgrunnsbefolkningen er fra folketellingen i 1980, og andelen yrkesaktive kvinner har økt i 80-årene.

Med hensyn til type arbeid (tabell 3.5) synes det å være en viss overvekt i service-sektoren, men denne klassifiseringen er foretatt subjektivt og derfor usikker.

Ikke-røykere utgjorde 57% av materialet mot 59% i bakgrunnsbefolkningen.

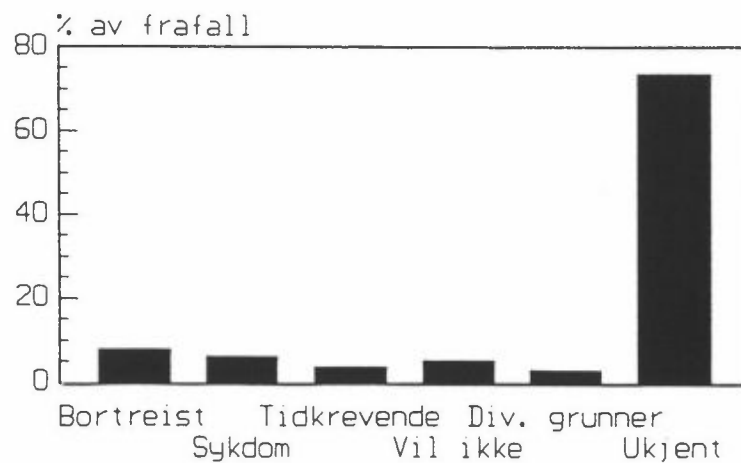
Tabell 3.3: Utdanningsnivå og kjønn for studiepopulasjonen sammenlignet med bakgrunnsbefolkningen.

Utdanningsnivå	Grenlands befolkning		Forventet fordeling basert på aldersfordeling på anamnese		Reell fordeling basert på anamnese	
	M	K	M	K	M	K
1- 9 år	25,7	32,3	28,0	32,3	24,2	14,2
10-12 år	57,5	53,7	54,5	52,9	59,1	61,1
13 + år	16,8	14,0	17,5	14,6	16,7	24,8
Totalt antall*	100,0	100,0	100,0	99,8	100,0	100,1
	22838	22907	-	-	132	113

* Tallene er basert på dem i alderen 20-66 år.

Tabell 3.4: Yrkesaktivitet i studiepopulasjonen sammenlignet med bakgrunnsbefolkningen.

		Studiepopulasjon		Bakgrunnsbefolkning	
		Totalt antall	% Yrkesaktive	Totalt antall	% Yrkesaktive
Menn	20 - 49	75	92,0	15092	83,1
Menn	50 - 69	43	62,8	8279	71,1
Menn	20 - 69	118	81,4	23371	78,8
Kvinner	20 - 49	94	70,2	14667	49,1
Kvinner	50 - 69	40	17,5	9659	28,8
Kvinner	20 - 69	134	54,5	24326	41,0



Figur 3.2: Frafallsgrunner for de som ble tilfeldig trukket fra Folkeregisteret.

Fra tabell 3.1 ser man at det er et visst avvik, spesielt for kvinner, mellom aldersfordelingen blant de inviterte og totalbefolkningen i Grenland. Dette avviket er imidlertid ikke så stort at man har grunnlag til å si at utvelgelsen var skjev.

Tabell 3.5: Fordeling av arbeid i studiepopulasjonen sammenlignet med bakgrunnsbefolkningen.

Type arbeid	Menn		Kvinner	
	Studiepopulasjon	Bakgrunnsbefolkning	Studiepopulasjon	Bakgrunnsbefolkning
Teknisk/vitenskap/ humanistisk/kunstnerisk	17,7	17,7	19,2	27,1
Administrasjon/ forvaltning	10,4	6,5	4,1	2,3
Kontorarbeid	7,3	3,6	17,8	21,3
Handelsarbeid	6,3	6,0	13,7	15,5
Industri/bygg/anlegg/ sprengning/gruve	43,8	47,5	9,6	7,3
Service	8,3	4,0	34,2	19,7
Transport/kommunikasjon	2,1	8,2	0,0	3,3
Øvrige/uoppgitt	4,2	6,2	1,4	3,4
Sum	100,1	99,7	100,0	99,9
TOTALT ANTALL	96	19334	73	10529

3.1.2 Klinisk/fysiologiske variable

Tabell 3.6, viser 10% prosentil, median og 90% prosentil for de 312 i studiepopulasjonen med henblikk på varierende puls, pustefrekvens, Forsert VitalKapasitet (FVK), Forsert Ekspiratorisk Volum i ett sekund (FEV_{10}), toppstrøms hastighet (PEF), hemoglobin (Hb), senkningsreaksjon (SR) og karboksihemoglobin (HbCO). Alle spirometrvolum ble målt ved omgivende temperatur, lufttrykk og fullmettet vanndamp (ATPS - Ambient Temperature and Pressure, Saturated), men konvertert til kroppstemperatur, trykk og fullmettet vanndamp (BTPS - Body Temperature and Pres-

Tabell 3.6.1: Fysiologiske parametere for studiepopulasjonen i Grenlandsundersøkelsen (N=312).

Parameter	10%-prosentil	median	90%-prosentil
Puls (slag/min)	60	70	84
Respirasjonsfrekvens (resp/min)	12,6	16	20,0
FVK (1) (BTPS)	2950	4200	5800
FEV (1) (BTPS)	2160	3400	4690
PEF (l/min)	400	510	675
Hemoglobin (/100 ml)	12,0	13,4	15,0
Senkning (mm)	2	7	20
HbCO	1,2	1,7	5,9

Tabell 3.6.2: Fysiologiske parametere for de voksne deltakerne med kjent lungesykdom i Grenlandsundersøkelsen (N=66).

Parameter	10%-prosentil	median	90%-prosentil
Puls (slag/min)	60	76	98
Respirasjonsfrekvens (resp/min)	14,0	18,0	22,0
FVK (1) (BTPS)	2400	4000	5995
FEV (1) (BTPS)	1170	2450	4490
PEF (l/min)	250	428	630
Hemoglobin (/100 ml)	11,9	13,7	15,3
Senkning (mm)	2	7	20
HBCO	0,6	1,4	3,8

Tabell 3.6.3: Fysiologiske parametere for de deltakende barna med kjent lungesykdom i Grenlandsundersøkelsen (N=17).

Parameter	10%-prosentil	median	90%-prosentil
Puls (slag/min)	63	82	108
Respirasjonsfrekvens (resp/min)	14,0	23,0	28,2
FVK (1) (BTPS)	1420	2200	4660
FEV (1) (BTPS)	953	1800	3855
PEF (l/min)	145	1323	510

sure, Saturated). Alle verdiene lå innenfor referanseverdiene til en "normal" befolkning. Tabell 3.6 viser at mer enn 80% av utvalget hadde verdier som ventet. Med hensyn til resultatene fra urinprøver var så mye som 97% uten noen form for patologi/sykdom, og blant de resterende 3% (9 personer) ble det påvist patologi/sykdom ved videre undersøkelse hos to personer (de andre skyldtes forurensning og menstruasjon hos kvinner). Bruk av Gulsvik's formel for ventet spirometriverdi sammenholdt med målt verdi, viste overensstemmelse (se kapittel 10). 14% av personene hadde oppspytt og 23% rapporterte hoste.

3.1.3 Frafall

Man fikk et visst frafall i løpet av undersøkelsen. Tatt i betraktning den store belastningen som ble lagt på deltakerne, var dette ikke uventet, og slik sett ble frafallet mindre enn ventet, vel 20%. Fra tabell 3.1 ser man at frafallet var størst blant dem i alderen 20 - 29 år. De angitte begrunnelsene for frafallet var stort sett de samme som for dem som ikke ønsket å delta fra starten av: undersøkelsen ble for tidkrevende og noen skulle reise bort. En del eldre syntes også at undersøkelsen ble for komplisert å gjennomføre. Av tabell 3.7 ser man det suksessive frafallet gjennom undersøkelsen fordelt på studiepopulasjonen fra Folkeregisteret og de med kjent lungesykdom (voksne og barn) relatert til dagbokføringen.

3.2 VOKSNE DELTAKERE MED KJENT LUNGESYKDOM

Denne studiegruppen ble rekruttert i sin helhet fra diagnosestasjonen for lungesykdommer ved Sentralsykehuset i Telemark, Skien, ved overlege Lien. Her ble 111 personer (62 menn (55%) og 49 kvinner (45%)), som hadde oppsøkt avdelingen og fått diagnosen kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS) eller astma i løpet av de 3 siste årene, tilskrevet med brev og invitert til

Tabell 3.7: Suksessivt frafall gjennom Grenlandsundersøkelsen fordelt på studiepopulasjonen og de med kjent lungesykdom (voksne og barn) ut fra førte dagbokskjemaer.

	Studie- populasjon	Kjent lungesykdom	Totalt
Antall registrert	312	85	397
- Ikke møtt til utdeling av dagbok	9	3	12
MØTT TIL START I PERIODE 1	303	82	385
- Ikke levert noen dagbokskjema	13	6	19
Med i periode 1	290	76	366
- Sluttet i løpet av perioden	8	2	10
FULFØRT PERIODE 1	282	74	356
- Møtte ikke til periode 2	24	6	30
+ Møtte til periode 2. Ikke med i periode 1	1	1	2
MØTT TIL START I PERIODE 2	259	69	328
- Sluttet i løpet av perioden	18	1	19
FULLFØRT PERIODE 2	241	68	309
- Ikke levert omslag	2	0	2
FULLFØRT SKJEMAFØRINGEN	239	68	307
- Ikke levert PEF-måleren	17	9	26
FULLFØRT SKJEMA, KONTROLLERT PEF	222	59	281

et orienteringsmøte. På dette møtet redegjorde man for undersøkelsen og de fram møtte ble oppfordret til å melde seg som deltakere. Totalt 66 personer (ca 66%) meldte seg på under møtet eller de nærmeste dagene. Av de 45 som ikke ville være med var 23 kvinner og 22 menn, 5 over 67 år. Fjorten oppga grunn til at de ikke ville være med; fire med grunn "vil ikke", tre med grunn "tar tid", to med grunn "bortreist", to med grunn "sykdom" og tre med grunn "flyttet". Av de 66 personene som ble med, hadde 57 diagnosen astma, 12 KOLS og tre begge diagnoser. Alle diagnosene var basert på klinisk undersøkelse og spirometrimålinger. Astma ble diagnostisert på basis av 10-15% reversibilitet av spirometriverdier ved bruk av lokal bronkodialator (spray). KOLS ble diagnostisert hvis redusert spiro-

metrerverdier og/eller kliniske funn over mer enn to år ikke lot seg reversibilisere ved bruk av lokal bronkodilatator. 29 hadde i tillegg vært gjennom en allergiutredning og 10 fikk sine diagnoser først etter forsøk med medikamentell behandling (tabell 3.8). Av praktiske grunner valgte man ingen ytterligere eksklusjonskriterier.

3.2.1 Sosioøkonomiske variable

Blant de 66 voksne med lungesykdom i undersøkelsen var det 25 kvinner og 41 menn, eller henholdsvis 38% kvinner og 62% menn. Aldersfordelingen var noe forskjøvet i mot høy alder, noe som var forventet ettersom de aktuelle diagnoser i stor utstrekning blir stilt og pasienten plaget, når de kommer et stykke opp i årene. De tolv med diagnosen KOLS hadde en gjennomsnittsalder på 61 år og fem var over 70 år. For øvrig skilte gruppen seg lite fra "gjennomsnittsbefolkningen", bortsett fra at det var ca 70% ikke-røykere. Dette var ventet, ettersom røyking klart forverrer de aktuelle sykdommene.

3.2.2 Klinisk/fysiologiske variable

En tilsvarende tabell som for studiepopulasjonen fra Folke-registeret er tabell 3.6.2. Også her ligger alle prosentilverdiene innenfor de normale referanseverdier som innebærer 80% av resultatene for denne gruppen innenfor de forventede verdier. Unntaket er FEV_{10} og PEF, men disse to parameterene er svært direkte relatert til de diagnosene som gruppen er trukket ut fra og var derfor også som ventet. For urinprøvers vedkommende var 95% uten anmerkning, og de resterende 5% hadde ingen klinisk betydning for parametrene i Grenlandsprosjektet. I denne gruppen rapporterte 35% noe oppspytt og nærmere halvparten av gruppen (48,5%) rapporterte hoste.

Tabell 3.8: Diagnostiske parametere for voksne med kjent lungesykdom.

Fødsels- år	Astma	Kronisk ob- struktiv lungesykdom	Diagnose år	Allergi utredet	Klinisk under- søkelse	Spiro- metri	Terapi- forsøk	Laboratorie- testet
47	1	-	84	-	1	1	-	-
31	1	-	77	1	1	1	-	-
21	1	-	79	-	1	1	-	-
14	-	1	89	-	1	1	1	-
26	-	1	79	-	1	1	1	-
55	1	-	82	1	1	1	-	-
58	1	-	78	1	1	1	-	-
18	1	1	77	-	1	1	-	-
36	1	-	80	-	1	1	-	-
41	1	-	77	-	1	1	-	-
37	1	-	86	-	1	1	-	1
48	1	-	81	1	1	1	-	-
17	1	-	81	-	1	1	-	-
58	1	-	83	-	1	1	-	-
43	1	-	87	-	1	1	-	-
49	1	-	84	1	1	1	-	-
25	1	-	77	-	1	1	-	-
54	1	-	87	1	1	1	-	-
47	1	-	82	-	1	1	-	-
46	1	-	83	-	1	1	-	-
57	1	-	77	1	1	1	-	-
22	1	-	81	-	1	1	-	-
43	1	-	82	-	1	1	-	-
59	-	1	83	-	1	1	1	-
50	1	-	82	1	1	1	-	-
45	1	-	89	-	1	1	-	-
46	1	-	79	1	1	1	-	-
69	1	-	83	-	1	1	-	-
25	1	-	79	-	1	1	-	-
59	1	-	84	1	1	1	-	-
35	1	-	77	1	1	1	-	-
24	1	-	79	-	1	1	-	-
30	1	-	82	-	1	1	-	-
54	1	-	78	1	1	1	-	-
30	1	-	82	-	1	1	-	-
47	1	-	79	1	1	1	-	-
23	1	1	82	1	1	1	1	-
22	1	-	80	1	1	1	-	-
12	1	1	79	1	1	1	-	-
37	1	-	80	1	1	1	-	-
21	-	1	80	-	1	1	1	-
59	1	-	77	1	1	1	-	-
50	1	-	82	-	1	1	-	-
64	1	-	81	1	1	1	-	-
49	1	-	80	1	1	1	-	-
34	-	1	81	-	1	1	1	-
11	1	-	81	1	1	1	-	-
51	1	-	82	1	1	1	-	-
46	1	-	77	1	1	1	-	-
67	1	-	81	-	1	1	-	-

Tabell 3.8 forts.

Fødsels- år	Astma	Kronisk ob- struktiv lungesykdom	Diagnose år	Allergi utredet	Klinisk under- søkelse	Spiro- metri	Terapi- forsøk	Laboratorie- testet
28	1	-	84	-	1	1	-	-
26	1	-	82	-	1	1	-	-
42	1	-	81	1	1	1	-	-
57	1	-	80	-	1	1	-	-
60	1	-	81	1	1	1	-	-
16	-	1	87	-	1	1	1	-
67	1	-	87	1	1	1	-	-
17	-	1	87	-	1	1	1	-
56	1	-	87	1	1	1	-	-
47	1	-	85	-	1	1	-	-
45	-	1	86	-	1	1	1	-
57	1	-	76	1	1	1	-	-
29	1	-	80	-	1	1	-	-
50	1	-	81	1	1	1	-	-
43	1	-	81	-	1	1	-	-
30	-	1	87	-	1	1	1	-

Tabell 3.9: Diagnostiske parametere for barn med kjent lunge-
sykdom.

Fødsels- år	Astma	Kronisk ob- struktiv lungesykdom	Diagnose år	Allergi utredet	Klinisk under- søkelse	Spiro- metri	Terapi- forsøk	Laboratorie- testet
72	1	-	73	1	1	1	-	-
79	1	-	80	1	1	1	-	-
81	1	-	84	1	1	1	-	-
81	1	-	85	1	1	1	-	-
73	1	-	75	1	1	1	-	-
82	1	-	86	-	1	-	1	-
75	1	-	86	1	1	1	-	-
80	1	-	83	1	1	1	-	-
71	1	-	76	1	1	1	-	-
80	1	-	84	1	1	1	-	-
74	1	-	76	1	1	1	-	-
78	1	-	80	1	1	1	-	-
73	1	-	79	1	1	1	-	-
70	1	-	76	1	1	1	-	-
76	1	-	78	-	1	1	-	-
70	1	-	75	1	1	1	-	-
73	1	-	78	-	1	1	-	-
78	1	-	81	1	1	1	-	-

3.2.3 Frafall

En fikk et lavere frafall i denne undersøkelsesgruppen enn i studiepopulasjonen fra Folkeregisteret, vel 20%. Dette var trolig fordi denne gruppen i større grad følte at problemene som Grenlandsprosjektet var innrettet mot, sto dem nærmere. Ellers var årsakene til frafall mye de samme; tids- og arbeidsbelastende undersøkelser og reise. En i gruppen ble innlagt på sykehus for akutt forverring av sin sykdom under undersøkelsen.

3.3. BARN MED KJENT LUNGESYKDOM

Denne gruppen med barn i alderen 4 - 18 år ble rekruttert fra Barneavdelingens lunge- og allergiseksjon ved Sentralsykehuset i Telemark, (overlege Steen Johnsen). Denne avdelingen stilte også lokaler til disposisjon for undersøkelsen, og barna var derfor i kjente omgivelser. Man gikk her frem på samme måte som for de voksne lungesyke pasientene og sendte invitasjonsbrev til 35 barn med foreldre. Disse ble også invitert til et møte der en orienterte om undersøkelsen. Nitten barn (med foreldre) meldte seg, men ett barn ble drept i trafikkulykke før undersøkelsen ble påbegynt. Aldersfordeling og parametere knyttet til diagnosen er vist i tabell 3.9.

3.3.1 Sosioøkonomiske variable

Av de 18 som møtte til forundersøkelse var det 8 piker og 10 gutter. Den yngste var 5 år og den eldste var 17. Aldersfordelingen var jevn mellom disse ytterpunkter. Ett av barna hadde også lungesyk mor som var inkludert i den voksne gruppen. Ett annet barn hadde foreldre som var trukket ut i den tilfeldig uttrukkede gruppen.

3.3.2 Klinisk/fysiologiske variable

Også her lå standard blodprøver innenfor normale referanseverdier. Endel av barna viste noe uvilje mot blodprøvetaking, og man renonserte derfor på dette for å beholde dem i undersøkelsen. For barnas vedkommende er derfor blod og serumundersøkelser noe ufullstendige. Urinundersøkelsene viste intet unormalt. For de minste barna var det noe problematisk å få utført de spirometriske undersøkelsene, men hele 90% lå innenfor 10% avvik av ventet verdi for lungefriske (tabell 3.6.3).

3.3.3 Frafall

Også for denne gruppen ble det kun et frafall på 20%. Dette kunne tilskrives svært entusiastiske foreldre som fulgte barna nøye opp. Det var de mellomstore og store barna som falt ut, og begrunnelsen var for krevende undersøkelsesoppsett.

3.4 KONKLUSJON

Man konkluderer med at de forskjellige gruppene utgjør et representativt utvalg innen sine kategorier. Psykolog Vassend, ved Universitetet i Oslo, konkluderer ut fra SCL-90-testen at personene i Grenlandsmaterialet, det gjelder både hovedgruppen og lungesyke-individene, ikke synes å utgjøre noen avvikende eller psykopatologisk belastet gruppe. Tendensen går heller i retning av noe lavere scoring enn man ville forvente, det vil si tendering mot personer uten særlige problemer og med en positiv innstilling til tilværelsen. Dette er heller ikke overraskende tatt i betraktning det krevende prosjektoppsettet, og at kun 39% av de tilfeldig uttrukkede sa seg villig til å delta.

4 MÅLINGER AV METEOROLOGISKE FORHOLD OG LUFTKVALITET

L.O. Hagen, K. Hoem

4.1 MÅLEPROGRAM FOR METEOROLOGISKE FORHOLD OG LUFTKVALITET

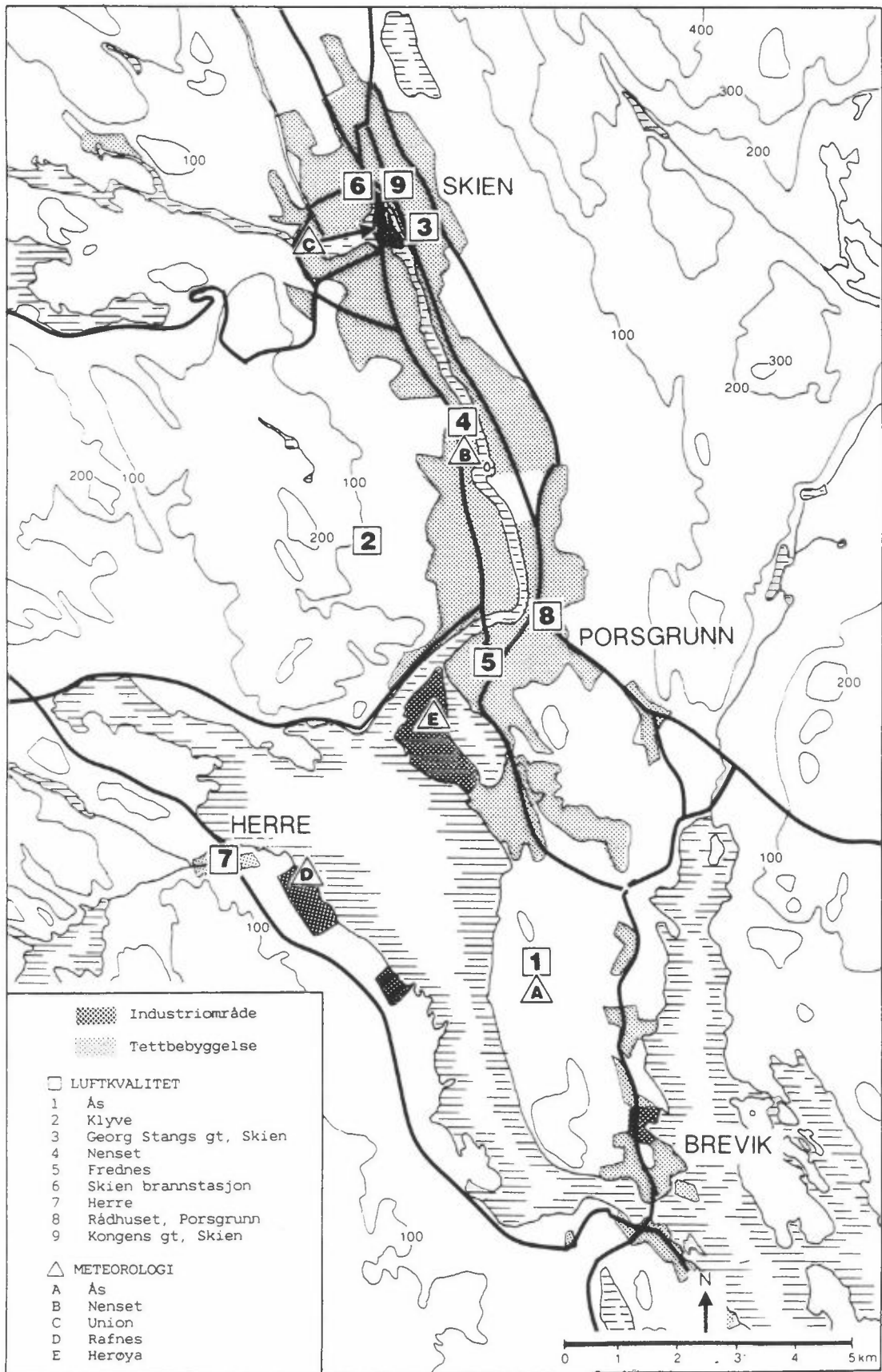
Målingene omfattet luftkvalitet og spredningsforhold (meteorologiske parametere). Målingene foregikk i periodene 1.1.-11.3. og 18.4.-24.6.1988. Deler av luftkvalitetsmålingene og det meste av det meteorologiske programmet gikk også i mellomperioden. Stasjonsplasseringer er vist i figur 4.1.

Et sammendrag av måleprogrammet er vist i tabell 4.1. Måleprogrammet er gjennomført av NILU i samarbeid med SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark (Kontrollseksjonen).

Tabell 4.1: Måleprogram for luftkvalitet under helseundersøkelsen i Grenland vinteren og sommeren 1988.

Måleperioder 1.1.-11.3.1988 og 18.4.-24.6.1988	Kontinuerlig registrering, timesmiddelverdier	12 timers middel- verdier, dag (0800-2000) og natt (2000-0800)	Døgnmiddelverdier (0800-0800)
Stasjon	SO ₂ NO NO _x NO ₂ O ₃ Dis Pol- len	Sve- Alde- Denu- ve- hyder der- støv prøve- taking	SO ₂ SO ₄ NO ₂ NH ₃ NH ₄ Sot Pb
1. Ås	x x x x x x	x x ¹	x x x x x x
2. Klyve	x x x x x x x	x x x ¹	
3. Georg Stangsgt	x x x x x	x	
4. Nenset	x x x x	x	
5. Frednes	x x x x	x	
6. Skien brann- stasjon	x x x x		
7. Herre			x x x x
8. Rådhuset, Porsgrunn			x x x
9. Kongens gt, Skien			x x x x x

¹ Målinger av salpetersyre (gass), nitrat (partikler), hydrogenklorid (gass), klorid (partikler), ammoniakk (gass) og ammonium (partikler). Sammen med aldehyder er disse prøvene tatt i utvalgte døgn i hver periode.



Figur 4.1: Plassering av målestasjoner for luftkvalitet og meteorologiske forhold.

De kontinuerlig registrerende instrumentene var utstyrt med dataloggere, og data ble overført på oppringt samband.

Tidligere undersøkelser har vist at en stor del av aerosolene (partikler i luft) består av ammoniumklorid, ammoniumsulfat og ammoniumnitrat. Disse saltene har høyt damptrykk. Det er derfor nødvendig med en spesiell prøvetakingsteknikk for å få et riktig bilde av forurensningssituasjonen. Dette er betegnet som denuder-prøvetaking. Denuder- og aldehyd-prøver er tatt i et mindre utvalg døgn i hver måleperiode.

Måleutstyret ved luftkvalitetsmålingene er vist i tabell 4.2.

Tabell 4.2: Anvendt måleutstyr ved luftkvalitetsmålingene.

	Kontinuerlig registrering (1 t middelerdier)	12 t or 24 t prøvetaking
SO ₂	Monitor Labs Model 8850 og Dasibi Model 4108 fluorescence SO ₂ -prøvetaker	
NO, NO _x , NO ₂	Monitor Labs Model 8840 nitrogenoksid-prøvetaker	
O ₃	Dasibi Model 1008 ozon-prøvetaker	
Dis (sprednings- koeffisient)	MRI Model 1597 og UoW Model Ahlquist nephelometer	
Svevestøv		Sierra Instruments Series 245 Automatisk Dichotomous prøvetaker
SO ₂ , NO ₂ , SO ₄ , NH ₃ , NH ₄ , sot og Pb		NILUs automatiske luft- prøvetaker, type FK1
HNO ₃ /NO ₃ ⁻ , HCl/Cl ⁻ , NH ₃ /NH ₄ ⁺		NILUs prøvetaker, type EK1 (modifisert) (impreg- nert denuder og filter)
Aldehyder		NILUs automatiske luft- prøvetaker, type FK1 (modifisert)
Pollen	Pollenfelle	

Et sammendrag av det meteorologiske måleprogrammet er vist i tabell 4.3.

Tabell 4.3: Måleprogram for meteorologi på de enkelte stasjonene. Alle parametere gis som timesmiddelverdier.

Måleperiode: 1.1.-30.6.88	Vindretning		Vindstyrke		Temperatur		Temperaturdifferens 25-10 m	Relativ fuktighet 2 m	Maksimal vindstyrke (Gust)		Turbulens 25 m	SODAR: Vindretning og vindstyrke hver 25 m opp til 200 m
	10 m	25 m	10 m	25 m	2 m	25 m			1 s	3 s		
A Ås		x		x	x	x	x	x	x	x	x	
B Nenset	x		x		x			x				x ¹
C Union	x		x		x			x				
D Rafnes	x		x									
E Herøya												x ²

1) Vinterperiode: 8.1.-27.2.1988

2) Sommerperiode: 3.5.-4.7.1988

Målingene på Ås ble utført med NILUs automatiske værstasjon (AWS) som var utstyrt med datalogger og oppringt samband. Mekanisk drevne vindmålere ble benyttet på Nenset og Union (type Lambrecht Woelfle) og på Rafnes (type Fuess). SODAR (Sonic Detection and Ranging) ble benyttet på Nenset og Herøya.

4.2 RESULTATER

4.2.1 Meteorologiske forhold

Meteorologiske forhold ble målt på fem stasjoner. Målingene omfattet vindretning, vindstyrke, temperatur, temperaturens variasjon med høyden, fuktighet, maksimal vindstyrke (gust) og fluktuasjoner i vindretningen (horisontal turbulens).

Vindretningen ble målt på Ås, Rafnes, Herøya, Nenset og Union. Resultatene viser at vinden er mye kanalisert som følge av terrenget. Over 100-125 m o.b. er vindretningen lite påvirket

av terrenget under. I vinterperioden 1988 (januar-mars) viste målingene på Ås hyppigere vind fra sørøstlig kant enn vanlig vinterstid, særlig i januar og februar, som var vesentlig mildere enn normalt. I sommerperioden 1988 (april-juni) var det litt høyere frekvens enn normalt både fra sørøstlig og nordvestlig kant.

I vinterperioden var den gjennomsnittlige vindstyrken (3,2 m/s) litt høyere enn normalt (2,8 m/s). Om sommeren var vindstyrken som ventet. Vindstyrken økte jevnt med høyden over bakken i begge periodene. I sommerperioden var det sterkere vind om dagen og ettermiddagen enn om natta som følge av land/sjøbris-effekten. Tabell 4.4 viser vindstyrken på Ås for hver måned målt 25 m over bakken.

Tabell 4.4: Meteorologiske forhold på Ås, basert på timesmid-
delverdier for vindstyrke, temperatur og luftfuk-
tighet.

Stasjon: Ås	Vindstyrke (m/s)			Lufttemperatur (°C)			Relativ fuktighet (%)		
	Middel	Max	Min	Middel	Max	Min	Middel	Max	Min
Januar 1988	3,2	7,6	0,1	0,9	6,4	-7,6	91	99	77
Februar 1988	3,4	9,6	0,1	-0,2	6,6	-10,2	84	99	51
Mars 1988	3,0	8,0	0,0	-0,4	7,5	-7,3	77	98	37
April 1988	3,2	10,4	0,1	3,6	13,1	-3,3	72	96	21
Mai 1988	2,7	6,1	0,1	12,1	25,0	2,2	73	98	35
Juni 1988	2,6	6,7	0,0	17,9	32,4	6,6	80	97	36

Kortvarige variasjoner i vindstyrke og vindretning har stor betydning for spredningen av utslipp av luftforurensninger. De høyeste vindstyrkene (målt over 3 sekunder) var omlag dobbelt så høye som timesmiddelverdien. Standardavviket i fluktuasjoner i vindretningen var typisk 20°-30°, størst ved vind fra vestlig kant.

Januar og februar 1988 var 5-6⁰C mildere enn normalt. Dette har ventelig redusert utslippene fra boligoppvarming vesentlig. Også i sommermånedene var det 2-3 ⁰C varmere enn vanlig.

Luftens relative fuktighet var høyest i vintermånedene og avtok utover våren. Det var små forskjeller mellom stasjonene.

Temperaturens variasjon med høyden er avgjørende for den vertikale spredningen av luftforurensninger. I vinterperioden 1988 var det vesentlig høyere frekvens av ustabile og nøytrale situasjoner enn vanlig. Dette medførte vesentlig bedre spredningsforhold enn normalt vinterstid. De stabile situasjonene forekom oftest om natta i sommermånedene. I gjennomsnitt for hele sommerperioden var likevel spredningsforholdene gode.

4.2.2 Luftkvalitet

Målinger av luftkvalitet ble utført på ialt 9 stasjoner. Målingene omfattet svoveldioksid, nitrogenoksider, ozon, dis, pollen, svevestøv, aldehyder, sulfat, nitrat, klorid, ammoniakk, ammonium, sot og bly. Ikke alle stoffer ble målt på hver stasjon.

Luftkvalitetsmålingene i området i 1988 viste lavere konsentrasjoner av luftforurensning enn i 1986 og 1987. Dette skyldes reduserte fyringsutslipp og bedre spredningsforhold på grunn av den milde vinteren.

Et sammendrag av resultatene av luftkvalitetsmålingene er vist i tabell 4.5 og 4.6. Tabell 4.5 viser maksimale konsentrasjoner målt på hver stasjon for ulike midlingstider. Tabell 4.6 viser hvor ofte retningslinjer for uteluftkvalitet brukt i Norge og angitt av Verdens helseorganisasjon (WHO) ble overskredet i måleperioden (Statens forurensningstilsyn, 1982; WHO, 1987).

Tabell 4.5: Sammendrag av maksimalverdier av ulike luftforurensende stoffer i perioden januar-juni 1988.

Stoff	Midlings- tid	Ås	Herre	Frednes	Klyve	Rådhuset Porsgrunn	Nenset	G. Stangs gt. Skien	Skien brannst.	Kongensgt. Skien
SO ₂ (µg/m ³)	1 time	147		338	474		203	872	2 027	
	24 timer	32	23	37	55	26	63	134	320	121
NO _x (µg/m ³)	1 time	296		761	326		820	463	551	
	24 timer	110		320	104		273	167	229	
NO ₂ (µg/m ³)	1 time	192		119	191		125	102	121	
	24 timer	84		70	75		61	47	59	90
Dis (10 ⁻⁶ m ⁻¹)	1 time	764			1 061			572		
	24 timer	116			71			58		
O ₃ (µg/m ³)	1 time	185			150					
	8 timer	179			141					
Svevestøv (µg/m ³)	12 timer	69		89	74		93	94		
SO ₄ (µg/m ³)	12 timer	16,7		16,2	17,8		16,3	15,3		
NO ₃ (µg/m ³)	12 timer	10,7		9,8	12,7		6,4	5,9		
Cl (µg/m ³)	12 timer	6,6		4,7	3,3		4,6	5,0		
Sot (µg/m ³)	24 timer	31	30			79				104
Bly (µg/m ³)	24 timer									1,21
NH ₃ (µg/m ³)	24 timer	9,6								
NH ₄ (µg/m ³)	24 timer	8,7	5,3							
Formaldehyd (µg/m ³)	24 timer				0,7					

Tabell 4.6: Antall timer og døgn med overskridelser av retningslinjer for uteluftkvalitet for SO₂, NO₂, O₃, sot og svevestøv i vinterperioden januar-mars 1988 (V) og sommerperioden april-juni 1988 (S).

Stoff	SO ₂		NO ₂		O ₃		Sot	Svevestøv
	1 time	24 timer	1 time	24 timer	1 time	8 timer	24 timer	24 timer
Retningslinjer for uteluft	350 µg/m ³ WHO	100 µg/m ³ Norge	200 µg/m ³ Norge	100 µg/m ³ Norge	100 µg/m ³ Norge	100 µg/m ³ WHO	100 µg/m ³ Norge	70 µg/m ³ WHO
Ås (V)	0	0	0	0	0	0	0	0
(S)	0	0	0	0	406	35	0	0
Herre (V)		0					0	
(S)		0					0	
Frednes (V)	0	0	0	0				0
(S)	0	0	0	0				1
Klyve (V)	1	0	0	0	0	0		0
(S)	0	0	0	0	325	25		0
Rådhuset (V)		0					0	
Porsgrunn (S)		0					0	
Nenset (V)	0	0	0	0				0
(S)	0	0	0	0				0
Georg Stangs gt (V)	6	1	0	0				0
Skien (S)	0	0	0	0				0
Skien (V)	6	2	0	0				
brannstasjon (S)	0	0	0	0				
Kongens gt (V)		1		0			2	
Skien (S)		0					0	

Svoveldioksid

Tabell 4.5 og 4.6 viser at retningslinjer for uteluftkvalitet for SO₂ ble overskredet vinteren 1988 i Skien som følge av industriutslipp. Den høyeste timesmiddelverdien av SO₂ ble målt på gamle Skien brannstasjon (2 027 µg/m³) og var nesten seks ganger høyere enn Verdens helseorganisasjons retningslinjer for uteluft på 350 µg/m³.

Den høyeste døgnmiddelverdien på $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var mer enn tre ganger høyere enn det norske forslaget til retningslinjer for uteluftkvalitet på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Målestasjonene var lite påvirket av industriutslippene på Herøya i Porsgrunn.

Nitrogendioksid

Den høyeste døgnmiddelverdien av NO_2 ble målt i Kongens gate i Skien og skyldes utslippet fra biltrafikken der. Månedsmiddelverdiene var lavere enn i Kongens gate på stasjoner som er mindre påvirket av utslippene fra trafikken. De høyeste timesmiddelverdiene ble imidlertid målt på Ås og Klyve og skyldes industriutslippene på Herøya. Ingen retningslinjer for uteluftkvalitet ble imidlertid overskredet.

Dis

Små partikler i atmosfæren sprer lyset. Målinger av spredningskoeffisienten er godt egnet til å karakterisere den disen som varierende partikkelkonsentrasjon gir. Målingene viste omtrent samme middelerverdier av dis både i vinterperioden og i sommerperioden. Det var også relativt små forskjeller mellom stasjonene. De høyeste disverdiene tilsvarte en minste meteorologisk sikt på ca. 4 km.

Ozon

Ozonkonsentrasjonene var som ventet høyest om sommeren. Målingene viste samme nivå på Ås og Klyve. Norske forslag til retningslinjer for uteluftkvalitet og Verdens helseorganisasjons retningslinjer ble overskredet relativt ofte i sommerperioden. O_3 kommer i stor grad fra langtransporterte luftforurensninger.

Pollen fra bjørk og gras

Bjørk blomstret som vanlig i mai med vel én uke med forhøyede konsentrasjoner. Antall pollen var høyest tidlig om morgenen. Grasblomstringen var bare i sin begynnelse da målingene ble avsluttet St. Hans.

Svevestøv

Konsentrasjonene av svevestøv (partikler med diameter under 10 μm) varierte lite mellom de forskjellige stasjonene. Konsentrasjonen om vinteren var bare litt høyere enn om sommeren. Det meste støvet var på de minste partiklene (diameter under 2,5 μm). Dette er de respirable partiklene, som har størst helsemessig betydning. Det ble bare målt én døgnmiddelverdi over Verdens helseorganisasjons grenseverdi på 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sulfat, nitrat og klorid i svevestøv

Sulfatkonsentrasjonene var gjennomgående lavere i 1988 enn i 1986 og 1987, og det var små forskjeller mellom stasjonene. De høyeste verdiene ble målt 15.-17. februar i en episode med langtransporterte luftforurensninger. Mer enn 90% av all sulfat befinner seg på de minste partiklene.

De høyeste døgnmiddelverdiene av nitrat og klorid ble målt på Klyve og Ås ved vind fra Herøya. En relativt stor andel både av nitrat og klorid ble funnet på de største partiklene.

Sot og bly

Biltrafikken er hovedkilden til sot og bly. De høyeste verdiene ble målt i Kongens gt i Skien. Det norske forslaget til retningslinjer for uteluftkvalitet for sot for døgnmiddel på 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet to ganger i vinterperioden. Bly-

konsentrasjonen i Kongens gt er opp mot Verdens helseorganisasjons retningslinjer.

Ammoniakk og ammonium

De gjennomsnittlige konsentrasjonene i 1988 var omtrent som i 1986 og 1987. De høyeste døgnmiddelverdiene ble målt ved vind fra Herøya.

Aldehyder

Konsentrasjonene av formaldehyd og acetaldehyd var langt under Verdens helseorganisasjons retningslinjer for uteluftkvalitet og også langt lavere enn i tilsvarende målinger innendørs.

Denuderprøvetaking

En stor del av aerosolene består av ammoniumklorid, ammoniumsulfat og ammoniumnitrat. Ved å bruke denuderrør kan gassene HCl, HNO₃ og NH₃ absorberes på veggene i røret, mens aerosolene NH₄NO₃ og NH₄Cl fanges opp på filter. Ved vanlig svevestøvprøvetaking kan en god del av gassene forsvinne fra filteret under svevestøvprøvetakingen.

Denuderprøvene bekrefter antagelsen om at konsentrasjonen i gassfasen kan være betydelig i forhold til partikkelfasen.

4.3 KONKLUSJON

Målinger av luftkvalitet i Grenland i månedene januar-juni 1988 viste overskridelser av retningslinjer for uteluftkvalitet for SO₂, O₃, sot og svevestøv i enkelte perioder. De fleste overskridelsene var av grenseverdiene for O₃ i sommerperioden. For SO₂ ble det registrert flest overskridelser i Skien og da på

vinterstid. De absolutt største overskridelsene var av grenseverdiene for SO_2 på Skien gamle brannstasjon. Dette skyldes trolig utslippene fra Union.

Bedre spredningsforhold enn vanlig vinterstid medførte bedre luftkvalitet vinteren 1988 enn i en mer "normal" vinter. Luftkvaliteten var som ventet bedre i sommerperioden enn i vinterperioden, unntatt for O_3 .

Langtransporterte luftforurensninger fra andre deler av Europa har i perioder vist klart forhøyede konsentrasjoner av flere forurensende stoffer i Grenland. De absolutt høyeste SO_4 -konsentrasjonene på alle målestasjonene ble målt under en slik episode midt i februar 1988.

5 BESKRIVELSE AV LUFTFORURENSENDE UTSLIPP I OMRÅDET

I. Haugsbakk og K.E. Grønskei

5.1 GENERELL OVERSIKT

Timemidlete utslipp av svoveldioksid (SO_2), nitrogenoksider (NO_x), karbonmonoksid (CO) og partikler er beregnet fra de ulike kildegruppene; husoppvarming og småindustri, punktkilder, biltrafikk og skipstrafikk. Data ble samlet inn fra et område på 16 x 23 km², inkludert de tre tettstedene Skien, Porsgrunn og Brevik. Industri- og boligområder er lokalisert i nærheten av tettstedene. Skipstrafikken omfattet frakt av råmaterialer og industriprodukter over Frierfjorden, og også langs elven til Skien.

Timemidlete utslippsdata ble beregnet/rapportert i to perioder av helseundersøkelsen.

Periode 1: 1. januar - 15. mars 1988

Periode 2: 18. april - 24. juni 1988

Tabell 5.1, tabell 5.2 og figur 5.1 viser middelutslipp av SO_2 , NO_x , CO og partikler.

Tabell 5.1: Utslipp, 1. registreringsperiode (1. januar - 15. mars 1988), i kg/h, og som prosent av totalutslipp.

Kildegruppe	SO_2	NO_x^*	CO	Partikler
Arealkilder, olje	12,3 (7,5%)	8,5 (1,2%)	10,2 (0,3%)	0,7 (0,4%)
Arealkilder, ved	1,4 (0,9%)	2,5 (0,4%)	360,7 (9,8%)	38,6 (18,4%)
Punktkilder	131,6 (80,4%)	343,9 (50,8%)	1863,0 (50,7%)	154,4 (73,6%)
Biltrafikk	14,8 (9,0%)	268,4 (39,6%)	1437,6 (39,1%)	14,9 (7,1%)
Skipstrafikk	3,6 (2,2%)	54,1 (8,0%)	5,8 (0,1%)	1,1 (0,5%)
Totalt	163,7 (100%)	677,5 (100%)	3677,3 (100%)	209,7 (100%)

* Regnet som NO_2 .

Tabell 5.2: Utslipp, 2. registreringsperiode (18. april - 24. juni 1988), i kg/h, og som prosent av totalutslipp.

Kildegruppe	SO ₂	NO _x *	CO	Partikler
Arealkilder, olje	1,7 (0,9%)	1,2 (0,2%)	1,4 (0,1%)	0,1 (0,1%)
Arealkilder, ved	0,2 (0,1%)	0,3 (-)	48,2 (1,4%)	5,2 (2,8%)
Punktkilder	161,6 (88,7%)	448,4 (59,2%)	2140,3 (62,5%)	162,0 (88,3%)
Biltrafikk	14,8 (8,1%)	247,3 (32,7%)	1227,0 (35,8%)	14,9 (8,1%)
Skipstrafikk	4,0 (2,2%)	60,1 (7,9%)	6,5 (0,2%)	1,2 (0,7%)
Totalt	182,3 (100%)	757,4 (100%)	3423,4 (100%)	183,4 (100%)

* Regnet som NO₂

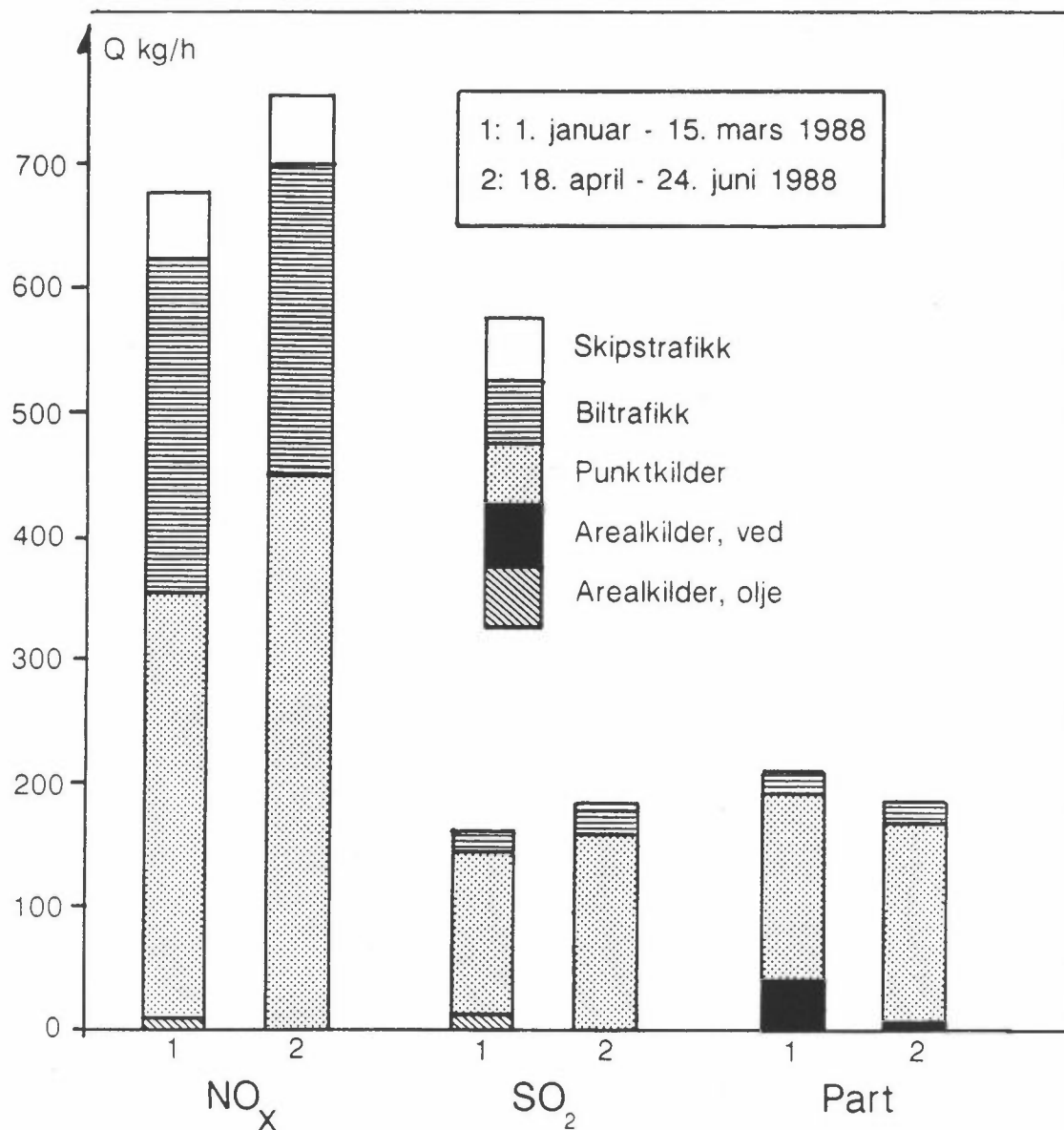
5.2 INDUSTRIELLE UTSLIPP

En utslippsdatabase fra de industrielle områdene ble opprettet i samarbeid med Statens forurensningstilsyn i Nedre Telemark og industrien i området. Industriproduksjonen i området inkluderer produksjon av papirmasse og papir i Skien; gjødsel, magnesium og metall-legerings-fabriker på Herøya i Porsgrunn; Norcem Cementfabrikk i Brevik og petrokjemiske fabriker i Bamble.

Industrielle utslippsdata er stort sett basert på målinger. Kontrollmålinger ble utført under typiske utslippsforhold for punktkilder. For noen industrielle skorsteiner var kontinuerlige utslippsmålinger tilgjengelige, i tillegg til kontrollmålinger.

Industrielle kilder ble betraktet som punktkilder og utslippsbetingelser ble beskrevet ved detaljerte data for posisjon, høyde, utslippshastighet, o.l.

I den første perioden (vinter) var 10 punktkilder ansvarlig for ca 80% av de totale SO₂-utslippene og ca. 50% av NO_x-utslippene. I den andre perioden (sommer) var bidraget fra industrien ca 90% av SO₂-utslippene og ca 60% av NO_x-utslippene. (Se punktkilder i tabell 5.1 og 5.2).



Figur 5.1: Midlere totalt utslipp av NO_x, SO₂ og partikler fra ulike kildegrupper i periode 1 og periode 2.

Punktkildenes effekt på luftkvaliteten i bakkenivå avhenger av skorsteinshøyden og andre parametere i tillegg til mengden av utslipp. Utslippene fra hver enkelt kilde lå under maksimalt tillatte utslippsmengder fastsatt av myndighetene.

5.3 UTSLIPP FRA HUSOPPVARMING OG SMÅINDUSTRI

Utslippsdata er basert på informasjon om oljeforbruk, vedforbruk og fra prosessindustri. Små punktkilder ble tatt i betraktning ved å definere deres middelutslipp i hver km².

Beregninger angående det totale oljeforbruk i området var basert på informasjon fra olje-selskapene. Beregninger av det totale vedforbruket var basert på data for vedforbruk pr. person i andre områder (Oslo og Elverum).

Totalutslippene fra husoppvarming i området ble fordelt i området i samsvar med folketettheten. Utslipp fra husoppvarming varierer fra dag til dag i samsvar med daglige temperatur- endringer (grad-dags-tall), og i samsvar med kunnskaper vi har om husoppvarmingsbehov. Utslippene fra husoppvarming varierer også fra dag til dag i samsvar med data fra andre områder.

I tabell 5.1 og 5.2 er det skilt mellom ved- og oljeforbruk. Utslipp fra bruk av olje om vinteren bidro med ca. 7,5% av de totale SO₂-utslipp, og vedforbruket bidro med ca. 18% av det totale partikkelutslipp. SO₂-utslippene fra oljefyring om sommeren bidro med ca. 1% av de totale SO₂-utslippene. Andre utslipp fra husoppvarming var av mindre betydning.

5.4 UTSLIPP FRA BILTRAFIKKEN

Veikontoret i Telemark har gitt data for årsdøgnetrafikken langs hovedveier i beregningsområdet, og data for variasjonen i trafikkintensiteten med ukedag og tid på døgnet. Dette gav grunnlag for å beregne forventet timevis trafikk langs alle hovedveier i beregningsområdet. Det er beregnet timevise utslipp fra alle hovedveiene i området på grunnlag av trafikkdata og utslippsfaktorer. Utslippet om natten er meget lite (10-20% av middelutslippet). I rushtiden om ettermiddagen i ca. en time er utslippsintensiteten fra biltrafikken ca. dobbelt så stor som middelutslippet.

5.5 UTSLIPP FRA SKIPSTRAFIKKEN

Timemidlet utslipp fra skipstrafikken er beregnet på grunnlag av timedata fra trafikksentralen for skip i området, og fra faktorer for midlere utslipp fra skip i fart over Frierfjorden.

Skipstrafikken bidro med ca. 8% av totalt NO_x-utslipp og ca. 2% av totalt SO₂-utslipp i begge registreringsperioder. For andre komponenter var utslippene av mindre betydning.

5.6 SAMLET UTSLIPP

Totalutslippet av SO₂ var dominert av punktkildene; ca. 80% i første periode og ca. 90% i andre periode. Totalutslippet av NO_x hadde to hovedkildegrupper; i første registreringsperiode punktkilder med ca. 50% og biltrafikken med ca. 40%, i andre registreringsperiode punktkilder med ca. 60% og biltrafikken med ca. 30%. Åtte prosent av de totale NO_x-utslipp kom fra skipstrafikken, og denne kilden kan dominere NO_x-utslippene langs ferdselsruten for disse fartøyene.

Partikkelutslippet ble preget av punktkildene (ca. 75%), og vedfyring (ca. 20%) i første registreringsperiode. Om sommeren dominerte punktkildene (ca. 88%) og biltrafikken (ca. 8%).

For å ta hensyn til utslippenes virkning på luftkvaliteten er det nødvendig å utføre spredningsberegninger basert på timevariable utslipp. Eksempelvis er utslipp fra biltrafikk av liten betydning om natten, mens biltrafikken vil være bestemmende for luftkvaliteten i sterkt trafikkerte gater om dagen, spesielt i rushtiden. I tillegg vil utslipp fra industrikilder være av avgjørende betydning i begrensede områder. Avgjørende her er de aktuelle utslipp og spredningsforholdene på stedet.

5.7 VEDRØRENDE ANVENDELSEN AV UTSLIPPSDATA

Utslippsdata ble benyttet til å beregne timevise konsentrasjoner av luftforurensninger i hele området. Disse konsentrasjoner ble så brukt for å se på menneskenes eksponering for luftforurensende komponenter. Arbeidet med helseeffekter fra luftforurensninger ble konsentrert om akutte eller korttids

helseeffekter. Derfor var det naturlig å fokusere på komponentene SO_2 , NO_2 , NO , O_3 , CO og partikler.

Tidsvariasjonen i utslippet mangler for mange enkeltkilder, og det har vært nødvendig å benytte middeltall basert på målinger under typiske utslippsforhold. Maksimalutslippene er derfor ikke beskrevet. På timebasis har vi benyttet målinger fra fem stasjoner for å korrigere beregnede konsentrasjonsfordelinger og på denne måten ta hensyn til ufullstendig detaljkunnskap om utslipp- og spredningsforhold på timebasis. Det ble utført timemålinger av SO_2 , NO_2 , NO_x , O_3 og partikkelkonsentrasjoner.

I tillegg var det nødvendig å ta hensyn til eksosforurensning i sterkt trafikkerte gater. Norsk Hydro slipper ut betydelige mengder CO i høye skorsteiner, men innledende spredningsberegninger viste at disse skorsteinsutslippene hadde liten forurensningsmessig betydning, sammenlignet med CO -forurensninger i bileksosen som slippes ut i sterkt trafikkerte bygater. Andre utslipp fra bileksos er NO_x , partikler og organiske forbindelser.

Industrielle kilder bidrar også med forurensning ved deres utslipp av klor (Cl) polyaromatiske hydrokarboner (PAH), klorerte dibenzo(p)dioksiner og tungmetaller. Utslippene fra de kjemiske fabrikkene på Herøya inkluderer ammonium, salpetersyre, saltsyre og klor som reagerer på en komplisert måte, og produserer aerosoler (Semb, 1984) og som øker den fotokjemiske aktiviteten i skorsteinsutslippene (Hov, 1983).

6 RESULTATER AV INNE/UTE-MÅLINGER

O.-A. Braathen

6.1 UTVELGELSE AV MÅLESTEDER

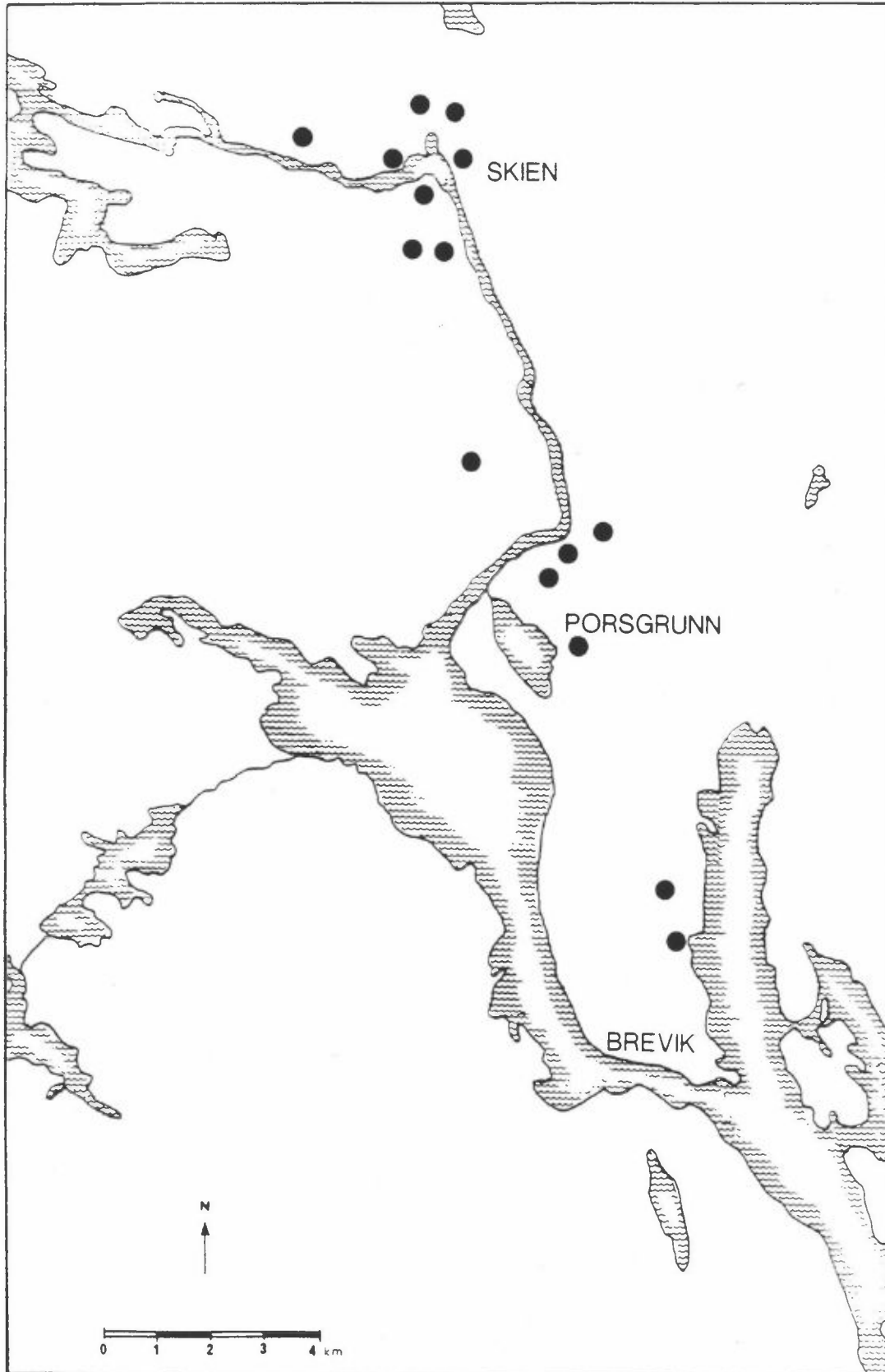
Etter at deltakerne i undersøkelsen var blitt valgt ut, ble det sendt et spørreskjema til alle. Dette skjemaet inneholdt hovedsakelig spørsmål om deltakerens bolig. Basert på svarene ble 15 boliger valgt ut som målesteder. Boligene ble valgt slik at boligutvalget var så representativt som mulig i forhold til den totale boligmassen i Grenlands-området. Den geografiske plasseringen av de 15 boligene er vist i figur 6.1.

6.2 MÅLEPROGRAM

Inne/ute-målinger ble inkludert i undersøkelsen, i tillegg til det omfattende måleprogrammet i uteluft, for å kunne forbedre beregningen av deltakernes eksponering for forskjellige forurensningskomponenter. Dette medførte at inne/ute-målingene og uteluftmålingene måtte omfatte de samme forurensningskomponentene.

Måleprogrammet for inne/ute-målingene er vist i tabell 6.1.

I hver bolig ble måleprogrammet gjennomført en gang om vinteren og en gang om sommeren i 1988. Målingene innendørs ble utført i stue eller oppholdsrom, og uteluftmålingene ble utført rett på utsiden av huset. For å forenkle arbeidet ble det benyttet en bil som inneholdt nødvendig utstyr og instrumenter.



Figur 6.1: Geografisk plassering av de 15 målestedene.

Tabell 6.1: Måleprogram for inne/ute-målingene.

Komponent	Sted	Prøvetakingstid	Antall prøver
Svevestøv, finfraksjon ^{a)}	Inne ^{d)}	12 timer	6
	Ute ^{d)}	12 timer	6
Svevestøv, grovfraksjon ^{b)}	Inne ^{d)}	12 timer	6
	Ute ^{d)}	12 timer	6
Cl ⁻ (klorid) ^{c)}	Inne ^{d)}	12 timer	6
	Ute ^{d)}	12 timer	6
NO ₃ ⁻ (nitrat) ^{c)}	Inne ^{d)}	12 timer	6
	Ute ^{d)}	12 timer	6
SO ₄ ²⁻ (sulfat) ^{c)}	Inne ^{d)}	12 timer	6
	Ute ^{d)}	12 timer	6
NO ₂ (nitrogendioksid)	Inne ^{d)}	8 timer	8
	Ute ^{d)}	8 timer	8
SO ₂ (svoveldioksid)	Inne ^{d)}	8 timer	8
	Ute ^{d)}	8 timer	8
HCOH (formaldehyd el. metanal) CH ₃ OH (acetaldehyd el. etanal)	Inne	1-2 timer	2
CO (karbonmonoksid ^{e)})	Inne	Kontinuerlig	-

a) Partikler med diameter mindre enn 2,5 µm.

b) Partikler med diameter større enn 2,5 µm.

c) Målt i både finfraksjonen og grovfraksjonen av svevestøvet.

d) Målingene inne og ute ble foretatt samtidig.

e) På grunn av praktiske problemer måtte alle måleresultatene av CO-konsentrasjoner forkastes.

6.3 RESULTATER

SO₂ (svoveldioksid)

Tabell 6.2 viser gjennomsnittlige konsentrasjoner av SO₂ i innelufta i de 15 boligene. Tabellen viser at SO₂-konsentrasjonene i innelufta var lav. Noen av boligene lå rundt Union A/S i Skien, som er den viktigste kilden til SO₂-utslipp i Grenlandsområdet. Også i disse boligene var SO₂-konsentrasjonen i innelufta lav. Årsaken var trolig at ingen av boligene var plassert lenge nok i røykfanen fra bedriften til å signifikant øke innekonsentrasjonen.

Generelt var det ingen signifikant forskjell mellom SO₂-konsentrasjonen inne i og utenfor boligene.

NO₂ (nitrogendioksid)

Tabell 6.2 viser også de målte gjennomsnittlige inneluftkonsentrasjonene over 64 timer av NO₂. NO₂-konsentrasjonen i inneluft var stort sett lavere enn konsentrasjonen i uteluft. Årsaken til dette var trolig at NO₂ reagerer med aktive overflater, som for eksempel tekstiler og betong, i innemiljøet. I mange boliger var innekonsentrasjonen av NO₂ høyere om sommeren enn om vinteren. Dette skyldes muligens at luftskiftet var høyest om sommeren.

CO (karbonmonoksid)

På grunn av en rekke små uhell og på grunn av temperaturvariasjoner inne i bilen, fungerte ikke CO-monitoren som planlagt. Det ble derfor bestemt å forkaste resultatene av målingene av CO-konsentrasjoner i inneluft.

Tabell 6.2 Gjennomsnittlige konsentrasjoner over 64 timer av SO₂ og NO₂ i innelufta i de 15 boligene. Enhet: µg/m³.

Bolig	Årstid	SO ₂	NO ₂
1	v ¹	11	21
	s ²	5	18
2	v ¹	7	16
	s ²	16	15
3	v ¹	9	20
	s ²	3	14
4	v ¹	10	14
	s ²	5	22
5	v ¹	7	13
	s ²	7	32
6	v ¹	12	9
	s ²	-	-
7	v ¹	10	14
	s ²	6	28
8	v ¹	-	10
	s ²	9	30
9	v ¹	10	7
	s ²	5	20
10	v ¹	7	4
	s ²	5	21
11	v ¹	9	22
	s ²	14	17
12	v ¹	-	14
	s ²	-	-
13	v ¹	12	13
	s ²	6	18
14	v ¹	19	9
	s ²	9	22
15	v ¹	6	16
	s ²	5	29

1) Vinter 2) Sommer

Svevestøv, finfraksjon

Finfraksjonen av svevestøvet inneholder partikler med diameter mindre enn $2,5 \mu\text{m}$. Resultatene av målingene av gjennomsnittlige inneluft-konsentrasjoner av finfraksjonen over 72 timer i de 15 boligene er vist i tabell 6.3. I bolig nummer 1,2,3,6,9,13 og 15 ble det rapportert at det ble røykt mer enn 4 sigaretter pr. dag. I de samme boligene ble de høyeste innekonsentrasjonene av finfraksjonen målt. I disse boligene var også inneluftkonsentrasjonene signifikant høyere enn uteluftkonsentrasjonene. I boliger hvor det ikke ble rapportert røyking, var det ingen signifikant forskjell mellom konsentrasjonene inne og ute. Resultatene av målingene viser derfor tydelig at tobakksrøyking er den viktigste kilden til finfraksjonen av svevestøvet i innelufta i norske boliger.

Svevestøv, grovfraksjon

Grovfraksjonen av svevestøvet inneholder partikler med diameter større enn $2,5 \mu\text{m}$ og mindre enn omtrent $15 \mu\text{m}$. Tabell 6.3 viser også resultatene av målingene av gjennomsnittlige inneluft-konsentrasjoner over 72 timer av grovfraksjonen. Stort sett var konsentrasjonene av grovfraksjonen lavere enn konsentrasjonene av finfraksjonen. Inneluftkonsentrasjonen av grovfraksjonen av svevestøvet var noe høyere enn konsentrasjonen ute i de fleste boligene. Om dagen var konsentrasjonen inne generelt høyere enn om natta, og årsaken til dette var trolig mer menneskelig aktivitet på dagtid.

Cl⁻ (klorid)

I begge måleperiodene (vinter- og sommerperioden) var konsentrasjonene i inneluft av Cl⁻ på de to størrelsesfraksjonene av svevestøvet omtrent like høye. I de fleste boligene var inneluftkonsentrasjonene av Cl⁻ på begge fraksjonene lavere enn $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabell 6.3 Gjennomsnittlige konsentrasjoner over 72 timer av de to fraksjonene av svevestøvet i innelufta i de 15 boligene.
 Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bolig	Årstid	Svevestøv Finfraksjon	Svevestøv Grovfraksjon
1	v ¹	125	30
	s ²	58	12
2	v ¹	52	26
	s ²	77	18
3	v ¹	128	18
	s ²	-	-
4	v ¹	17	12
	s ²	12	11
5	v ¹	13	18
	s ²	12	21
6	v ¹	93	13
	s ²	69	18
7	v ¹	14	13
	s ²	-	16
8	v ¹	18	12
	s ²	21	17
9	v ¹	43	39
	s ²	35	45
10	v ¹	26	22
	s ²	27	21
11	v ¹	18	15
	s ²	11	9
12	v ¹	10	9
	s ²	-	-
13	v ¹	83	18
	s ²	-	-
14	v ¹	13	6
	s ²	12	15
15	v ¹	44	11
	s ²	48	8

1) Vinter

2) Sommer

NO₃⁻ (nitrat)

De målte inneluftkonsentrasjonene av NO₃⁻ på finfraksjonen av svevestøvet var høyere enn konsentrasjonene på grovfraksjonen. Konsentrasjonene inne var lavere enn konsentrasjonene ute i begge måleperiodene, og de målte konsentrasjonene var lavere i sommerperioden enn i vinterperioden.

SO₄²⁻ (sulfat)

De målte konsentrasjonene av SO₄²⁻ på finfraksjonen av svevestøvet var høyere enn konsentrasjonene på grovfraksjonen både inne og ute. Utekonsentrasjonene var stort sett høyere enn konsentrasjonene inne.

HCOH (formaldehyd eller metanal)

Konsentrasjonene av HCOH ble bare målt inne i boligene. Generelt var konsentrasjonene høyere om sommeren enn om vinteren, trolig fordi avgassing fra forskjellige materialer var størst om sommeren når temperaturen var høyest. 109 µg/m³ var den høyeste konsentrasjonen som ble målt. Dette var den eneste konsentrasjonen som var høyere enn 65 µg/m³.

CH₃COH (acetaldehyd eller etanal)

Konsentrasjoner av CH₃COH ble bare målt i innelufta i boligene. Alle konsentrasjonene var lavere enn 40 µg/m³, og det var ingen signifikant forskjell mellom konsentrasjonene om sommeren og om vinteren.

6.4 GRUNNLAG FOR EKSPONERINGSBEREGNINGER

Resultatene av inne/ute-målingene ble benyttet til å etablere lineære sammenhenger mellom konsentrasjonene i inneluft og uteluft for hver av de aktuelle forurensningskomponentene. Disse sammenhengene inngikk i modellen som beregnet hver deltakers eksponering for luftforurensninger.

De etablerte sammenhengene var lineære uttrykk på formen

$$C_{inne} = a \cdot C_{ute} + b$$

der

C_{inne} = konsentrasjon i inneluft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) og

C_{ute} = konsentrasjon i uteluft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

a kalles penetreringskoeffisienten og er et mål på hvor sterkt C_{inne} avhenger av C_{ute} . b er et mål på den totale kildestyrken av innendørs kilder. a og b ble beregnet ved lineær regresjon på målingene inne og ute i de 15 boligene i hver måleperiode. Konsentrasjonsenheten i denne rapporten er $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der annet ikke er angitt.

SO₂ (svoveldioksid)

Alle de målte konsentrasjonene av SO₂, både inne og ute, var forholdsvis lave. For å etablere en sammenheng mellom inne- og utekonsentrasjonen av SO₂ som også kunne brukes ved høyere konsentrasjoner, måtte litteraturverdier benyttes. Sammenhengen ble som følger:

$$C_{inne} = 0,49 \cdot C_{ute} + 5,05$$

Dette medførte at C_{inne}/C_{ute} -forholdet var omtrent 1 når C_{ute} var lav og omtrent 0,5 når C_{ute} var høy. Dette samsvarer med tidligere undersøkelser i andre land.

NO₂ (nitrogendioksid)

I mange land fører bruk av gasskomfyrer og andre gassapparater til at konsentrasjonen av NO₂ i innelufta i boligene blir høy, og ofte er innekonsentrasjonen i disse landene klart høyere enn utekonsentrasjonen. I Norge har vi vanligvis ingen viktige NO₂-kilder i innemiljøet, og C_{inne}/C_{ute} -forholdet er derfor oftest lavere enn 1 i norske boliger siden NO₂ reagerer med aktive overflater innendørs.

Tabell 6.4 viser sammenhengene mellom konsentrasjoner av NO₂ i inneluft og uteluft.

Tabell 6.4. Beregnet sammenheng mellom konsentrasjoner av NO₂ inne (C_{inne}) og ute (C_{ute}) i boliger i Grenland med korrelasjonskoeffisienten r .
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Periode	Tidsrom	Bolig med beboer med LS ^a	Bolig uten beboer med LS ^a
Vinter	00 - 08 og 08 - 16	I: $C_{inne} = 0.28 \cdot C_{ute} + 6.30$, $r=0.67$	
	16 - 24	II: $C_{inne} = 0.35 \cdot C_{ute} + 6.50$, $r=0.49$	III: $C_{inne} = 0.21 \cdot C_{ute} + 10.50$, $r=0.69$
Sommer	00 - 08	IV: $C_{inne} = 0.56 \cdot C_{ute} + 7.50$, $r=?$	
	08 - 16 og 16 - 24	V: $C_{inne} = 0.81 \cdot C_{ute} + 1.50$, $r=0.89$	VI: $C_{inne} = 0.34 \cdot C_{ute} + 9.55$, $r=0.67$

a) LS = eksisterende lungesykdom.

Penetreringskoeffisienten i alle regresjonslinjene for NO_2 var mindre enn 1. Koeffisientene i boliger med beboer med eksisterende lungesykdom (LS) var større enn i boliger uten slik beboer. Årsaken til dette var antagelig at det var høyest luftskifte i boliger hvor en eller flere av beboerne led av en lungesykdom.

Svevestøv, finfraksjon

Partiklene i finfraksjonen av svevestøvet har kilder både innendørs og utendørs, og særlig kan tobakksrøyking inne øke konsentrasjonene av finfraksjonen i innelufta betraktelig.

For å bestemme penetreringen av fine partikler fra uteluft inn i inneluft i boligene, er det trolig best å studere konsentrasjonene av SO_4^{2-} (sulfat) på finfraksjonen innendørs og utendørs. Årsaken til dette er at det ikke er noen viktige SO_4^{2-} -kilder i innemiljøet. Penetreringskoeffisientene fra regresjonslinjene for SO_4^{2-} på finfraksjonen (se nedenfor) ble derfor også benyttet for finfraksjonen selv.

Kildestyrken til innendørskildene for finfraksjonen ble bestemt på følgende måte. Gjennomsnittlige inneluftkonsentrasjoner for hele måleperioden ble først beregnet. Linjene ble deretter tilpasset slik at de beregnede inneluftkonsentrasjonene tilsvarte disse gjennomsnittlige konsentrasjonene når uteluftkonsentrasjonen var $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De gjennomsnittlige inneluftkonsentrasjonene er vist i tabell 6.5.

Tabell 6.5: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av finfraksjonen av svevestøvet i tre kategorier boliger.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Periode	Tidsrom	Boliger hvor det røykes mer enn 10 sig. pr. dag	Boliger hvor det røykes 1-10 sig. pr. dag	Boliger hvor det ikke røykes
Vinter	08 - 20	116	55	17,5
	20 - 08	78	40,5	14,5
Sommer	08 - 20	64	27	19
	20 - 08	55	23	13

De beregnete sammenhengene mellom konsentrasjonene av finfraksjonen av svevestøvet i inneluft og uteluft er vist i tabell 6.6 og 6.7.

Tabell 6.6: Sammenheng mellom konsentrasjoner av finfraksjonen av svevestøvet inne (C_{inne}) og ute (C_{ute}) i boliger i Grenland i vinterperioden.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tidsrom	Bolig hvor det røykes mer enn 10 sig. pr. dag	Bolig hvor det røykes 1-10 sig. pr. dag	Bolig hvor det ikke røykes
08-20	$C_{inne} = 0,73 \cdot C_{ute} + 97,75$	$C_{inne} = 0,73 \cdot C_{ute} + 36,75$	$C_{inne} = 0,73 \cdot C_{ute} - 0,75^a$
20-08	$C_{inne} = 0,70 \cdot C_{ute} + 60,50$	$C_{inne} = 0,70 \cdot C_{ute} + 23,00$	$C_{inne} = 0,70 \cdot C_{ute} - 3,00^a$

a) Dersom beregnet c_{inne} er negativ, settes $c_{inne} = 0$.

Tabell 6.7: Sammenheng mellom konsentrasjoner av finfraksjonen av svevestøvet inne (C_{inne}) og ute (C_{ute}) i boliger i Grenland i sommerperioden.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tidsrom	Bolig med beboer som lider av LS ^a	Bolig hvor det røykes mer enn 10 sig. pr. dag	Bolig hvor det røykes 1-10 sig. pr. dag	Bolig hvor det ikke røykes
08-20	Ja	$C_{inne} = 0,87 \cdot C_{ute} + 42,25$	$C_{inne} = 0,87 \cdot C_{ute} + 5,25$	$C_{inne} = 0,87 \cdot C_{ute} - 2,75$ ^b
	Nei	$C_{inne} = 0,75 \cdot C_{ute} + 45,25$	$C_{inne} = 0,75 \cdot C_{ute} + 8,25$	$C_{inne} = 0,75 \cdot C_{ute} + 0,25$
20-08	Ja	$C_{inne} = 0,72 \cdot C_{ute} + 37,00$	$C_{inne} = 0,72 \cdot C_{ute} + 5,00$	$C_{inne} = 0,72 \cdot C_{ute} - 5,00$ ^b
	Nei			

a) LS = eksisterende lungesykdom.

b) Dersom beregnet C_{inne} er negativ, settes $C_{inne} = 0$.

SO₄²⁻ (sulfat), finfraksjon

I uteluft er konsentrasjonen av SO₄²⁻ på finfraksjon vanligvis klart høyere enn konsentrasjonen på grovfraksjon. Siden det ikke er noen viktige innendørs kilder for SO₄²⁻, antas det at det samme gjelder for SO₄²⁻ i inneluft, og undersøkelsen i Grenland viste at dette er riktig.

Sammenhengen mellom konsentrasjonene av SO₄²⁻ på finfraksjonen i inneluft og uteluft er vist i tabell 6.8.

Tabell 6.8: Beregnet sammenheng mellom konsentrasjonen av SO_4^{2-} på finfraksjonen innendørs (C_{inne}) og uten-dørs (C_{ute}) i boliger i Grenland. Samme formler benyttes for NO_3^- på finfraksjonen. Regresjonskoeffisienten r er gitt. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Periode	Tidsrom	Boliger med beboer som lider av LS ^a	Bolig uten beboer som lider av LS ^a
Vinter	08-20	$C_{\text{inne}} = 0,73 \cdot C_{\text{ute}} + 0,32, r = 0,89$	
	20-08	$C_{\text{inne}} = 0,70 \cdot C_{\text{ute}} - 0,23^b, r = 0,73$	
Sommer	08-20	$C_{\text{inne}} = 0,87 \cdot C_{\text{ute}} + 0,94, r = 0,95$	$C_{\text{inne}} = 0,75 \cdot C_{\text{ute}} + 0,43, r = 0,92$
	20-08	$C_{\text{inne}} = 0,72 \cdot C_{\text{ute}} - 0,26, r = 0,98$	

a) LS = eksisterende lungesykdom.

b) Dersom beregnet C_{inne} er negativ, settes $C_{\text{inne}} = 0$.

NO_3^- (nitrat), finfraksjon

Det ble antatt at SO_4^{2-} og NO_3^- på finfraksjonen av svevestøvet stort sett reagerer likt i inneluft og uteluft. De etablerte sammenhengene for SO_4^{2-} ble derfor også benyttet for NO_3^- .

CO (karbonmonoksid)

Alle resultatene av målingene av CO-konsentrasjoner i inneluft ble forkastet. Litteraturverdier måtte derfor brukes. Den etablerte sammenhengen, som ble benyttet var:

$$C_{\text{inne}} = 0,7 \cdot C_{\text{ute}}$$

(I mange tilfeller oppgis CO-konsentrasjonen med enhet mg/m^3 .)

O₃ (ozon)

I denne undersøkelsen ble det ikke foretatt målinger av O₃-konsentrasjoner i inneluft. O₃ er imidlertid forholdsvis reaktivt og luftskiftet i norske bygninger er ofte relativt lavt. Det ble derfor antatt at inneluftkonsentrasjonen av O₃ ville være betydelig lavere enn konsentrasjonen i uteluft. I litteraturen har det blitt rapportert c_{inne}/c_{ute}-forhold mellom 0,1 og 0,8. På grunn av det relativt lave luftskiftet, ble det antatt et c_{inne}/c_{ute}-forhold på 0,2, som ga følgende sammenheng:

$$c_{inne} = 0,2 \cdot c_{ute}$$

Pollen

Konsentrasjonen av pollen i innelufta i boligene ble ikke målt, og det har bare blitt rapportert noen få slike målinger i litteraturen. Det er imidlertid rimelig å anta at konsentrasjonen i inneluft stort sett er klart lavere enn uteluftkonsentrasjonen. Følgende sammenheng ble derfor valgt.

$$c_{inne} = 0,2 \cdot c_{ute}$$

Andre komponenter

Forsøksvise sammenhenger for grovfraksjonen av svevestøvet, SO₄²⁻ (sulfat) på grovfraksjonen og NO₃⁻ (nitrat) på grovfraksjonen ble også etablert. Disse komponentene inngikk imidlertid ikke i eksponeringsberegningene.

7 MODELLBEREGNINGER AV ROMLIGE KONSENTRASJONSFORDELINGER AV LUFTFORURENSNINGER

K.E. Grønskei, S.E. Walker og F. Gram

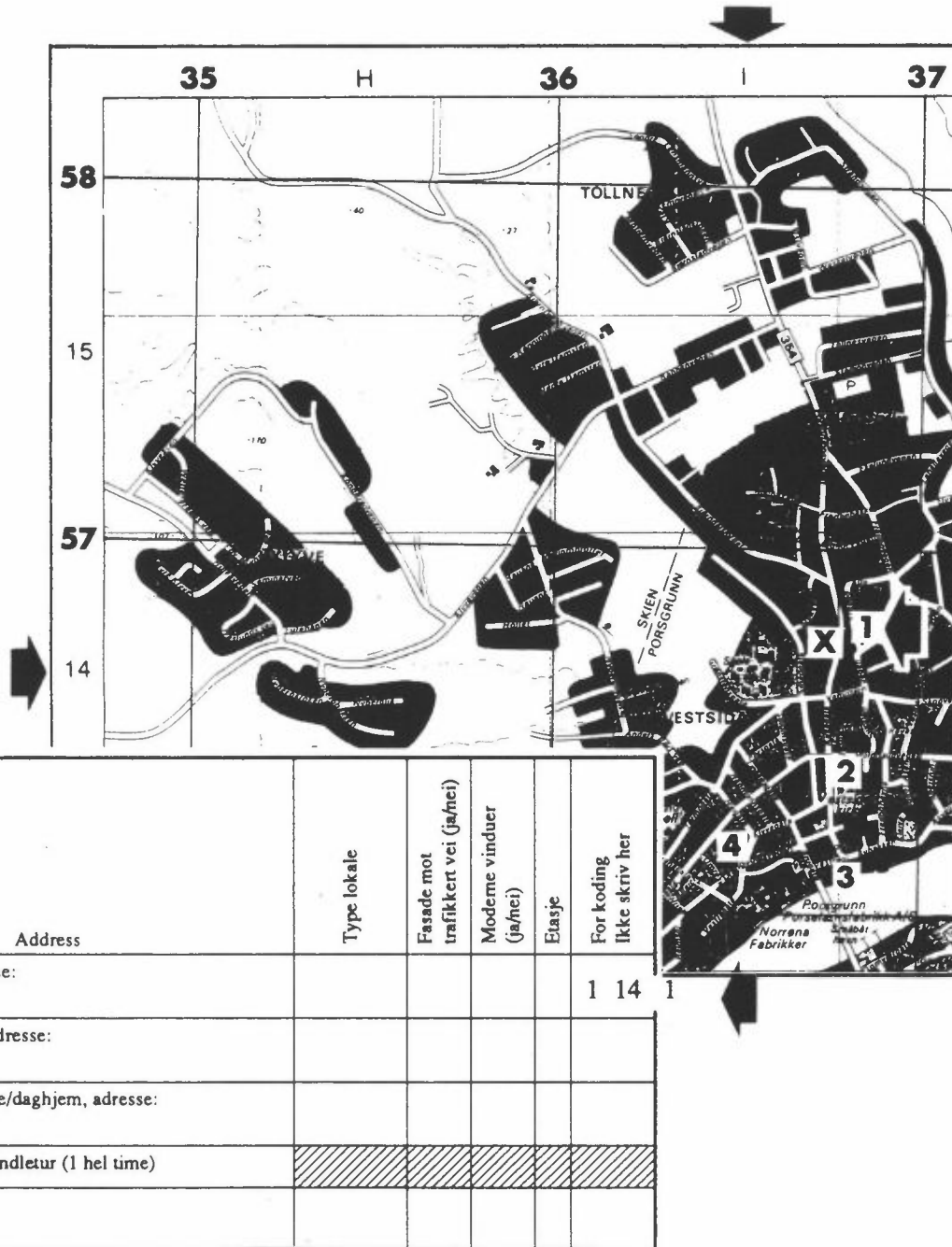
7.1 METODE

Befolkningen i et område blir utsatt for en rekke forureningskomponenter som varierer i tid og rom. Det er ikke mulig å måle forureningskonsentrasjonene alle steder i området og en er henvist til å benytte en kombinasjon av målinger og modellberegninger til å beskrive folks eksponering til luftforurensninger.

Fluktuasjoner i forurenningene bestemmes ved kontinuerlige målinger av en rekke komponenter på utvalgte målestasjoner i området. Posisjonen av målestedene er valgt slik at målingene skal være representative for store deler av området. For å kunne si noe om konsentrasjonsvariasjonen mellom målepunkter er det nødvendig med modellberegninger. I dette prosjektet er det utført beregninger i et nett på 16 x 23 km², og det er utført målinger på fem forskjellige målesteder.

Utslippene fra de forskjellige kildene følger vindfeltet og fortynnes p.g.a. turbulens og vindfluktuasjoner. Utslippet kan variere mye i tid, og nær store punktkilder vil en kunne få store konsentrasjonsgradienter som målingene ikke vil kunne registrere. Ved en kombinasjon av beregningsresultater og målinger har en forbedret beskrivelsen av den romlige konsentrasjonsfordelingen i området.

Hver deltaker i prosjektet registrerer oppholdssted og/eller reisevei fra time til time. Posisjonen er kodet om til km²-rute, og i tillegg er det registrert når en person har reist eller oppholdt seg i eller ved en hovedvei/gate (se figur 7.1).



Figur 7.1: Eksempel på kodesystemet som er brukt til posisjonsbestemmelser.

Timevise data for utslipp, vind og turbulens danner grunnlaget for den numeriske beskrivelsen av forurensningene. Disse er knyttet sammen i en tidsavhengig, massekonsistent spredningsmodell, EPISODE, hvor det for hver time er beregnet middelkonsentrasjoner i hver km²-rute i tre nivåer over bakken. Til beskrivelse av den horisontale spredning er det benyttet endelig-differansemetoden som gjør beregningene massekonsistente, men som kan gi litt for god spredning p.g.a. numerisk diffusjon. I og med at det er midler over en km²-rute som beregnes, får en ikke beskrevet ekstreme konsentrasjonsverdier og konsentrasjonsgradienter ved denne metoden.

For å ta hensyn til dette er det benyttet en egen gate/vei-modell som beregner konsentrasjoner ved hovedveiene i området fra time til time. Utslipp fra store enkeltkilder behandles i EPISODE ved en sub-grid puff-modell, der utslippet deles opp i puff som følger vindfeltet i riktig høyde og vokser som følge av diffusjon. Når størrelsen av puffet er større enn halvparten av boksdimensjonene horisontalt eller vertikalt blandes massen av puffet med lufta i den boksen puffet er.

De fleste puffene kommer fra høye skorsteiner og bidrar lite til bakkekonsentrasjonene annet enn i situasjoner med sterk vertikalturbulens. Rundt lave enkeltanlegg vil en få subgrid-konsentrasjonsgradienter, spesielt for

- SO₂-konsentrasjoner i Skien-området
- Konsentrasjoner av nitrogenoksider og partikler nær Herøya-området.

I andre områder kan en få subgrid-variasjoner på grunn av kortvarige høye utslipp fra en kilde i nærheten, eller også ved ekstremt dårlig trafikkavvikling i en vei/gate. Slike subgrid fluktuasjoner i tid og rom kan betraktes som en stokastisk del av konsentrasjonsnivået som må behandles spesielt i eksponeringsberegningene.

Kontrollen av beregningsmetodene beskrevet i kapittel 7.4 viser at forurensningssonen rundt trafikkerte veier bør beskrives mer detaljert, men dette vil kreve mer detaljerte inngangsdata.

I tillegg til mangelen i romlig oppløsning har en følgende feilkilder, som er vurdert nærmere ved presentasjonen av beregningsresultatene:

- feil i inngangsdata (utslipp og meteorologiske data)
- feil i modellbeskrivelsen, spesielt beskrivelsen av vertikalutveksling i inversjonssituasjonene.

7.2 BESKRIVELSE AV BEREGNINGSMETODENE

7.2.1 Konsentrasjonsbidrag fra lokale kilder (EPISODE)

For å beskrive variasjoner i tid og rom som et resultat av lokale utslipp er atmosfæren nær bakken delt i tre lag for å ta hensyn til variasjoner i utslipp-, vind- og spredningsforhold. De tre lagene (0-50, 50-100 og 100-200 m) deles i et rutenett på 16 x 23 km², og adveksjons-diffusjonslikningen er benyttet til å beskrive lokale konsentrasjonsendringer:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \underbrace{\vec{v}_h \cdot \nabla_h C_i}_{\text{I}} - \underbrace{w \frac{\partial C_i}{\partial z}}_{\text{II}} - \underbrace{\frac{\partial (w' C_i')}{\partial z}}_{\text{III}} - \underbrace{\nabla_h \cdot (\vec{v}_h' C_i')}_{\text{IV}} + \underbrace{R_i}_{\text{V}} + \underbrace{Q_i}_{\text{VI}}$$

Konsentrasjonsendringene i hver boks er beskrevet ved:

- I horisontal adveksjon mellom rutene
- II vertikal adveksjon mellom nivåene
- III turbulent vertikalutveksling
- IV turbulent horisontalutveksling
- V avsetninger og kjemiske reaksjoner
- VI utslipp

- Horisontal adveksjon beregnes på grunnlag av horisontale vindfelt som er bestemt på grunnlag av statistisk interpolasjon av timevise vind-data fra 4 målestasjoner.
- Vertikaladveksjon beregnes på grunnlag av den horisontale divergensen i vindfeltet og ved å forutsette at det ikke forekommer masseopphopning.
- Vertikalutveksling mellom lagene beregnes på grunnlag av SODAR målinger av vertikale vindfluktuasjoner (σ_w) i nivåene som skiller lagene i modellen (50 m, 100 m og 200 m). Statistisk turbulensteori brukes for å beregne vertikalutveksling mellom lagene på grunnlag av vindfluktuasjonsmålingene og beskrivelsen av turbulensskala og "Lagranges" tidsskala gitt av Venkatram et al. (1984).
- En metode foreslått av Irwin (1983), anvendes til å beregne horisontal utveksling nær kildene.

7.2.2 Grensebetingelser

Konsentrasjonsverdier i luften som strømmer inn i området (bakgrunnskonsentrasjonen) må bestemmes ved hjelp av målinger. Akkumulerte konsentrasjoner i luften som strømmer gjennom beregningsområdet bestemmer fluksen ut av området.

Målinger fra de eksisterende stasjonene er brukt til å estimere bakgrunnskonsentrasjoner. Estimater baseres på en optimaliseringsprosess som legger vekt på målinger fra stasjoner som er lite påvirket av lokale utslipp, og fra stasjoner langt fra konsentrasjonsgradienter. Konsentrasjonen i luften av et stoff som kommer inn i området (bakgrunnskonsentrasjonen) er antatt å være konstant i rommet, både horisontalt og vertikalt. Her er den betegnet med symbolet β .

Bakgrunnskonsentrasjonen er estimert på en gitt time som

$$\hat{\beta} = \sum_{k=1}^n w_k (O_k - M_k)$$

Her betegner n antall målestasjoner, w_k betegner vektorer for målinger fra ulike vindstasjoner for $k=1, \dots, n$ og O_k og M_k er observerte og beregnede konsentrasjoner basert på data for utslipp og spredning ved stasjonen k for $k=1, \dots, n$.

Siden bakgrunnen er en additiv del av konsentrasjonsnivået i området, bør forskjellen mellom observerte verdier og spredningsberegnete verdier gi informasjon om bakgrunnsnivået β . Ideelt vil forskjellen $O_k - M_k$ være lik β for enhver stasjon dersom en har feilfrie data.

Vektene er innført for å legge mer vekt på stasjoner som betraktes som en god estimator på bakgrunnskonsentrasjoner.

Den statistiske modellen er basert på definisjon og beregning av varianser V_k for hver stasjon k :

$$V_k = \sigma_{\varepsilon_k}^2 + M_k^2 \sigma_{Q_k}^2 + (1 + \sigma_{Q_k}^2) \|\nabla M_k\|^2 \sigma_{\Delta_k}^2$$

Her betegner σ_{ε_k} målestøy-usikkerhet assosiert med nivået i feltet og σ_{Q_k} romlig usikkerhet ved stasjonen k . Videre betegner størrelsen $\|\nabla M_k\|$ retningslinjene til gradientvektoren i det spredningsberegnete konsentrasjonsfeltet ved stasjonen k , og σ_{Δ_k} betegner en romlig usikkerhet på grunn av feil i posisjonen av forurensningsskyen (adveksjonsfeil).

Vektene er valgt for å minimalisere totalvariansen i bakgrunns-prediktoren $\hat{\beta}$. Det kan vises at optimale vektorer er omvendt proporsjonale med V_k -verdier, dvs.:

$$w_k^* = V_k^{-1} / \sum_{i=1}^n V_i^{-1}$$

Vektene er skalert slik at summen av vektene blir lik 1. Dette gjør prediktoren $\hat{\beta}$ tilnærmet optimal som en prediktor for bakgrunnskonsentrasjonen β .

Denne metoden er anvendt for å estimere bakgrunnskonsentrasjoner for de tre komponentene NO_x , SO_2 og partikler med en diameter mindre enn $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$). For NO_x - og SO_2 -verdiene ble måleverdier fra de fire stasjonene Klyve, Nenset, Frednes og Ås benyttet, mens for $\text{PM}_{2.5}$ -verdiene ble stasjonene Klyve, Nenset og Ås benyttet.

Data fra stasjonen Georg Stangs gt. i Skien ble ikke benyttet til estimeringsprosedyren hovedsakelig på grunn av påvirkning fra nærliggende industrikilder.

7.2.3. Korreksjoner av konsentrasjonsfordelinger basert på timevise målinger.

Avvikene mellom observerte og beregnede konsentrasjonsverdier kan skyldes følgende grupper av feil:

1. Feil som et resultat av inngangsdata på timebasis.
 - 1.1 Kilder utenfor området
 - 1.2 Utslipp fra enkeltkilder
 - 1.3 Utslipp fra arealkilder
 - 1.4 Horisontale vindfelt
 - 1.5 Vertikalutveksling (blanding).
2. Feil som et resultat av beregningsmetodene.
 - 2.1 Konsentrasjonsvariasjoner innenfor beregningsrutene.
 - 2.2 Beskrivelse av vertikal utveksling

Feilene påvirket de beregnede fordelingene på forskjellig måte. Feil som et resultat av kilder utenfor området korrigeres for

ved å legge til en romlig homogen konsentrasjonsverdi til alle gridpunkter i området.

Feil som et resultat av horisontaladveksjon tas hensyn til ved å føre inn en romlig usikkerhet i resultatene av spredningsberegningene som det ikke kan korrigeres for ved statistisk interpolasjonsprosedyre. Det er antatt at hovedtrekkene i konsentrasjonsfordelingene basert på spredningsberegningene er bevart i de observerte verdiene. Feil i utslippsintensiteten fra arealkildene og/eller i den vertikale utvekslingsprosessen influerer på de virkelige konsentrasjonsverdiene. Dette kan korrigeres for ved en proporsjonalitetsfaktor. Når proporsjonalitetsfaktoren varierer i rommet, tas ikke-homogene effekter med i betraktning.

Korreksjonen av spredningsberegningene baseres på følgende ligning:

$$\Delta c(x,y) = \sum_{k=1}^n W_k(x,y) \ln (O'_k / M'_k)$$

Her betegner n antall målestasjoner, $W_k(x,y)$ er vekter tilordnet stasjonen k for gridpunktet (x,y) og O'_k og M'_k er utledet av observerte og modellberegnete verdier for stasjonen k på følgende måte:

$$O'_k = \max (O_k - \beta, 5)$$

$$M'_k = \max (M_k, 5)$$

Verdien M_k bestemmes her som den best tilpassede konsentrasjonen innen 1 kilometers avstand fra stasjonen k (matching), hvor β er bakgrunnskonsentrasjonen.

Det er for å unngå meningsløst lave eller store verdier i de logaritmiske forskjellene at de observerte og modellberegnete konsentrasjonsverdiene er erstattet med modifiserte verdier.

Vektene er beregnet uavhengig av tiden.

De endelige korreksjonene av spredningsberegningene baseres på følgende formel:

$$\hat{M}(x,y) = M(x,y) \exp(\Delta c(x,y))$$

Fra denne formelen følger at de oppdaterte verdiene $\hat{M}(x,y)$ vil være lik de observerte verdiene ved målestasjonene $k=1, \dots, n$.

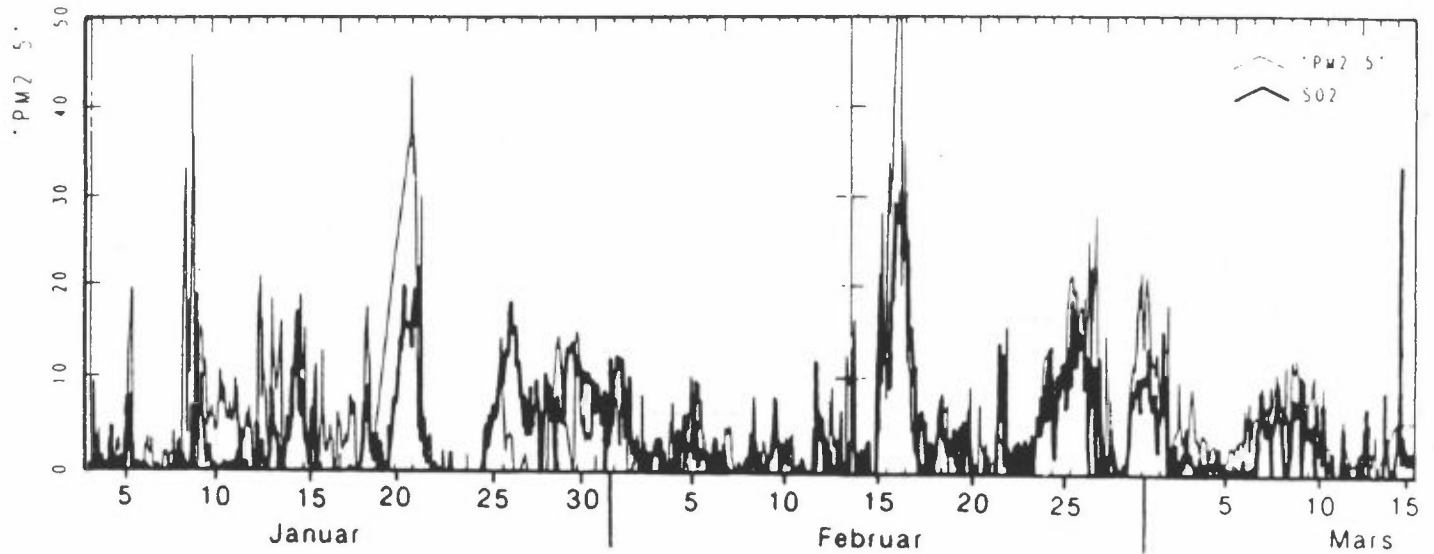
Korreksjoner av spredningsberegningene er basert på multiplikasjon av konsentrasjonsverdier med faktorer som alle er ikke-negative og som varierer omkring 1. Siden faktorene alle er ikke-negative, vil det korrigerte feltet $\hat{M}(x,y)$ også være ikke-negativt.

Nær en stasjon vil det korrigerte feltet svare til målte verdier. Langt fra stasjonene vil den geometriske middelveidien mellom observerte og beregnede verdier bli anvendt som en korreksjonsfaktor. På denne måten vil lokalkorreksjonene svare til de observerte konsentrasjonene og skalering av konsentrasjonsfordelingen vil bli bevart i korreksjonsprosedyren. Denne korreksjonsmetoden er benyttet til å korrigere spredningsberegningene for komponentene NO_x , SO_2 og $\text{PM}_{2.5}$. For NO_x og SO_2 ble de fem stasjonene Klyve, Georg Stangs gt., Nenset, Frednes og Ås benyttet til korreksjoner, mens for $\text{PM}_{2.5}$ ble data for de tre stasjonene Klyve, Nenset og Ås benyttet.

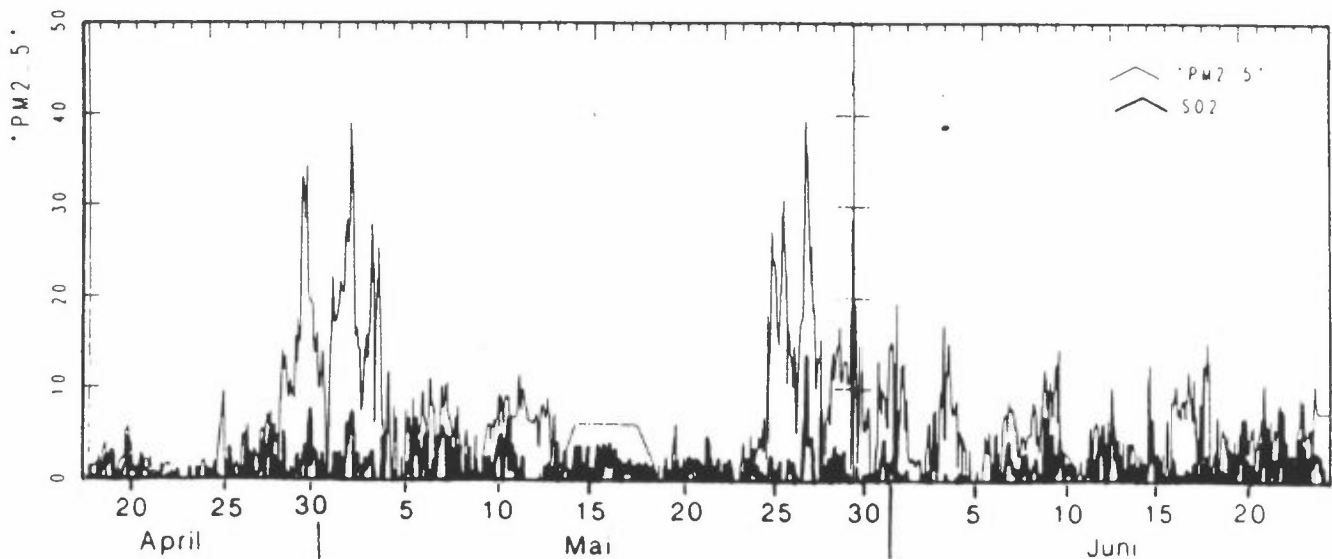
7.3 ESTIMERTE KONSENTRASJONER I LUFTEN SOM KOMMER INN I OMRÅDET (BAKGRUNNSKONSENTRASJONER)

Figur 7.2 viser estimerte timesvariasjoner i bakgrunnskonsentrasjonene for komponentene SO_2 og $\text{PM}_{2.5}$. Figuren viser god overensstemmelse mellom konsentrasjonene av disse komponentene. Beregningene er basert på separate serier av målinger, og samtidige maksimalkonsentrasjonsverdier av SO_2 og partikler indikerer episoder av langtransport av forurensning.

"PM 2.5" and SO₂ background
3.1 - 15.3 1988



18.4 - 24.6 1988



Figur 7.2: Timevise bakgrunnskonsentrasjoner av SO₂ og PM_{2.5} i luften som kommer inn i Grenland i vinterperioden 3.1.-15.3.1988 (a) og i sommerperioden 18.4.-24.6.1988 (b).

I sommerperioden ble det registrert to perioder med høye konsentrasjoner av fine partikler (PM_{2.5}): mellom 30.4-3.5.1988 og igjen mellom 25.5.-28.5.1988. Disse to periodene var også karakterisert av høye verdier for sulfat (SO₄²⁻) ved stasjonene

Klyve og Ås. Målinger i bakgrunnsområder (Birkenes) indikerer at de høye bakgrunnskonsentrasjone hovedsakelig kommer fra kilder utenfor området også i sommerperioden.

7.4 RESULTATER OG KONTROLL AV BEREGNINGSMETODENE

Kontroll av beregningsmetodene har vært utført ved å benytte parametere anbefalt av U.S. EPA Guidelines (US EPA 1981, 1984). Det er også tatt hensyn til resultater av Willmott (1982).

Grunnlaget for kontrollen av modellen er sammenligning av observerte og modellberegnete timesverdier av konsentrasjoner på målestasjonene i området.

Fem målesteder for NO_x og SO_2 er brukt: Klyve, Georg Stangs gt., Nenset, Frednes og Ås. De statistiske kontrollparametrene er beregnet for hvert målested og hver periode (vinter: 3.1.-15.3.1988; sommer: 18.4.-24.6.1988).

Figur 7.3 og 7.4 illustrerer beregnede konsentrasjoner som beskrevet ovenfor. Figur 7.3 viser konsentrasjonsfordelingen for fire komponenter (O_3 , partikler, NO_2 og SO_2) den 9. mars 1988 kl 01, mens figur 7.4 viser konsentrasjonsfordelingen av NO_x på timebasis over i alt sju timer, fra og med kl 06 til og med kl 12 den 8. januar 1988 (bare vist annen hver time).

7.4.1 Kontroll av beregningsmetodene for nitrogenoksider (NO_x)

Tabell 7.1 viser beregningsresultater for NO_x . For de fem målestedene, Klyve, Georg Stangs gt., Nenset, Frednes og Ås, er gjennomsnittlig beregnet konsentrasjon av NO_x (P+B+M) framkommet ved å addere bakgrunnskonsentrasjonen til konsentrasjonen fra modellberegningene (P). Deretter tar en hensyn til en romlig usikkerhet ved å sammenligne målingene med den beregnede konsentrasjonen innenfor en avstand på en km fra målestasjonen som stemmer best med måleverdien. De statistiske kontrollparametere er gitt i kolonnen merket P+B+M i tabell 7.1.

Tabell 7.1: Statistiske parametere for sammenhengen mellom observerte og beregnede NO_x-konsentrasjoner. Periode: 3.1.-15.3. 1988

Stasjon		Klyve			Georg Stangs gt.		
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	µg/m ³	24.1	21.3	26.8	38.2	38.5	38.4
St.avvik	"	30.1	30.2	30.0	49.1	48.9	41.5
NMD	"		0.12	-0.11		-0.007	-0.003
RMSE	"		28.3	13.5		41.3	25.9
RMSE _s	"		13.4	4.1		17.6	13.8
RMSE _u	"		24.9	12.9		37.4	21.9
Korr			0.57	0.90		0.65	0.85
IA			0.74	0.95		0.79	0.91
Stasjon		Nenset			Frednes		
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	µg/m ³	61.9	40.6	44.1	73.4	44.1	57.5
St.avvik	"	89.9	51.0	29.4	95.5	57.7	64.9
NMD	"		0.34	0.29		0.40	0.22
RMSE	"		73.7	60.6		84.5	56.5
RMSE _s	"		61.9	53.0		69.7	44.1
RMSE _u	"		39.9	29.4		47.8	35.4
Korr			0.62	0.81		0.56	0.84
IA			0.69	0.80		0.67	0.87
Stasjon		Ås					
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	µg/m ³	24.4	29.6	33.8			
St.avvik	"	30.4	38.5	34.7			
NMD	"		-0.21	-0.38			
RMSE	"		38.6	26.3			
RMSE _s	"		15.7	10.8			
RMSE _u	"		35.2	24.0			
Korr			0.40	0.72			
IA			0.61	0.82			

0 : Observerte NO_x-konsentrasjoner.

P : Konsentrasjonsverdi basert på spredningsberegninger.

P+M+B: Konsentrasjonsverdi basert på konsentrasjonen i luften som kommer inn i området, bidraget fra lokale utslipp og ved å ta hensyn til romlig usikkerhet i uberegnet forurensningskonsentrasjon.

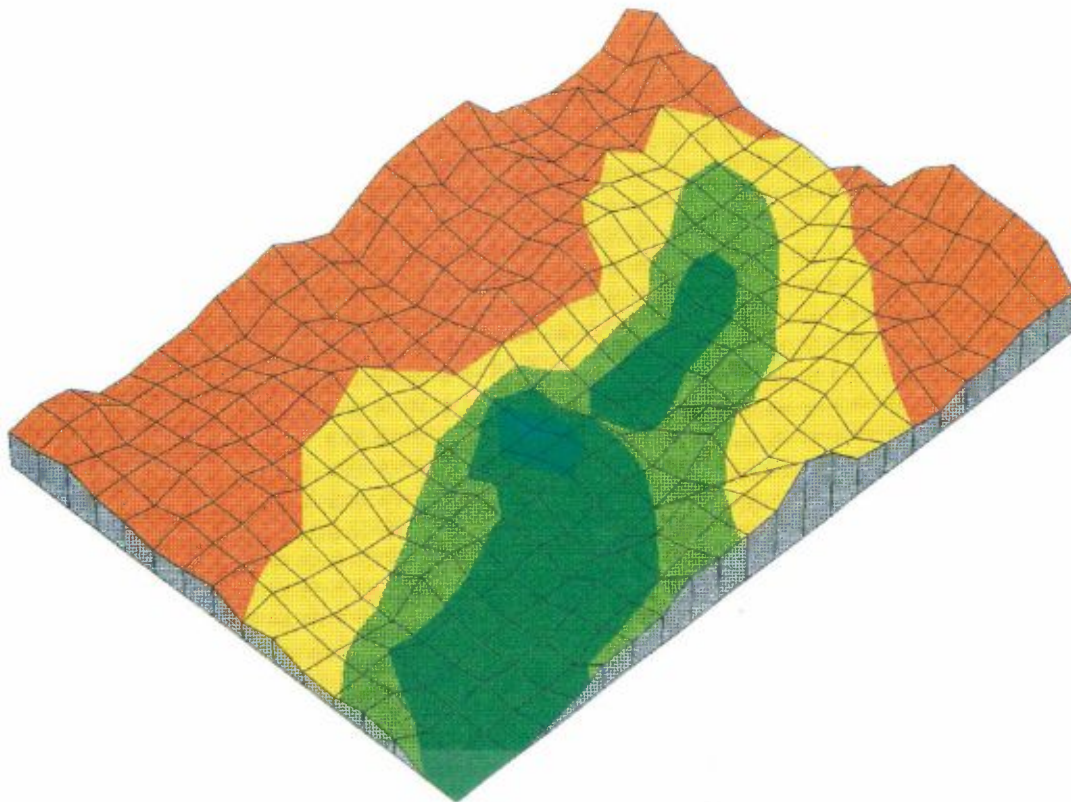
NMD : Normalisert midlere differanse mellom observert og beregnet konsentrasjon.

RMSE : Roten av midlere kvadratavvik mellom observerte og beregnede verdier (usystematisk og systematisk midlere kvadratavvik).

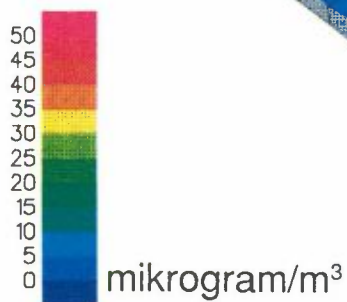
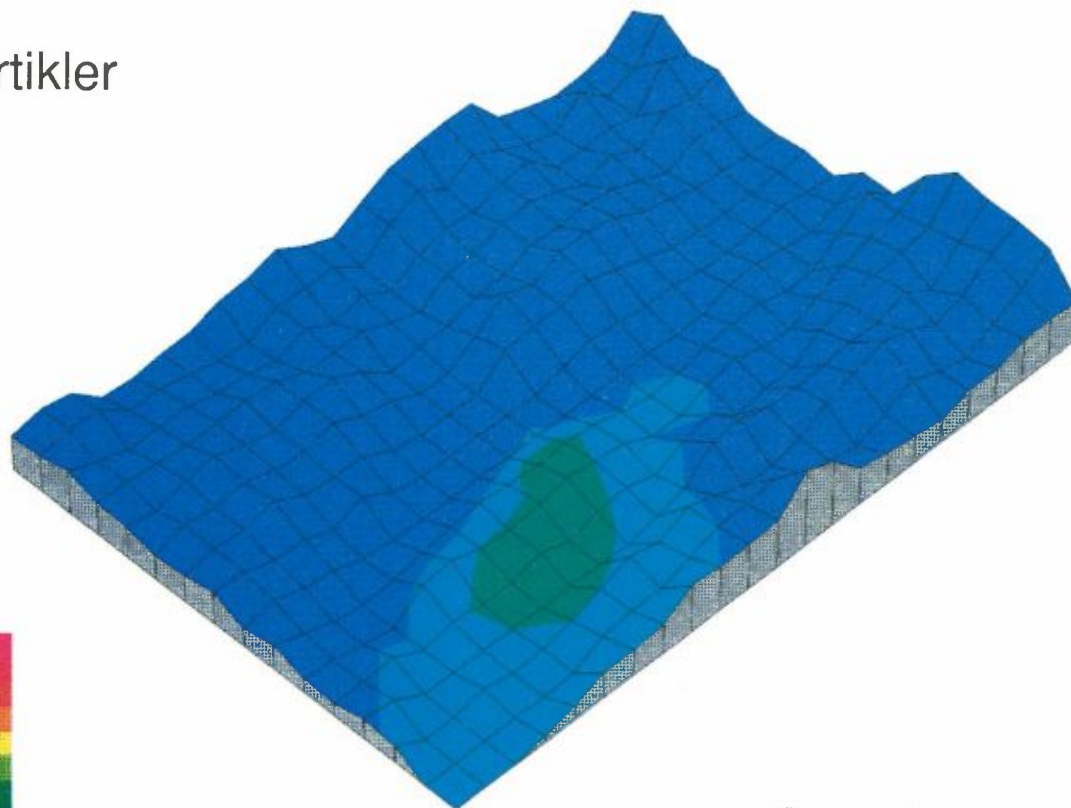
Korr : Korrelasjonskoeffisient.

IA : Samvariasjonsindeks.

O₃



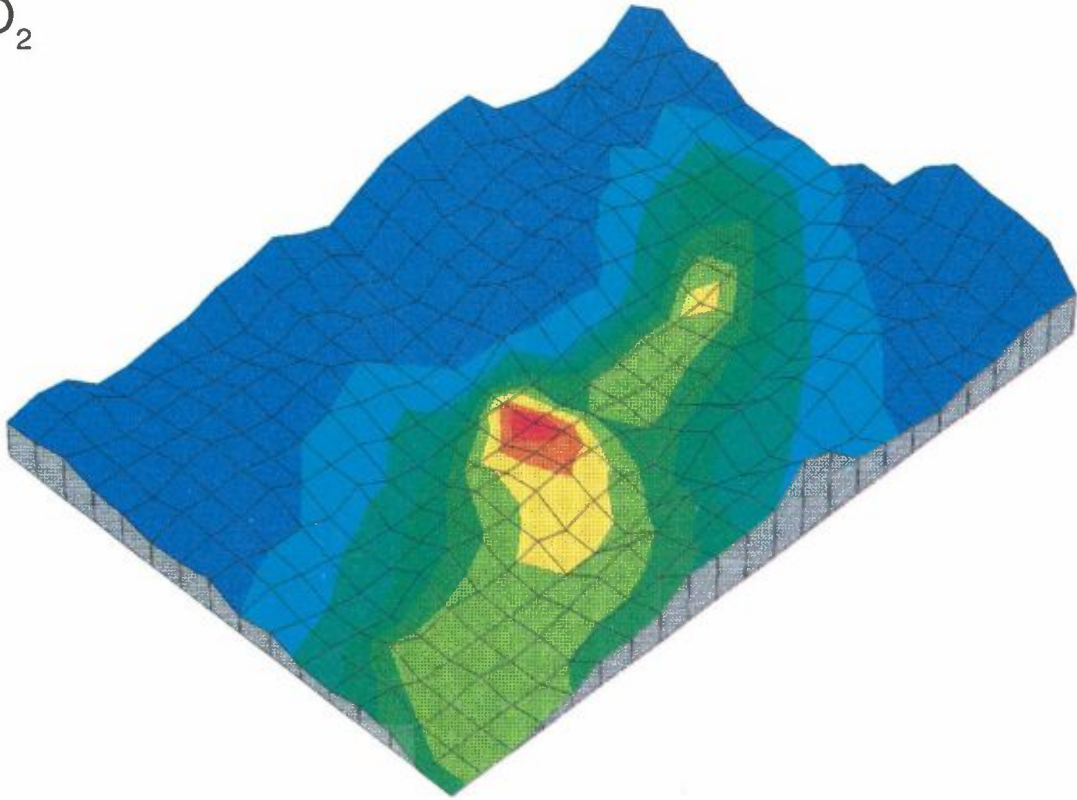
Partikler



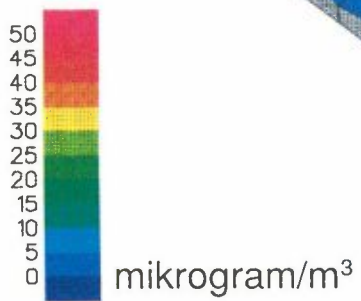
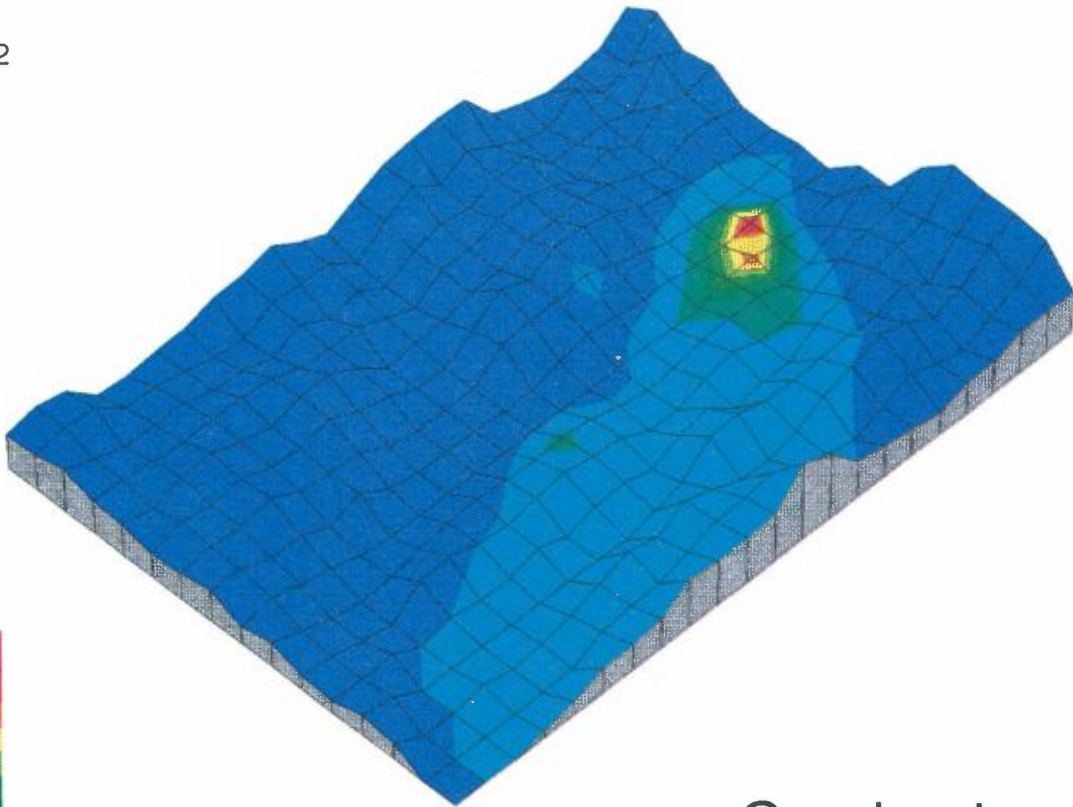
Grenland
9. mars 1988

Figur 7.3.a: Konsentrasjonsfordeling av O₃ og partikler
9. mars 1988 kl 0100.

NO₂



SO₂

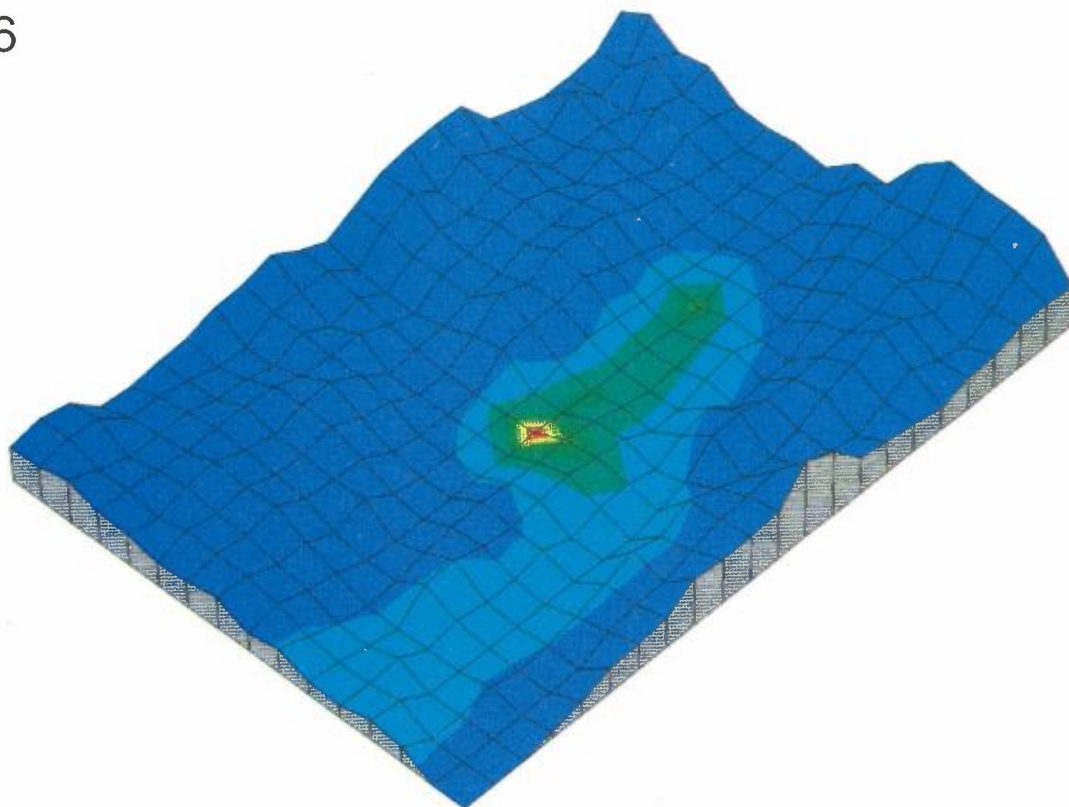


Grenland

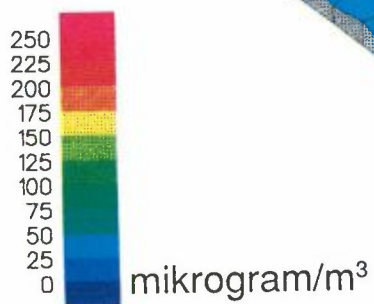
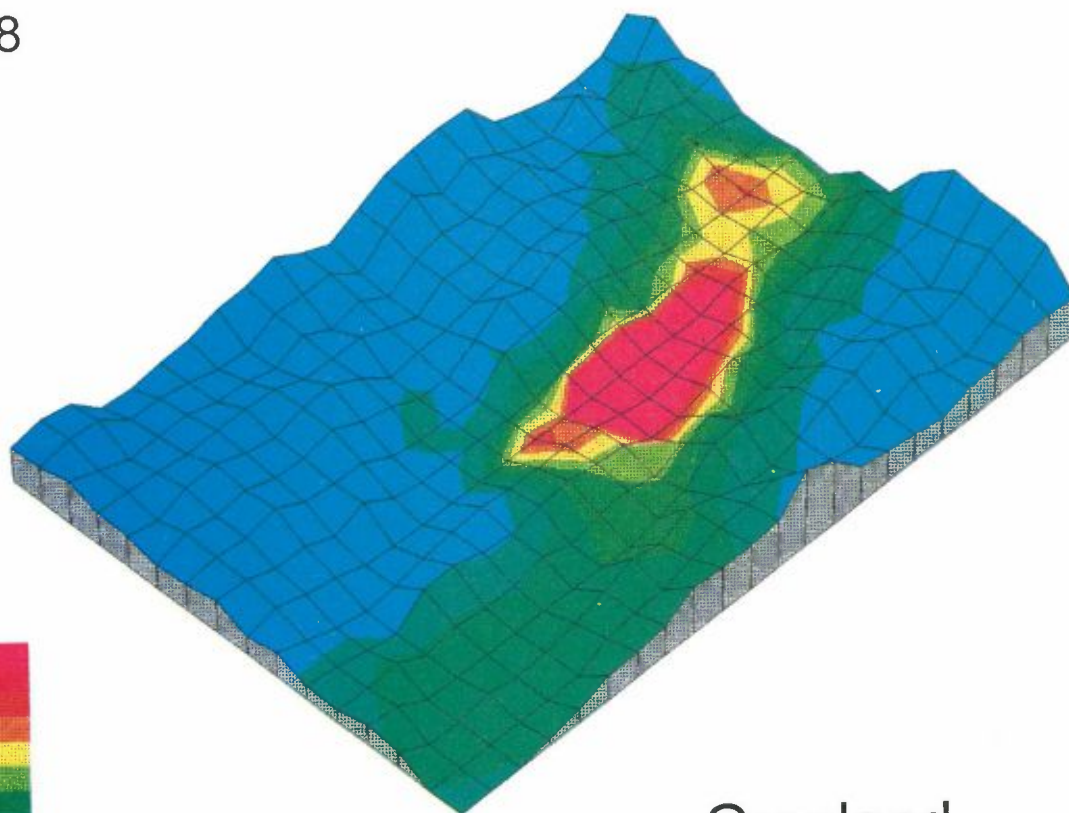
9. mars 1988

Figur 7.3.b: Konsentrasjonsfordeling av NO₂ og SO₂
9. mars 1988 kl 0100.

kl. 6



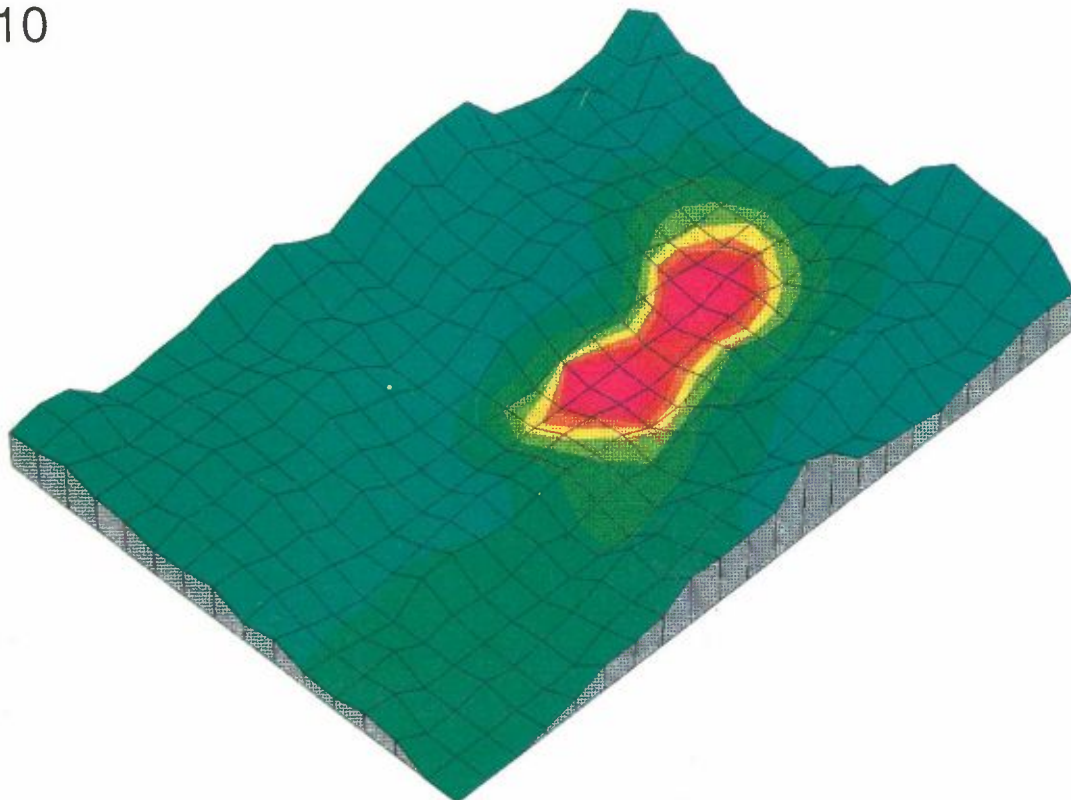
kl. 8



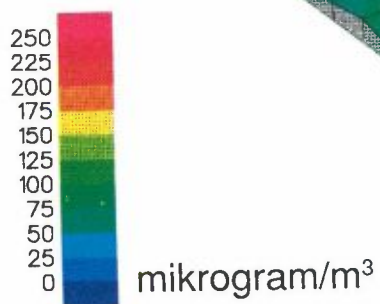
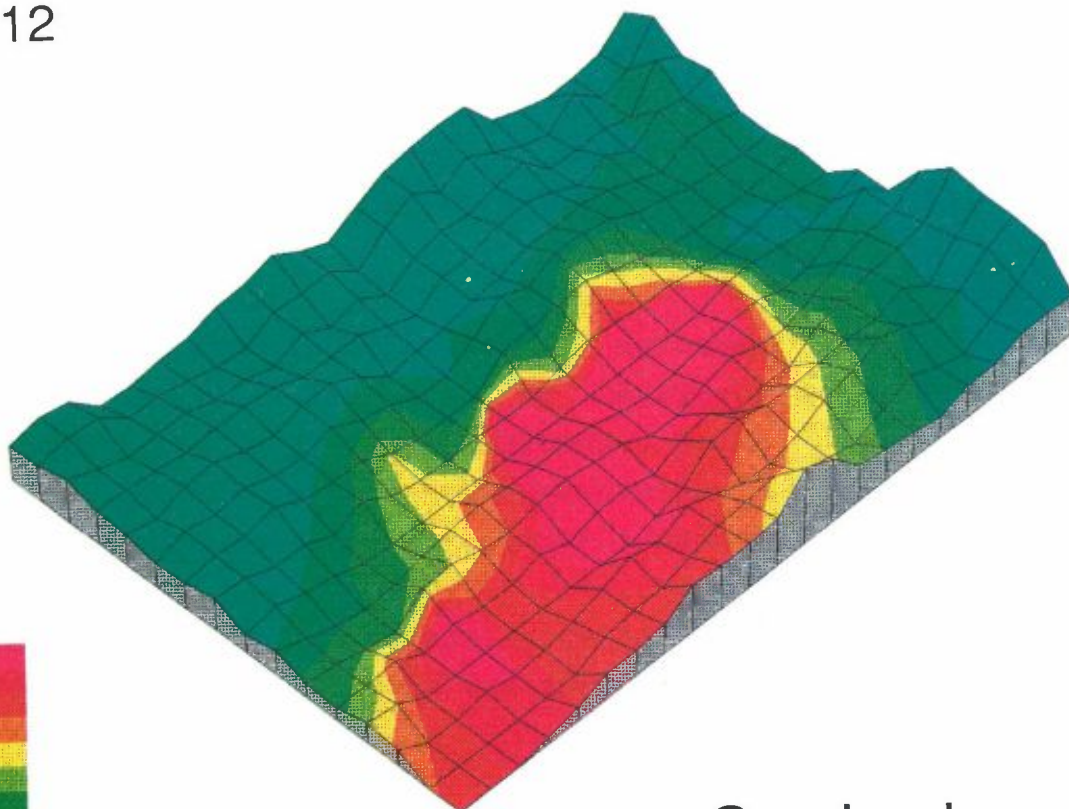
Grenland
8. januar 1988

Figur 7.4: Konsentrasjonsfordeling av NO_x
8. januar 1988 kl 6, 8, 10, 12.

kl. 10



kl. 12



Grenland
8. januar 1988

Figur 7.4: forts.

Usikkerhet i posisjonene forklarer ikke alle feil og til slutt er beregningene korrigert ved hjelp av de målte konsentrasjonene. Korreksjonen er basert på interpolasjon av avviket mellom målte og beregnede verdier og er nærmere beskrevet av Grønskei et al. (1990).

Resultatene i tabell 7.1 viser at de observerte NO_x -konsentrasjonene er i samsvar med midlere beregningsverdier på Klyve. På Ås er de beregnede konsentrasjoner ofte høyere enn observerte verdier i situasjoner med vind fra nordlig retning.

På stasjonene Nenset og Frednes observeres det ofte høyere konsentrasjoner enn beregnede verdier. Når vinden blåser fra nærliggende veier med høy trafikk, blir den observerte konsentrasjonen høyere enn beregnet. Denne effekten av konsentrasjonsvariasjoner innenfor hver rute kompenseres delvis for ved å ta i betraktning maksimalkonsentrasjonene langs hovedveiene. Beregningsresultatene kan forbedres ved å betrakte avtagningen i konsentrasjonsfordelingene med avstanden fra veien. I våre beregninger er den romlige fordelingen fra time til time betraktet i km^2 -ruter.

Samvariasjonsindeksen ("the index of agreement") og korrelasjonen mellom timevise observerte og beregnede NO_x -verdier viser god samvariasjon på alle stasjonene, bedre enn for SO_2 og partikler. NO_x er den beste enkeltkomponenten som kan brukes til å beskrive forurensningssituasjonen i Grenland.

Resultatene av spredningsberegningene kan videre brukes til å beskrive konsentrasjonsbidraget fra forskjellige kildegrupper.

7.4.2 Kontroll av beregningsmetodene for partikler ($\text{PM}_{2.5}$)

Den observerte middelveiden i vinterperioden er litt overestimert på Klyve og Ås, og litt underestimert i Georg Stangs gt. Standardavviket i timevise fluktuasjoner er betydelig over-

estimert på stasjonene Klyve og Ås. Feilen skyldes sannsynligvis estimatet av utslipp og spredning av partikler fra Herøya-området. Generelt synes avvikene mellom beregninger og målinger å være akseptable, når en tar hensyn til den romlige usikkerheten. Tabell 7.2 viser resultatene for partikler.

Tabell 7.2: Statistiske parametere for sammenhengen mellom observerte og beregnede partikkelkonsentrasjoner ($PM_{2.5}$).
Periode: 3.1.-15.3.1988.

Stasjon		Klyve			Georg Stangs gate		
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	11.4	14.0	14.6	14.7	12.0	14.4
St.avvik	"	12.0	23.9	14.9	13.0	12.6	11.3
NMD	"		-0.225	-0.282		0.18	0.117
RMSE	"		23.0	10.4		14.9	7.9
RMSE _s	"		4.7	3.3		9.1	4.0
RMSE _u	"		22.5	9.8		11.9	6.8
Korr	"		0.34	0.75		0.34	0.80
IA	"		0.47	0.84		0.59	0.89
Stasjon		Ås					
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	13.7	14.9	16.3			
St.avvik	"	11.4	23.7	14.4			
NMD	"		-0.04	-0.19			
RMSE	"		25.1	11.6			
RMSE _s	"		8.7	3.4			
RMSE _u	"		8.7	11.1			
Corr	"		0.12	0.64			
IA	"		0.33	0.78			

- 0 : Observerte $PM_{2.5}$ -konsentrasjoner.
P : Konsentrasjonsverdi basert på spredningsberegninger.
P+B+M: Konsentrasjonsverdi basert på konsentrasjonen i luften som kommer inn i området, bidraget fra lokale utslipp og ved å ta hensyn til romlig usikkerhet i beregnet forurensningskonsentrasjon.
NMD : Normalisert midlere differanse mellom observert og beregnet konsentrasjon.
RMSE : Roten av midlere kvadratavvik mellom observerte og beregnede verdier (usystematisk og systematisk midlere kvadratavvik).
Korr : Korrelasjonskoeffisient.
IA : Samvariasjonsindeks.

7.4.3 Kontroll av beregningsmetodene for svoveldioksid (SO₂)

Tabell 7.3 viser resultatet av beregningene for SO₂.

SO₂-konsentrasjonen ble underestimert på stasjonene Klyve, Georg Stangs gt., Nenset og Ås. Både middelerverdier og standard avvik i tidsseriene fra de forskjellige stasjonene ble underestimert. Et overestimat ble observert for Frednes lokalisert mellom Herøya-området og Porsgrunn.

Dårlig korrelasjon mellom observerte og beregnede timevise fluktuasjoner ble funnet på samtlige stasjoner. Denne korrelasjonen ble betydelig forbedret når timevise bakgrunnskonsentrasjoner ble tatt med og videre når en tok hensyn til romlig usikkerhet.

SO₂-beregningene forble likevel usikre. Utslippsintensiteten fra lave kilder i Skien-området er dårlig kjent. I Porsgrunns-området kan SO₂ reagere med andre forurensningskomponenter som kommer fra Herøya-området.

7.4.4 Oppsummering

For å evaluere konsentrasjonsvariasjoner i hver gridrute oppgis det en liste av timevise konsentrasjoner langs veisegmenter med stor trafikk i området for en gitt time. Videre ble posisjonene av høye konsentrasjoner på lesiden av dominerende enkeltkilder registrert.

Romfordelingen av timevise konsentrasjonsberegninger basert på lokale utslipp korrigeres ved å legge til en bakgrunnskonsentrasjon i alle gridpunkter. Denne fordelingen legges til grunn når de endelige korreksjonene utføres på grunnlag av timevise målinger på fem stasjoner.

Tabell 7.3: Statistiske parametere for sammenhengen mellom observerte og beregnede SO₂-konsentrasjoner. Periode 3.1.-15.3.1988.

Stasjon		Klyve			Georg Stangs gt.		
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	µg/m ³	11.6	6.5	11.6	26.0	15.2	17.8
St.avvik	"	17.7	9.1	7.3	44.5	25.8	16.2
NMD	"		0.44	0.13		0.42	0.32
RMSE	"		20.1	15.7		51.0	40.0
RMSE _s	"		17.9	14.3		25.8	14.1
RMSE _u	"		9.1	6.5		25.8	14.1
Korr			0.057	0.47		0.07	0.50
IA			0.25	0.51		0.28	0.50
Stasjon		Nenset			Frednes		
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	µg/m ³	13.8	11.1	12.5	9.9	11.6	10.5
St.avvik	"	16.7	15.8	9.7	12.4	16.1	8.9
NMD	"		0.20	0.09		-0.17	-0.06
RMSE	"		22.2	14.4		18.3	8.9
RMSE _s	"		15.6	11.8		9.3	6.2
RMSE _u	"		15.8	8.3		15.8	6.4
Korr			0.08	0.52		0.20	0.69
IA			0.33	0.64		0.42	0.80
Stasjon		Ås					
Parameter	Enhet	0	P	P+B+M	0	P	P+B+M
Gjennomsnitt	µg/m ³	6.9	5.3	7.5			
St.avvik	"	7.3	9.2	7.0			
NMD	"		0.23	-0.09			
RMSE	"		11.7	5.2			
RMSE _s	"		7.3	2.3			
RMSE _u	"		9.2	4.8			
Korr			0.03	0.73			
IA			0.35	0.85			

0 : Observerte SO₂-konsentrasjoner.

P : Konsentrasjonsverdi basert på spredningsberegninger.

P+M+B: Konsentrasjonsverdi basert på konsentrasjonen i luften som kommer inn i området, bidraget fra lokale utslipp og ved å ta hensyn til romlig usikkerhet i beregnet forurensningskonsentrasjon.

NMD : Normalisert midlere differanse mellom observert og beregnet konsentrasjon.

RMSE : Roten av midlere kvadratavvik mellom observerte og beregnede verdier (usystematisk og systematisk midlere kvadratavvik).

Korr : Korrelasjonskoeffisient.

IA : Samvariasjonsindeks.

Idet en utfører spredningsberegninger på timesbasis i km²-ruter og korrigerer de beregnede verdiene med målinger fra stasjoner lokalisert utenfor de sterkest forurensede områdene, er det sannsynlig at de maksimale timeskonsentrasjonene som opptrer i området ikke kommer med i beregningene. Det er sannsynlig at maksimalkonsentrasjonene finnes i Skien-området eller nær Herøya-området. Områder nær veier med høy trafikkintensitet kan videre utsettes for høye verdier av bileksos som ikke reflekteres i de beregnede verdiene utenom på veiene selv.

7.5 SULFAT-, NITRAT- OG OZONKONSENTRASJONER OG KJEMISKE REAKSJONER I LUFTEN I GRENLAND

I området er det utslipp av en rekke forurensningskomponenter og mange av dem reagerer kjemisk med hverandre og produserer sekundære forurensningskomponenter. Sulfat, nitrat og klorid kan dannes som en del av den industridisen som observeres i området. Sulfat og nitrat er også til stede i langtransportepisodene. I denne undersøkelsen har det ikke vært mulig å inkludere en detaljert beskrivelse av lokal utvikling av sekundære komponenter.

Målinger av sulfat og nitrat over 12 timer ble brukt til å utarbeide konsentrasjonsfordelinger langs bakken.

Ozon opptrer i området hovedsakelig som et resultat av adveksjon fra andre områder (bakgrunnskonsentrasjon). Ozon oksiderer NO-forurensninger fra lokale utslipp til NO₂ ($\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$). Følgelig reduseres ozonkonsentrasjonen i området. Ozon ble målt på to stasjoner i området, og den høyeste observerte verdien ble brukt som et estimat for bakgrunnskonsentrasjonen av ozon. Den kjemiske reaksjonen i Grenland er beskrevet i to trinn:

1. Timevise NO₂-konsentrasjoner beregnes ved å anta at lokale utslipp av NO transformeres til NO₂ så lenge det er ozon til stede. Langt fra lokale utslipp ble ligningen for

fotokjemisk balanse benyttet til å bestemme forholdet mellom NO_2 - og NO_x -konsentrasjonene basert på observerte ozonkonsentrasjoner i bakgrunnsluften.

2. Målinger av NO_2 på fire stasjoner ble brukt til å korrigere de beregnede NO_2 -fordelingene.

7.6 BRUK AV TIMEVISE KONSENTRASJONSDATA TIL ESTIMAT AV EKSPONERING

Timevise konsentrasjonsverdier for NO_x , NO_2 og SO_2 målt på fem stasjoner er benyttet til å beskrive tidsvariasjonen i luftkvaliteten i undersøkelsesområdet.

Utvelgelsen av lokale målestasjoner ble basert på:

- lite bidrag fra kilder nær målestasjonen
- lokalisering av deltakere i helseundersøkelsen
- lokalisering av hovedkildene til luftforurensninger i området
- skille bidraget fra forskjellige kildegrupper

I tillegg til primærkomponentene ble det utført timevise målinger av partikler på tre stasjoner og ozon på to stasjoner.

SO_2 -konsentrasjonen er av primær interesse i Skien-området som et resultat av industriutslipp. Flere kildegrupper bidrar til luftforurensning av nitrogenoksider. De høyeste konsentrasjonene er observert langs veier med høy trafikkintensitet og i kortere perioder i områder nær enkeltkilder. Maksimumsverdiene på lesiden av enkeltkildene flytter seg med variasjonene i vindretningen. I Skien-området og nær Herøya-området observeres det store konsentrasjonsgradienter både i rom og tid som kan ha stor betydning for beskrivelsen av konsentrasjonseksponeringen.

Data for timevis utslippsintensitet av SO_2 , NO_x og partikler $\text{PM}_{2.5}$ er innsamlet for samtlige kildegrupper i området. Data for utslipp og spredning er videre benyttet til spredningsberegninger av timevise konsentrasjonsverdier i km^2 -ruter.

Primærkomponentene har flere kildegrupper. Videre bør Herøya-området bli betraktet separat siden et stort antall forureningskomponenter kan komme fra dette området. Blant disse komponentene er: klor, ammoniakk, nitrose aerosoler. Disse komponentene inngår i komplekse kjemiske reaksjoner med primærkomponentene og kan utvikle dis med ulik grad av surhet. Slike reaksjoner er studert av Gram et al. (1990), men er ikke betraktet i denne undersøkelsen.

Beregnete timevise konsentrasjoner av klor basert på meteorologiske data og på månedlig middelutslipp kan bli brukt som en indikator på områder som påvirkes av Herøya-utslippene.

Utslipp av klor bidrar til oksidasjon av SO_2 til sulfat og kan også bidra til lokal utvikling av ozon. Normalt er lokal ozondannelse av mindre betydning sammenlignet med bakgrunnsverdiene. Bakgrunnsverdier av ozon påvirker imidlertid den kjemiske transformasjonen av NO til NO_2 som reduserer ozonkonsentrasjonen og øker NO_2 -konsentrasjonen. Dette er tatt med i betraktning idet vi beregnet timevise NO_2 -verdier.

Timevise konsentrasjonsfordelinger i området er bestemt av spredningsberegninger korrigert ved statistisk interpolasjon for å justere beregnet konsentrasjonsfordeling i samsvar med målte konsentrasjonsverdier på fem stasjoner.

Fluktuasjoner i konsentrasjonsfeltene som et resultat av timevise variasjoner i utslipp og spredning eller som et resultat av konsentrasjonsfluktuasjoner innen hver km^2 kan forårsake feil i de beregnede konsentrasjonsfeltene. Muligheten av feil varierer i området. De største feilene kan opptre i byområdene, spesielt nær hovedkildene. Konsentrasjonsvariasjoner i naboruter er brukt som et mål på den romlige usikkerheten i

km²-modellen. Videre er maksimal veikonsentrasjon og midlere puffkonsentrasjon i hver km²-rute brukt til å angi verdier for variasjoner i konsentrasjonen innenfor hver km²-rute.

En enkel konklusjon på anvendbarheten av de beregnede konsentrasjonsverdiene til eksponeringsberegninger er ikke mulig. Likevel kan vi gi følgende bemerkninger som bør bli tatt i betraktning i videre bruk av konsentrasjonsdata:

- Total variabilitet i de beregnede og i de målte timevise konsentrasjonene er i samsvar med observerte verdier på alle stasjoner for nitrogenoksider, partikler og svoveldioksid.
- Observerte signaler i tidsvariasjon av konsentrasjonen samsvarer bra med spredningsberegnete verdier for NO_x og rimelig bra for partikler.
- For SO₂ er det nødvendig å ta hensyn til romlig usikkerhet for å reprodusere observerte signaler på de forskjellige stasjonene. I tillegg observeres det signaler for SO₂ som ikke reproduseres.
- De målte verdiene på fire stasjoner brukes til å korrigere de beregnede konsentrasjonsfordelingene for å få frem data for eksponeringsberegninger. Korreksjonsmetoden er utviklet for å bevare strukturen av forurensningsskyen som er bestemt ved hjelp av spredningsberegninger. De korrigerede konsentrasjonsfordelingene er videre i samsvar med timevise observasjoner på fem stasjoner.
- Timevise konsentrasjoner i luften som strømmer inn i området (bakgrunnsverdier) bestemmes ved å legge vekt på målinger fra stasjoner som er lite influert av lokale utslipp.
- Den dominerende delen av sulfat- og nitratkonsentrasjonen skyldes forurensninger i luften som kommer inn i området

(langtransport) og fordelingen i beregningsområdet er basert på interpolasjon av målte verdier.

- Området som påvirkes av utslipp fra Herøya-området kan få høye konsentrasjoner av sulfat, klorid og nitrat på grunn av disdannelse. De beregnede verdier av klor kan benyttes som en indikator for slike områder.

- Timevise data for vind og trafikkintensitet er benyttet til å beregne tilleggskonsentrasjoner av NO_x og CO ved veier med stor trafikk.

For å forbedre beskrivelsen bør en legge vekt på subgridmodellering og en forbedret utslippsoversikt for de viktigste kildene.

8 BEREGNING AV INDIVIDUELL EKSPONERING FOR LUFTFORURENSNINGER

J. Clench-Aas, A. Bartonova, A. Harstad, M.J. Aarnes

En persons eksponering for forurensninger er bestemt av konsentrasjoner i det mikromiljøet han/hun befinner seg i til enhver tid, f.eks. om personen er inne eller ute, og om det er forurensningskilder i nærheten. På den måten kan mikromiljø omfatte et fortau, ute i skogen, hjemme, på jobben, i kantina, på restaurant eller på kino osv. Bærbare målere er som oftest egnet til å bestemme eksponering, bl.a. når personen flytter seg fra et sted til et annet, men bruk av slike målere kan av og til påvirke selve bærerens aktivitet. Det kan derfor være bedre å beregne personens eksponering i ulike tidsintervaller ved å kombinere bruk av modeller og opplysninger fra dagboksskjemaer. Som korteste tidsintervall ble det valgt å bruke 1 time for å registrere oppholdene i ulike mikromiljøer, samtidig som utfylling av skjemaer ikke skulle føre til ulemper av betydning.

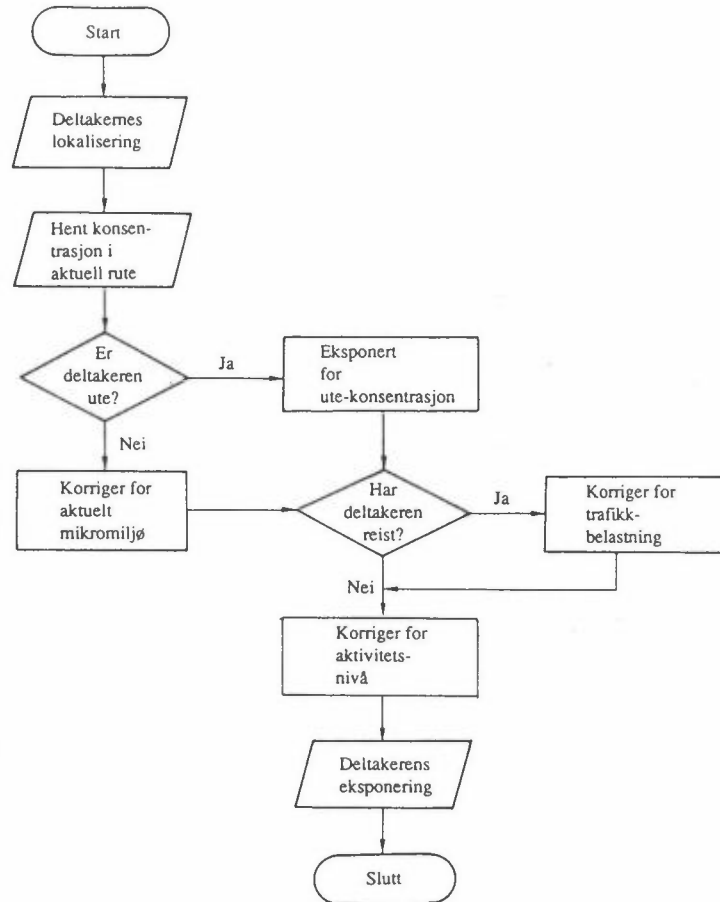
8.1 BESKRIVELSE AV MODELLEN FOR BEREGNING AV INDIVIDUELL EKSPONERING

De viktigste delene i beregningsmodellen er:

Oppholdssted(er):

- Nærhet til trafikk
- Opphold inne/ute
- Arbeidssted/bosted
- Innkjøp av dagligvarer (handling)
- Forflytning

Modellen kan illustreres i blokkskjemaet i figur 8.1 og tabell 8.1.



Figur 8.1: Programoversikt over beregning av hvilken konsentrasjon hver deltaker er utsatt for, basert på dagbok-informasjon.

Tabell 8.1: Oversikt over faktorer inkludert i beregnet eksponering for luftforurensningsforbindelser og for meteorologiske parametere.

Sammensetning	Utendørs verdier uforandret når vindu er åpent	Utendørs verdier forandret når vindu er lukket	Innendørs luftfaktorer med hensyn på:				Faktorer med* hensyn på: Ekstra forurensning fra trafikken	Faktorer med hensyn på aktiv/passiv røyking
			Årstid	Tid på dagen	Hjem hvor det bor astmatikere	Røyking i hjemmet		
FORURENSNINGS-KOMPONENTER								
SO ₂	J	J	N	N	N	N	N	N
NO ₂	J	J	J	J	J	N	J	N
NO	J	J	J	J	J	N	J	N
O ₃	J	J	N	N	N	N	J**	N
Partikler	J	J	J	J	N	J	J	J
CO	J	J	N	N	N	N	J	N
Cl _x	J	J					N	N
Nitrat	J	J	J	J	J	N	N	N
Sulfat	J	J	J	J	J	N	N	N
Pollen	J	J	IB	N	N	N	N	N
METEOROLOGISKE PARAMETERE								
Temperatur	N	J	N	N	N	N	N	N
Fuktighet	N	J	N***	N	N	N	N	N

- * Gjelder kun de som bor i de sentrale delene av de to byene
 ** Ozonverdier redusert til 0 når NO₂-konsentrasjonene er høye
 *** Anvendte algoritmer blir forandret med omgivende fuktighet
 IB = Ikke brukbare, J = Ja, N = Nei

Som beskrevet i kapittel 2 (og illustrert i figur 2.1) har hver person fylt ut dagboksskjemaet fra time til time. Hele Grenlandsområdet ble i modellen oppdelt i "ruter" på 1 km x 1 km. Hvert oppholdssted ble beskrevet med rutekoordinater, som også gir informasjon om nærhet til trafikkerte veier.

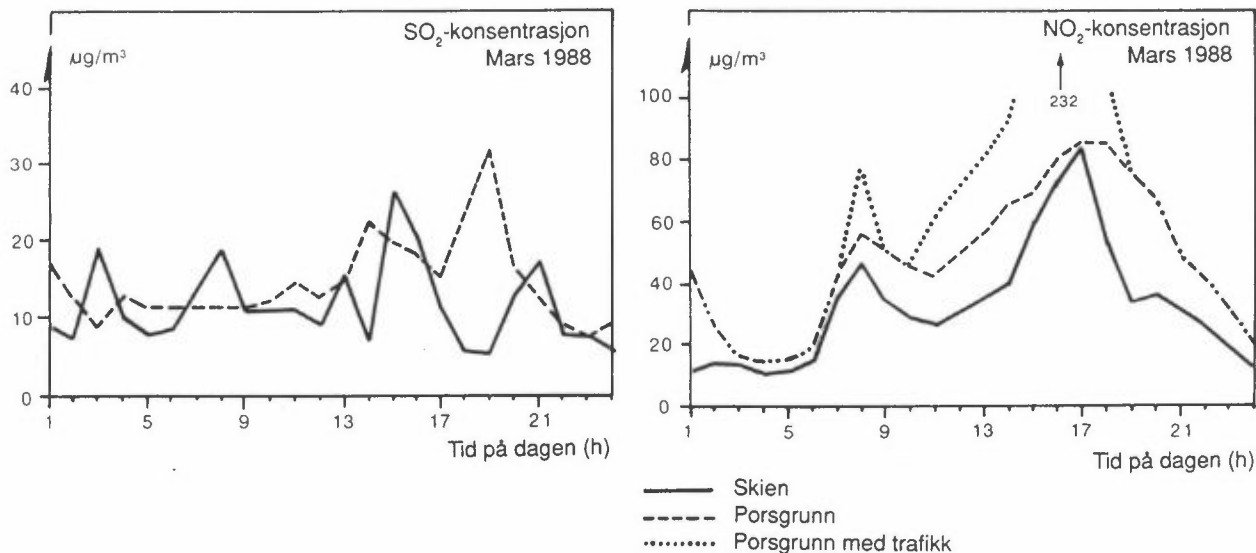
Hver person hadde som oppgave å skrive ned hvor lang tid han/hun tilbrakte på de ulike stedene. Dersom de handlet i Porsgrunn eller Skien, er luftforurensningen i en time beregnet som en verdi for en representativ km²-rute, og med bidrag fra veitrafikk i Porsgrunn. Ved forflytning har hver person skrevet ned om trafikken ble vurdert til å være stor, middels eller liten.

De fleste befinner seg innendørs i størstedelen av tiden. Hvis vinduer i tillegg er lukket, blir luftkvaliteten innendørs vanligvis svært forskjellig fra luftkvaliteten utendørs. På grunnlag av samtidige målinger inne og ute er det utviklet enkle modeller for å beregne luftkvalitet innendørs. Lufting gjennom åpne vinduer påvirker mikromiljøet i stor grad.

Beregnete timevise konsentrasjoner av SO₂ og NO₂ er vist i figur 8.2 for Skien og Porsgrunn. Figur 8.2 viser beregnet NO₂-konsentrasjon i Porsgrunn med og uten direkte påvirkning fra biltrafikk. Datoen 9. mars 1988 ble valgt, fordi luftforurensningen var noe større enn vanlig på denne dagen.

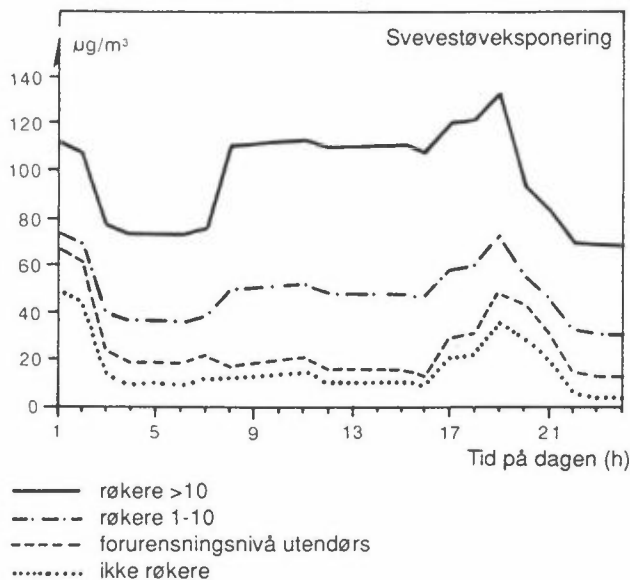
Konsentrasjonen av SO₂ i Skien varierte med vindretningen, fordi SO₂ slippes ut fra særlig ett fabrikkannlegg, Union Bruk. Da vindretningen dreide til nordlig ca kl 1800, avtok konsentrasjonen i Skien, mens konsentrasjonen i Porsgrunn økte markert.

Modellen for eksponeringsberegninger er testet for en fiktiv person med bosted i Skien og arbeidssted i Porsgrunn.



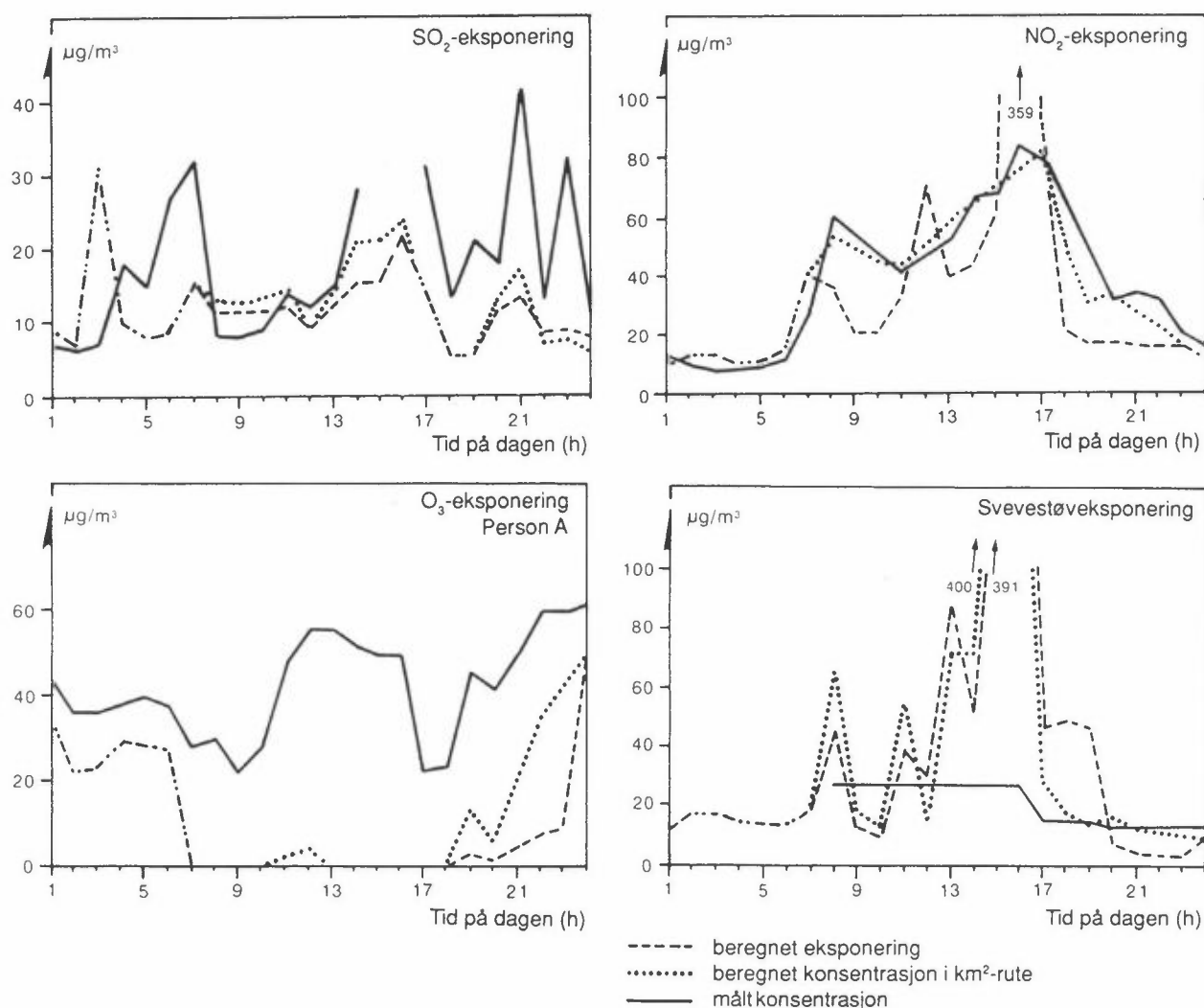
Figur 8.2: Beregnede verdier av SO₂ og NO₂ 9. mars 1988 i Skien og Porsgrunn både med og uten tilleggsforurensning fra trafikken.

Figur 8.3 illustrerer hvordan luftkvaliteten i oppholdsrom påvirkes av røykevaner og tid på dagen. I visse tilfeller kan partikkelkonsentrasjonen bli atskillig høyere innendørs enn utendørs.



Figur 8.3: Beregnet eksponering for inhalerbare partikler avhengig av hustype.

Figur 8.4 viser eksponeringen av den fiktive personen for fire komponenter, SO_2 , NO_2 , O_3 og partikler, dels på grunnlag av verdier målt ved en gitt stasjon (heltrukket kurve), og dels på grunnlag av beregnede verdier fra time til time. Den målte konsentrasjonen av SO_2 varierte mye fra time til time, og mer enn konsentrasjonen av NO_2 og O_3 , mens den målte konsentrasjonen av partikler varierte mindre. For enkelhets skyld ble det målestedet brukt som den fiktive personen var nærmest til enhver



Figur 8.4: En sammenligning av beregnede eksponeringer, beregnet verdi innen km^2 -ruten med målte verdier ved nærmeste luftkvalitetsstasjon når det gjelder SO_2 , NO_2 , O_3 og svevestøv (finfraksjon) for en fiktiv person som bor i Skien og som arbeider i Porsgrunn.

tid. Den beregnede eksponeringen varierte annerledes enn de målte konsentrasjonene. Modellen viste høye konsentrasjoner av NO₂ og partikler og lave konsentrasjoner av O₃ når den fiktive personen reiste mellom Porsgrunn og Skien og befant seg nær trafikkerte veier. Dette har sammenheng med at verdier for ozon er satt ned når konsentrasjonene av NO₂ er høye (se kapittel 7).

8.2 TIDSBRUK BASERT PÅ INFORMASJON FRA DAGBOKSKJEMA

Når resultatene av undersøkelser for ulike land skal sammenlignes, må det tas hensyn til at individuell eksponering ikke er registrert. Selv om det generelle luftforurensningsnivået kan være lavere, kan den individuelle eksponeringen være høyere på grunn av forurensningskilder innendørs eller på grunn av forskjeller i ventilasjonsvaner. Hvor lang tid som tilbringes utendørs, spiller også inn.

Tabell 8.2 viser hvor stor del av tiden som ble brukt på ulike aktiviteter, fordelt på årstid og kjønn. Det var stor årstidsvariasjon med tidsbruk innendørs og utendørs, og med tid innendørs med åpent eller lukket vindu. Barn var utendørs i lengre tid enn voksne. Også menn var utendørs i lengre tid enn kvinner (se for øvrig tabell 8.2).

Det foregikk handling i 28% av de undersøkte dagene. I 20% av handledagene var handletiden lengre enn 30 min., og handletiden var lengre enn 1 time i 13% av handledagene. Tiden til handling var litt lengre om sommeren enn om vinteren. Den var lengre i Skien enn i Porsgrunn og andre steder, og handlingen foregikk særlig på torsdager, fredager og lørdager. Barn brukte mindre tid enn voksne til handling i Skien og Porsgrunn og omtrent like lang tid andre steder. Kvinner brukte mer tid til handling enn menn.

Det ble i gjennomsnitt røykt om lag det samme antall sigaretter om sommeren som om vinteren, og tidsbruken til røyking var også

Tabell 8.2: Et sammendrag av informasjon om hvor mye tid deltakerne i undersøkelsen brukte med hensyn til forskjellige mikromiljøer og aktiviteter (ut fra dagbøkene).

	ÅRSTID					
	VINTER			SOMMER		
	GRUPPE			GRUPPE		
	Kvinner	Menn	Barn	Kvinner	Menn	Barn
LOKALITETSMØNSTER %						
Hjemme	74.6	67.4	68.6	68.8	62.7	66.4
På jobb/skole/barnehage	9.7	17.4	12.4	8.7	15.2	10.4
Andre steder	15.7	15.2	19.0	22.5	22.1	23.2
Vinduene lukket	76.5	76.3	81.2	45.5	44.0	54.9
Vinduene åpne	19.2	16.3	9.9	38.1	33.8	18.9
Utendørs	1.1	3.8	6.5	12.9	18.6	23.0
På reise (i hele timer)	3.2	3.6	2.4	3.6	3.6	3.2
Antall minutter med reising						
Stor trafikk	3.91	6.91	6.87	6.09	7.96	6.16
Middels trafikk	19.39	27.57	16.57	20.29	27.94	19.62
Lite trafikk	20.91	26.90	19.49	21.11	22.70	18.73
Daglig reising totalt	44.21	61.38	42.93	47.49	58.60	44.51
Antall minutter med handling						
Handling i Skien	13.01	10.48	5.30	14.67	9.15	8.78
Handling i Porsgrunn	10.64	8.47	6.87	9.80	9.05	9.06
Handling andre steder	2.80	4.20	3.08	2.83	3.56	4.60
Daglig handling totalt	26.45	23.15	15.25	27.30	21.75	22.44
AKTIVITETSMØNSTER %						
Søvn	35.3	33.8	42.4	33.8	32.7	40.5
Daglige aktiviteter	63.4	64.6	54.8	65.1	65.4	57.8
Hardt arbeide/trening	1.2	1.5	2.8	1.0	2.0	1.7
VÅKEN TILSTAND % *						
k1 6.00	0.9	3.3	0.7	0.9	4.2	0.1
" 7.00	12.4	25.7	4.1	15.1	26.6	2.2
" 8.00	26.6	28.6	46.2	29.3	30.5	39.7
" 9.00	24.8	17.7	24.7	27.0	19.5	32.2
" 10.00	18.0	11.8	12.2	14.9	11.0	15.1
" 11.00	6.3	4.0	6.7	5.0	2.7	5.6
" 12.00	2.4	1.5	2.2	1.7	1.1	2.3
UNDER SØVN % *						
k1 19.00	0.1	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1
" 20.00	0.2	0.2	13.1	0.2	0.1	4.2
" 21.00	1.4	2.3	37.0	0.6	1.1	30.8
" 22.00	11.8	16.7	20.0	7.1	13.8	23.5
" 23.00	35.9	38.8	17.7	34.6	39.1	23.8
" 24.00	33.6	28.2	7.6	42.8	35.7	14.2
" 1.00	5.2	3.7	0.5	5.3	3.8	0.1
" 2.00	2.3	2.0	0.6	2.3	1.4	0.8

* % er bare gitt for utvalgte timer og kan derfor ikke legges til 100.

om lag den samme. Noen færre personer ble utsatt for passiv røyking om sommeren enn om vinteren. Kvinner røykte færre sigaretter og ble mer utsatt for passiv røyking enn menn. Det største antall sigaretter som ble røykt på en dag, var 49. Det var flest kvinner som røykte i aldersgruppen 30-39 år (se tabell 8.3 og 8.4).

For voksne var den samlede søvntiden lengre om vinteren (35%) enn om sommeren (33,5%). Menn stod tidligere opp enn kvinner, og både kvinner og menn stod tidligere opp om sommeren enn om vinteren.

I 78% av dagene ble det reist. Reisetiden var kortere enn 30 min. i 50% av reisedagene, og kortere enn 1 time i 75% av reisedagene. I gjennomsnitt ble 5-10 min. tilbrakt i stor trafikk og 20-30 min. i liten eller middels trafikk, både om vinteren og sommeren.

Tabell 8.3: Midlere antall sigaretter pr. dag og pr. uke, midlere antall timer med røyking og passiv røyking, fordelt på årstid, befolkningsgrupper og kjønn.

Årstid	Personer som røyker	Antall sigaretter pr døgn	Timer med røyking	Antall sigaretter pr. time	Antall sigaretter pr. uke		Timer med passiv røyking	
	Antall dager	Middel	Middel pr døgn	Middel	Middel	Person-uker	Middel	Antall dager
VINTER								
Studiepopulasjon								
Kvinner	1 772	9,96	2,88	1,25	61,6	605	5,29	1 974
Menn	1 187	11,09	3,99	1,32	67,5	437	4,64	1 655
Voksne med lungesykdom								
Kvinner	118	5,10	1,98	1,14	29,2	72	5,88	395
Menn	60	6,64	1,40	1,03	40,5	83	4,70	405
SOMMER								
Studiepopulasjon								
Kvinner	1 297	9,55	2,91	1,21	58,4	500	4,60	1 323
Menn	998	11,87	4,58	1,30	71,3	368	4,21	980
Voksne med lungesykdom								
Kvinner	75	6,88	2,81	1,14	40,5	54	4,99	283
Menn	24	7,11	1,42	1,01	43,7	77	4,99	330

Tabell 8.4: Midlere antall sigaretter pr. dag for voksne røykere, fordelt på aldersgrupper og kjønn.

Alders- gruppe	Kvinner			Menn		
	Midlere ant. sigaretter	Antall dager	Prosent røykere	Midlere ant. sigaretter	Antall dager	Prosent røykere
20-29	9,6	1 081	61	5,9	302	35
30-39	9,2	2 760	68	12,4	871	50
40-49	10,3	1 289	42	12,6	1 402	45
50-59	9,5	1 030	46	11,5	1 239	53
60-69	8,6	551	50	8,2	1 291	48
70-79	1,7	39		4,1	103	

8.3 BEREGNET EKSPONERING FOR ULIKE LUFTFORURENSENDE STOFFER I GRENLAND

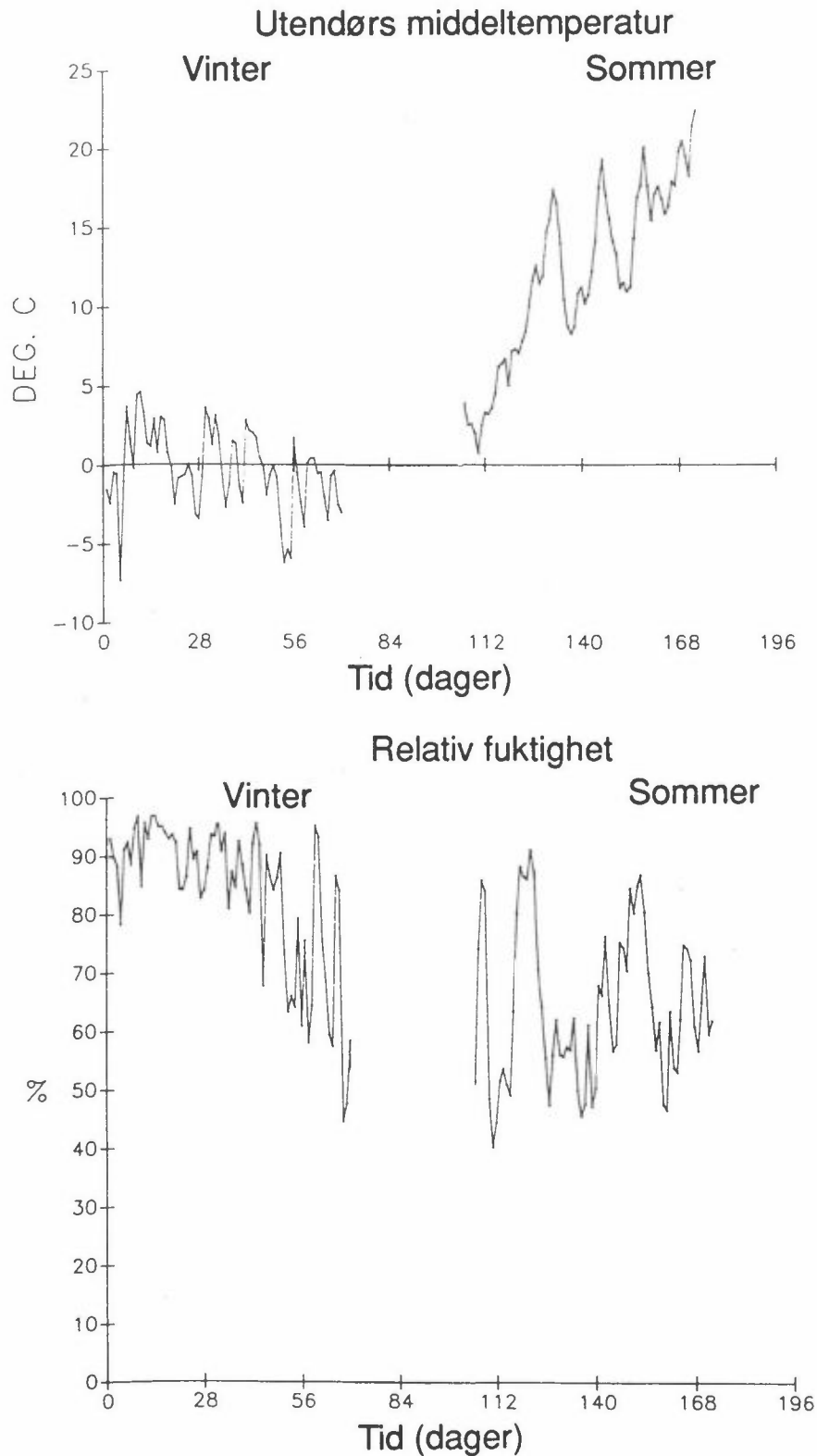
De utfylte dagboksskjemaene ble brukt til å beregne deltakernes eksponering fra time til time. Disse beregnede konsentrasjonene i luft kan beskrives som funksjoner av ulike parametere, som utslippsforhold, vindretning, atmosfærisk stabilitet og de stedene der deltakerne befant seg.

8.3.1 Variasjon fra dag til dag i eksponeringsnivåene

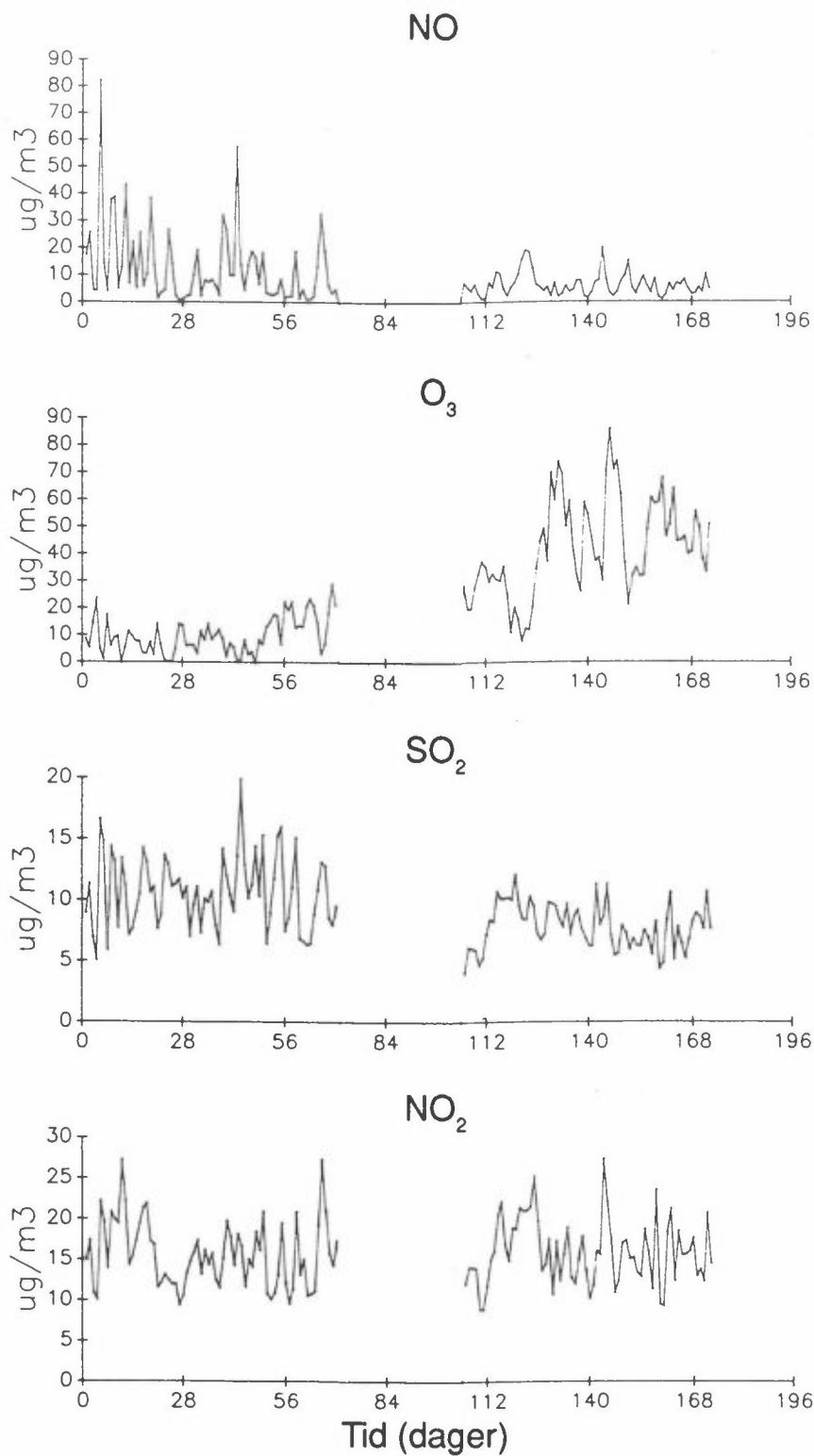
Figur 8.5 viser middeltemperatur og relativ fuktighet som deltakerne ble utsatt for i løpet av undersøkelsen. Temperaturen økte under perioden, med betraktelige svingninger under de milde vintermånedene. Figurene 8.6 og 8.7 beskriver middelkonsentrasjonene av luftforurensning fra dag til dag under undersøkelsen. De kaldeste periodene denne vinteren fikk bare økning i sulfatforekomsten og i svevestøv (finfraksjon). Som referert til i kapittel 8.5 ser det ut til at de individuelle forureningskomponentene er i stor grad uavhengige av hverandre.

8.3.2 Døgnvariasjon og årstidsvariasjon av eksponering

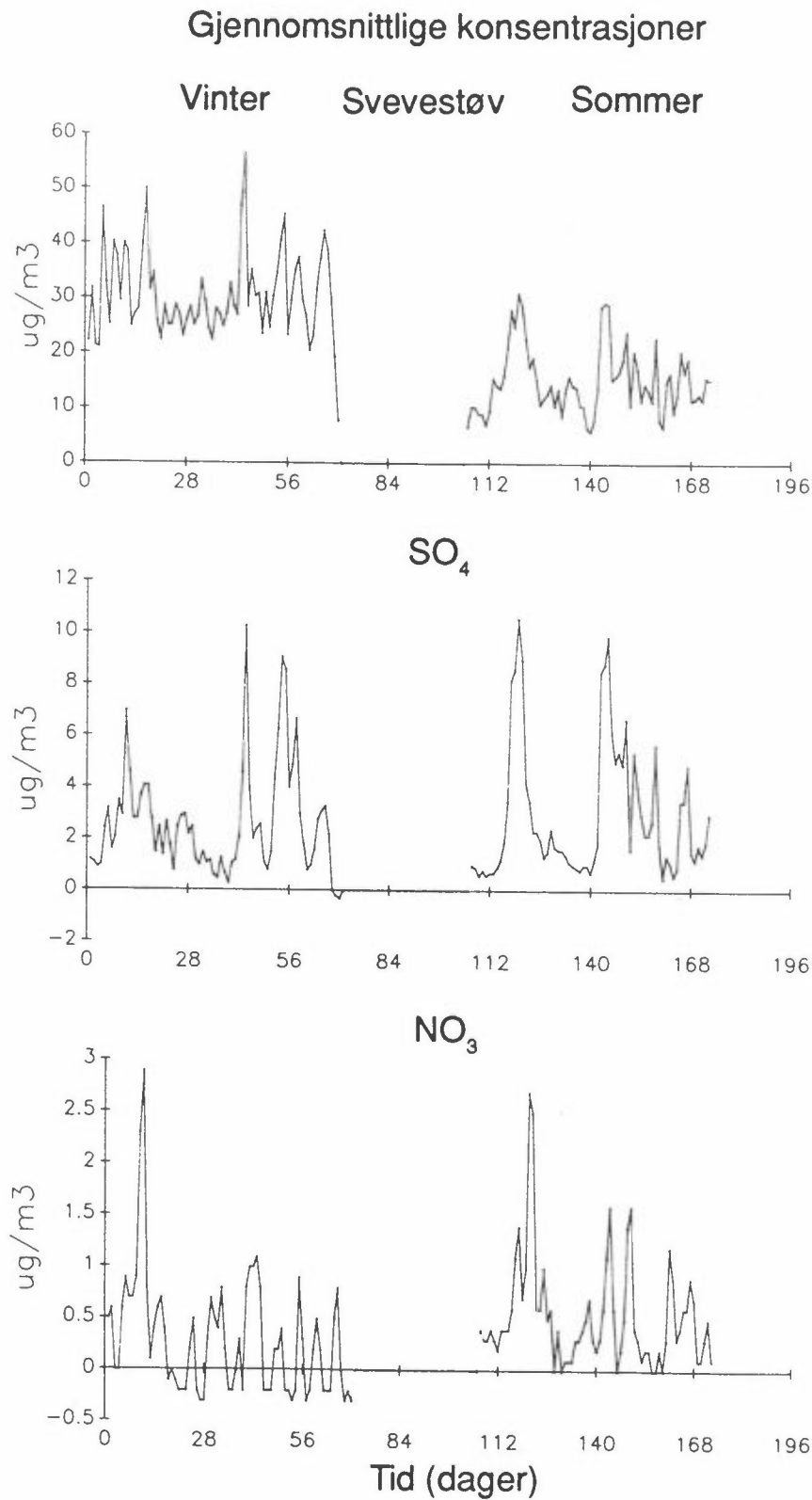
Temperatur og relativ fuktighet varierer som ventet over døgnet, særlig om sommeren, og påvirker noen av luftforurensningene. Daglige aktiviteter, som f.eks. arbeid og arbeidsreiser, påvirker også eksponering for luftforurensninger.



Figur 8.5: Daglige middeltemperaturer og fuktighet under undersøkelsen. Temperaturene ble målt på Ås fra 2. januar til 11. mars og fra 18. april til 24. juni 1988.

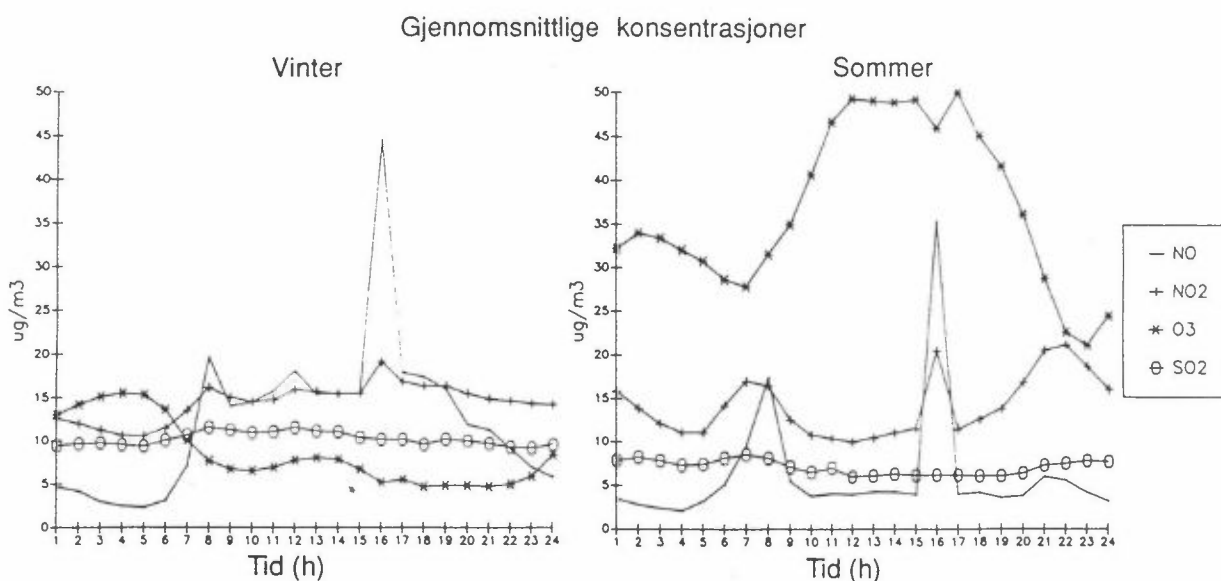


Figur 8.6: Middelkonsentrasjoner av daglig eksponering for for NO, NO₂, O₃ og SO₂. Alle deltakere.
 Dag 1 = 4. januar 1988.

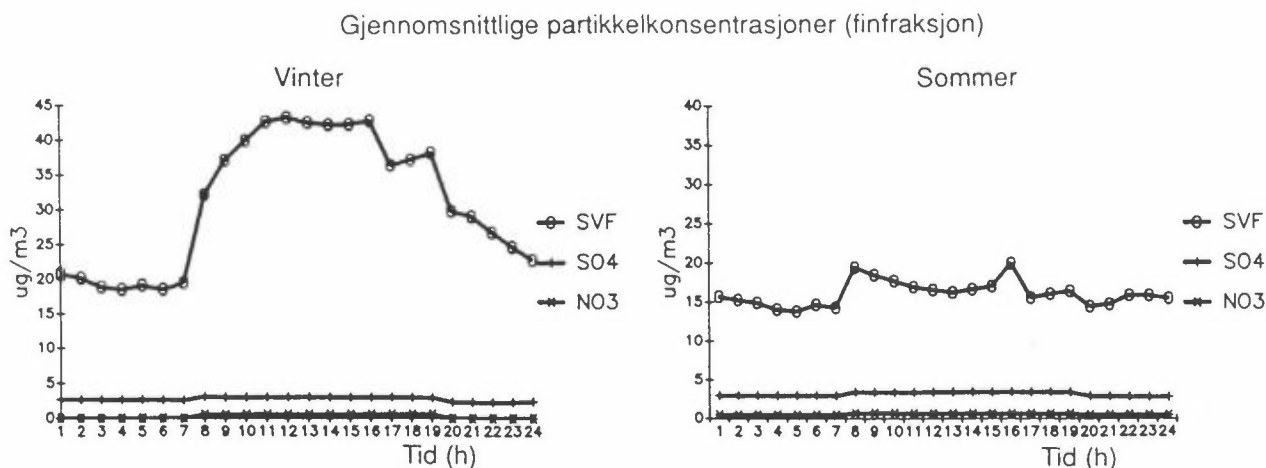


Figur 8.7: Middelkonsentrasjoner av daglig eksponering for partiklersvevestøv (finfraksjon), sulfat og nitrat. Alle deltakere. Dag 1 = 4. januar 1988.

Figur 8.8 og 8.9 viser hvordan eksponering for gassformige substanser og partikler varierte med tiden på døgnet og tiden på året. NO og i mindre grad NO₂ viser maksimalnivåer, som særlig er knyttet til ettermiddagstrafikk. Variasjonene var mer markerte om vinteren enn om sommeren. Konsentrasjonen av NO var høyest om vinteren, mens eksponeringen for NO₂-konsentrasjonen var litt lavere i samme periode. Eksponering for SO₂-nivåer var



Figur 8.8: Variasjoner i eksponeringskonsentrasjonen for NO, NO₂, O₃ og SO₂ som funksjon av tid på dagen og sesongen.



Figur 8.9: Variasjoner i eksponeringskonsentrasjonen for partikler (finfraksjon), sulfat og nitrat som funksjon av tid på dagen og sesongen.

litt høyere om vinteren enn om sommeren og varierte mindre tydelig over døgnet. Eksponering for konsentrasjoner av O_3 var høyest om sommeren og hadde en markert døgnvariasjon. Eksponeringen for partikkelkonsentrasjoner varierte over døgnet om vinteren, men ikke om sommeren, mens eksponering for nitrat og sulfat var lavere om vinteren enn om sommeren.

8.3.3 Ulike befolkningsgruppers variasjon i eksponering for luftforurensning

Eksponeringen var imidlertid nær den samme eller litt høyere for menn, med unntak av eksponering for partikler. Særlig for yngre menn var eksponeringen for nitrogenforbindelser noe høyere, og dette kan skyldes påvirkning fra biltrafikk. Eldre menn og kvinner var mer eksponert for ozon enn andre, noe som kan ha sammenheng med tid tilbrakt ute. Yngre kvinner var mer eksponert for partikler enn eldre kvinner, på samme måte som yngre menn var mer eksponert for partikler enn eldre menn. Forskjell i røykevaner mellom ulike aldersgrupper er en mulig forklaring. Ikke-røykere var litt mer eksponert for partikler om vinteren enn om sommeren, mens sporadiske røykere og særlig vanerøykere viste atskillig større variasjon mellom årstidene. Middelveidien av partikler for eksponering om vinteren var $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ høyere for vanerøykere enn for ikke-røykere, mens forskjellen var bare $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ om sommeren. Dette må ha hatt direkte sammenheng med lufting og tid utendørs om sommeren sammenliknet med vinteren.

8.3.4 Variasjon med mikro-miljø

Opphold i trafikken førte til høyere eksponering for nitrogenoksider. Verdiene innendørs av noen forurensninger var lavere enn utendørs, eller når det ble luftet. Forskjell i eksponering mellom opphold innendørs og utendørs viste seg imidlertid å

være mindre enn ventet, og dette kan også ha sammenheng med oppholdssted og tid på dagen.

8.4 SAMMENLIKNING MELLOM BEREGNET TIME-, 8-TIMER- OG DØGN- EKSPONERING, STASJONÆRE MÅLERESULTATER OG RETNINGSLINJER FOR UTELUFTKVALITET

Det kan være av en viss interesse å se hvor ofte de foreslåtte retningslinjene for luftkvalitet er overskredet av eksponeringen. Tabell 4.6 i kapittel 4 viser overskridelser på de ulike målestedene for SO_2 , NO_2 , O_3 og partikler. En benyttet forslagene til retningslinjer fra Statens forurensningstilsyn (SFT, 1982), men også fra Verdens helseorganisasjon (WHO, 1987).

Tabell 8.5 og 8.6 viser beregnet eksponering sammenliknet med retningslinjer fra tabell 4.6. For SO_2 var de målte nivåene på timebasis over normalen i 23 timer om vinteren (for 19 personer) og i 80 timer om sommeren (for 48 personer). Til sammenlikning var nivåene for SO_2 over retningslinjene 6 timer i Skien om vinteren (både i G. Stangs gt. og på Skien brannstasjon), men ikke på noen av målestedene om sommeren. På døgnbasis var eksponeringsnivåene over retningslinjene to ganger om sommeren (for 2 personer), mens den var over retningslinjene i to døgn (for én person) på målestedene om vinteren.

Retningslinjene for NO_2 ble ikke overskredet noe målested, hverken sommer eller vinter og på time- eller døgnbasis. Nivåene for beregnet eksponering på timebasis var imidlertid over retningslinjene 18 ganger om vinteren (for 15 personer). Beregnet konsentrasjon på døgnbasis var over retningslinjene to ganger om vinteren (for én person).

Nitrogenmonoksid (NO) ble ikke målt noe sted, men hvis en velger å bruke de samme anbefalte retningslinjene som for NO_2 ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på timebasis og $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på døgnbasis), ble retningslinjene for NO på timebasis overskredet av beregnet luftkonsentrasjon 3372 ganger om vinteren (for 339 personer) og

1946 ganger om sommeren (for 252 personer). På døgnbasis ble retningslinjen for beregnet konsentrasjon overskredet 146 ganger om vinteren (for 95 personer) og 58 ganger om sommeren (for 23 personer).

Tabell 8.5: Antall dager med overskridelser av anbefalte retningslinjer for SO₂, NO₂, NO og partikler for hver sesong og for hver befolkningsgruppe. Antall individer i parentes.

Årstid og populasjon	Antall person døgn	SO ₂ gjennom-	NO ₂ gjennom-	NO* gjennom-	O ₃ gjennom-	SVF**gjennom-	Antall personer regi- strert
		snitt pr døgn	snitt pr døgn	snitt pr døgn	snitt pr 8 h	snitt pr døgn	
		Døgn over retningslinjene	Døgn over retningslinjene	Døgn over retningslinjene	Dager over retningslinjene	Døgn over retningslinjene	
VINTER							
Studiepopulasjonen	15362			116 (76)		1920 (113)	290
Lungesyke voksne	855		2 (1)	7 (4)		27 (3)	16
Lungesyke barn	3114			23 (15)		114 (13)	59
SOMMER							
Studiepopulasjonen	13712	2 (2)		39 (18)	304 (136)	10 (6)	260
Lungesyke voksne	756				13 (5)	3 (1)	14
Lungesyke barn	2872			19 (5)	94 (32)		54
Anbefalte retningslinjer for luftkvalitet		100 µg/m ³ (Norge)	100 µg/m ³ (Norge)		100 µg/m ³ (WHO)***	79 µg/m ³ (WHO)	

* Samme retningslinjer for luftkvalitet som for NO₂.

** Svevestøv, finfrakjson; retningslinjene er anbefalte PM₁₀

*** Retningslinjene for 8-timer.

Det var ikke overskridelse av anbefalte retningslinjer for ozon om vinteren, hverken på målesteder eller for beregnet eksponering. Om sommeren var det overskridelse av retningslinjene for timesverdier på Ås i alt 406 timer, mens 8-timersverdien ble overskredet 35 ganger. Anbefalte retningslinjer på timebasis ble overskredet i alt 33 592 ganger (8%) av beregnet eksponering (for 328 personer) og av beregnet eksponering på 8-timersbasis i alt 411 ganger (for 173 personer). Det skal her legges til at det ble beregnet gjennomsnittseksponering for 24 timer og sammenliknet med retningslinjene for 8 timer (100 µg/m³).

Tabell 8.6: Antall timer av individuell eksponering for SO₂, NO₂, NO, O₃ og partikler som overskred de anbefalte retningslinjene for timesverdier for hver sesong og hver befolkningsgruppe. Antall deltakere i parentes.

Årstid og populasjon	Antall person dager	SO ₂	NO ₂	NO*	O ₃	Antall personer registrert
		Timer over retningslinjer	Timer over retningslinjer	Timer over retningslinjer	Timer over retningslinjer	
VINTER						
Studiepopulasjonen	15362	18 (14)	17 (14)	2764 (267)		290
Lungesyke voksne	855	1 (1)		82 (15)		16
Lungesyke barn	3114	4 (4)	1 (1)	526 (57)		59
SOMMER						
Studiepopulasjonen	13712	69 (41)	107 (50)	1613 (157)	25778 (260)	260
Lungesyke voksne	756	1 (1)	2 (2)	34 (11)	1661 (14)	14
Lungesyke barn	2872	10 (6)	26 (11)	299 (43)	6153 (54)	54
Anbefalte retningslinjer for luftkvalitet		350 (WHO)	200 (Norge)		100 (Norge)	

* Samme retningslinjer for luftkvalitet som for NO₂

Målingene av partikler viste ingen overskridelse av anbefalte retningslinjer noe sted, hverken sommer eller vinter. Beregnet eksponering på døgnbasis viste imidlertid overskridelse av retningslinjene 2061 ganger om vinteren (for 129 personer) og 13 ganger om sommeren (for 7 personer).

8.5 SAMVARIASJON MELLOM LUFTKOMPONENTER

Hensikten med denne undersøkelsen er å relatere plager og symptomer hos personer med eksponering for luftforurensninger. Det er derfor interessant å se hvordan beregnet konsentrasjon for hver komponent varierer med topografien, med årstid, tid på dagen, med mikromiljøet. Før undersøkelsen startet, ble det

ansett som mulig å skille mellom effekten av de ulike komponentene.

Beregnete eksponeringsnivåer var generelt mer koblet sammen om sommeren enn om vinteren, men hovedtrekkene var stort sett de samme. Viktige unntak var relativ fuktighet, som hadde en svak negativ assosiasjon med utendørstemperaturen om vinteren og en sterkere positiv assosiasjon med utendørstemperaturen om sommeren. Ozon var negativt assosiert om vinteren med alle komponentene med unntak av sulfat, og positivt assosiert om sommeren med alle komponentene med unntak av CO og Cl_x .

Assosiasjoner som overskred 0,25 er indikert i tabell 8.7.

En annen metode å finne ut om det foreligger interaksjoner mellom luftforurensningskomponenter, er å kategorisere komponentene med hensyn til anbefalte retningslinjer. Forurensningskonsentrasjonene ble delt i tre kategorier for hver komponent:

- konsentrasjoner over anbefalte retningslinjer (kategori 2)
- konsentrasjoner mellom 30% og 100% av de anbefalte retningslinjene (kategori 1)
- konsentrasjoner under 30% av de anbefalte retningslinjene (kategori 0)

Deretter ble det laget en ny variabel for hver time, basert på samtidig forekomst av disse enkeltkategorier. For verdier som ble brukt som retningslinjer, se tabell 11.1. På denne måten kan kombinasjoner av forbindelsene bli undersøkt. Kategorier med antall timer større enn 0,5% av alle registrerte timene er vist i tabell 8.8, vinter og sommer hver for seg.

Tabell 8.8 underbygger hypotesen om at den geografiske plassering av utslippskildene i undersøkelsesområdet gjorde det mulig å studere de relative virkningene av enkelte forurensninger fordi de i mange situasjoner varierte uavhengig av hverandre.

I Grenlandsområdet ble geografisk beliggenhet for de viktigste kildene koblet sammen med lokale klimaforhold og modellert i

Tabell 8.7: Gjennomsnittlige korrelasjonskoeffisienter (Pearson) for logaritmisk transformerte luftforurensninger for vinter (under diagonalen) og sommer (over diagonalen) (bare de verdier som overskred 0,25 er oppgitt).

	SO ₂	NO _x	NO ₂	O ₃	SVF*	Cl _x	SO ₄	NO ₃	CO	Utendørs temp.	Rel. fukt.	
SO ₂	●	.78	.79		.62		.44	.38				
NO _x	.67	●	.99	.28	.71		.53	.43	.91			
NO ₂	.67	.89	●	.31	.71		.53	.43	.73			
O ₃				●	.35		.31		-.35	.43	-.4	S
SVF*	.58	.57	.56		●	.29	.60	.45	.60			O
Cl _x						●						M
SO ₄	.44	.35	.37		.35		●	.62			.33	M
NO ₃		.40	.35		.26		.43	●				E
CO		.83	.68		.47				●			R
Utendørs temperatur								.33		●	-.53	
Rel. fukt.				-.39				.28		.26	●	
V I N T E R												

*SVF - svevestøv finfraksjon

relativt korte tidsperioder (timer). De viktigste kildene i området er av industriell karakter, og høye konsentrasjoner av forbindelsene var bare ventet under ekstreme forhold (e.g. uregelmessigheter under drift). Vi ser at høyere eksponering forekommer gjerne for én komponent av gangen.

Tabell 8.8: Antall timer registrert i kategorier basert på samtidig forekomst av enkeltkomponenter i kategorier under 30% av anbefalte retningslinjer (kategori 0), mellom 30% og 100% (kategori 1) og over anbefalte retningslinjer (kategori 2). Hvis ikke kategorien er indikert i tabellen, gjelder det kategori 1.

VINTER		
Komponentsammensetning	Antall timer registrert	Prosent
Alle komponentene i kategori 0	169 388	35.3
Aero	10 596	2.2
Cl _x	6 060	1.3
Cl _x + aero	7 547	1.6
Cl _x (2) + aero	3 595	.7
SVF	85 875	17.9
SVF + aero	17 641	3.7
SVF + Cl _x	3 847	.8
SVF + Cl _x + aero	9 147	1.9
SVF + Cl _x (2) + aero	4 614	1.0
SVF + Cl _x (2) + aero(2)	2 204	.5
SVF (2)	57 786	12.0
SVF (2) + aero	8 781	1.8
SVF (2) + Cl _x	2 457	.5
SVF (2) + Cl _x + aero	4 853	1.0
SVF (2) + Cl _x (2) + aero	2 935	.6
SVF (2) + Cl _x (2) + aero (2)	2 853	.6
O ₃	31 237	6.5
O ₃ + aero	2 731	.6
O ₃ + aero	2 737	.6
Manglende data	35 281	7.4
Total	479 928	100.0
SOMMER		
Komponentsammensetning	Antall timer registrert	Prosent
Alle komponentene i kategori 0	115 529	26.0
aero	15 453	3.5
SVF	36 516	8.2
SVF + aero	22 936	5.2
SVF (2)	2 129	.5
SVF (2) + aero	3 578	.8
O ₃	109 071	24.5
O ₃ + aero	8 874	2.0
O ₃ + SVF	9 036	2.0
O ₃ + SVF + aero	13 936	3.1
O ₃ (2)	25 668	5.8
O ₃ (2) + aero	2 825	.6
O ₃ (2) + SVF + aero	3 976	.9
Manglende data	61 384	13.8
Total	444 960	100.0

* SVF = Svevestøv - finfraksjon

Aero = "sure aerosoler", dvs Cl_x + SO₄²⁻ + NO₃⁻

Tabell 8.9: Prosentiler av beregnet eksponering for luftkomponenter for studiepopulasjonen og lungesyke (barn og voksne).

Studiepopulasjon	Reg. timer	Pros. for 10	Pros. for 50	Pros. for 90	Pros. for 95	Maximum
Vinter						
Svoveldioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	5	9	18	22	900
Nitrogenoksider ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	8	17	55	85	3065
Nitrogendioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	8	14	23	33	334
Nitrogenmonoksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	0	3	31	61	2731
Ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	0	4	28	41	93
Karbonmonoksid (mg/m^3)	354735	0	0	0	0	31
Svevestøv, fin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	2	17	101	108	581
Sulfat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	0	2	6	8	17
Nitrat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	0	0	1	2	8
Totalt klor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	354735	0	0	3	7	297
Sommer						
Svoveldioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	2	7	13	19	1414
Nitrogenoksider ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	6	16	40	55	2313
Nitrogendioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	6	14	30	39	325
Nitrogenmonoksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	0	2	9	17	2033
Ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	5	24	97	112	185
Karbonmonoksid (mg/m^3)	304697	0	0	0	0	23
Svevestøv, fin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	2	11	44	53	614
Sulfat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	1	2	8	10	15
Nitrat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	0	0	1	2	9
Totalt klor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	304697	0	0	1	1	55
Bjerkepollen (pollen/ m^3)	325387	0	0	17	47	833
Gresspollen (pollen/ m^3)	324534	0	0	5	19	2185
Lungesyke (barn og voksne)						
Vinter						
Svoveldioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	5	9	17	22	446
Nitrogenoksider ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	8	16	52	79	1912
Nitrogendioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	7	13	25	33	214
Nitrogenmonoksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	0	2	26	54	1698
Ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	0	5	31	42	91
Karbonmonoksid (mg/m^3)	89912	0	0	0	0	36
Svevestøv, fin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	0	13	58	89	485
Sulfat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	1	2	6	9	16
Nitrat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	0	0	1	2	8
Totalt klor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89912	0	0	3	6	269
Sommer						
Svoveldioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78900	1	6	13	18	1414
Nitrogenoksider ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78900	4	14	39	54	2518
Nitrogendioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78900	4	12	31	40	324
Nitrogenmonoksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78900	0	2	8	15	2218
Ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78900	6	27	100	114	184
Karbonmonoksid (mg/m^3)	78900	0	0	0	0	25
Svevestøv, fin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78900	1	10	31	47	424
Sulfat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78894	1	2	8	10	14
Nitrat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78894	0	0	1	2	8
Totalt klor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78900	0	0	1	1	55
Bjerkepollen (pollen/ m^3)	85856	0	0	14	43	833
Gresspollen (pollen/ m^3)	84892	0	0	5	24	2185

Resultatene, delvis presentert i tabell 8.7 og 8.8 gir grunn til å tro at enkelte forbindelser forekommer uavhengig av hverandre. Livsstilfaktorer (f.eks. tid tilbrakt ute, opphold med vinduer åpne) osv., har vist tilstrekkelig variasjon fra årstid til årstid og fra den ene befolkningsgruppen til den andre, slik at det synes nødvendig å ta disse faktorene i betraktningen for å finne ut om luftforurensninger virker inn på helsen.

8.6 BRUKEN AV BEREGNETE ESTIMATER I VURDERING AV HELSEEFFEKTER AV LUFTFORURENSNING

Eksponering deltakere var utsatt for er gjengitt summarisk i tabell 8.9. Tabellen viser enkelte prosentiler sammen med maksimum beregnet for luftkomponenter vinter og sommer.

Dagbokmetoden som ble brukt i denne undersøkelsen har sine begrensninger, men synes egnet i en undersøkelse av korttids-helseeffekter. Den tilsier at det er mulig å undersøke flere deltakere over lengre tid med kortere tidsintervaller, beregne flere forurensningskomponenter enn hva en kunne ha gjort med den ideelle metoden (bærbare målere for forurensning). Dagbokmetoden gjør det mulig å sette opp luftkonsentrasjoner målt på stasjonære målesteder mot de individuelle forskjellene i eksponeringen som kan tilskrives både geografisk beliggenhet og livsstilfaktorer.

9 BESKRIVELSE AV EGENRAPPORTERTE HELSEDATA

A. Bartonova, J. Clench-Aas, M.J. Aarnes, G. Bjerknes-Haugen, S.O. Samuelsen, L.S. Bakketeig

"The American Thoracic Society" (1985) har beskrevet i detalj hva som kan betegnes som skadevirkninger av luftforurensninger på luftveiene. Symptomene strekker seg fra symptomer som sjenerende lukt, hals-, nese-, eller øyeirritasjon, til alvorlige helsevirkninger som astmaanfall, kreft og dødsfall. Behovene for forskning omkring disse helsevirkningene er knyttet opp mot både hvor alvorlige sykdomstilstandene eller symptomene er, og med antall mennesker som påvirkes. Forskning omkring mindre alvorlige lidelser eller symptomer er nødvendig, ganske enkelt fordi de berører mange mennesker.

Helsevirkningene av luftforurensning vil bli analysert ved å bruke ulike modeller hvor en subjektivt rapportert effektvariabel er den avhengige variabelen (kap. 12). Uavhengige variabler inkluderer beregnet eksponering for luftforurensning.

Helsevirkningene som skal undersøkes er bl.a. knyttet opp i:

- hvilke kriterier bør brukes for avgrensning av undergrupper av befolkningen;
- hvilke kompliserende faktorer bør det tas hensyn til i statistiske analyser;
- hvilke mønstre er synlige i den individuelle rapporteringen av symptomer;
- hvilke, hvis noen, av de studerte effektparametere kan slås sammen i analyser.

De følgende avsnittene beskriver deltakerpopulasjonene som en funksjon av flere parametere. De rapporterte forskjellene har i de fleste tilfellene fremkommet ved hjelp av univariate analyser, men det synes helt klart at en multivariat modell for hver effektvariabel vil kunne etableres. Dette vil bli gjort i en senere fase av analysen. Resultatene av univariate tester er summarisk gjennomgått i tabell 9.8.

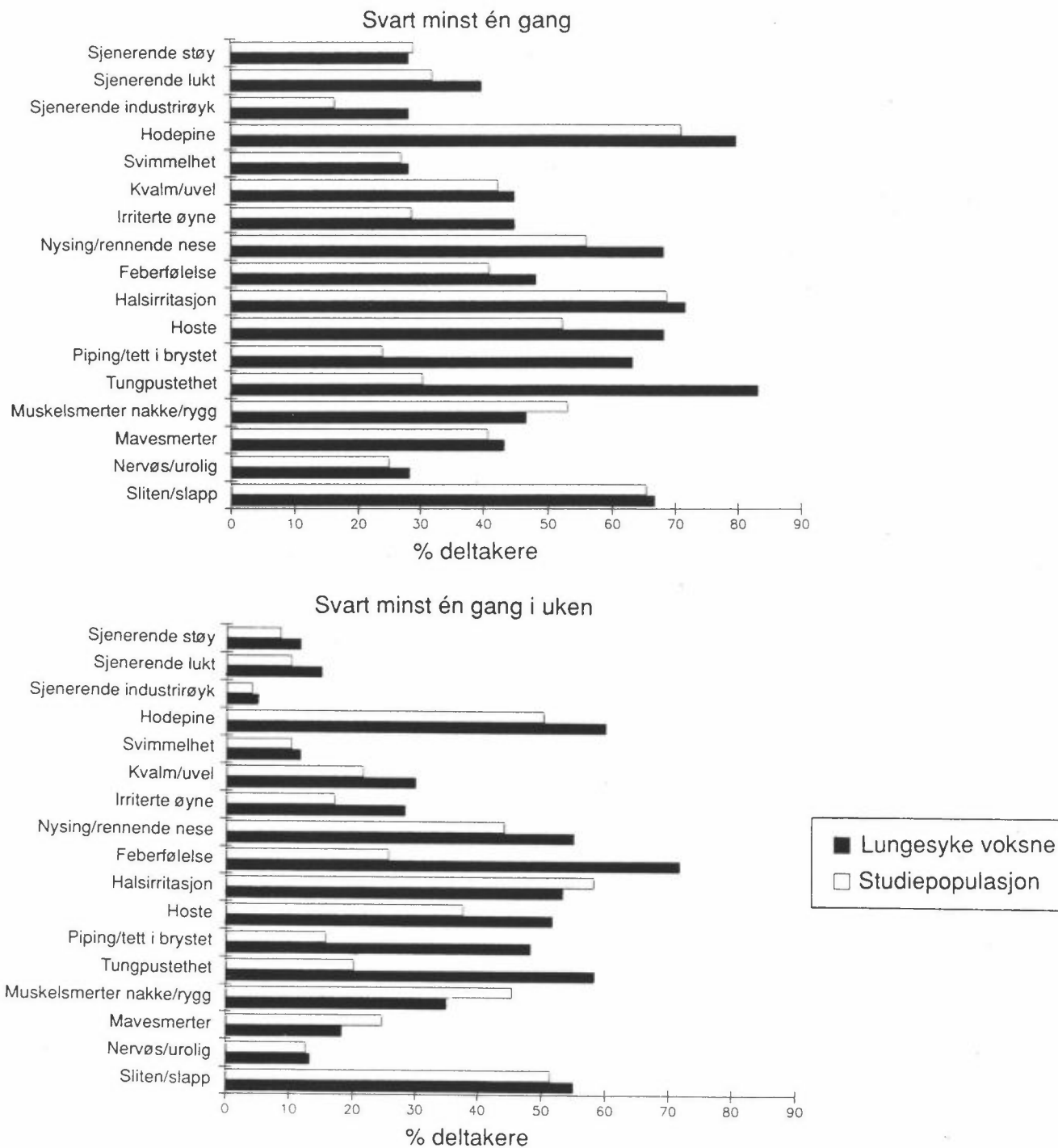
9.1 FOREKOMST OG VARIGHET AV SYMPTOMER HOS STUDIEPOPULASJONEN OG HOS LUNGESYKE VOKSNE

I denne undersøkelsen ble hver deltaker bedt om å rapportere i en dagbok om han/hun var plaget eller ikke plaget av et sett av symptomer (se figur 2.2). Oversikt over gjennomsnittlig antall typer av disse effektparametere som individene rapporterte gis i tabell 9.1. Tabellen viser at i begge undersøkelsessesonger er antall symptomer rapportert pr. individ mindre i studiepopulasjonen enn hos de lungesyke. Gjennomsnittlig antall effektparametere er for alle undersøkelsesgrupper mindre om sommeren enn om vinteren. Større antall typer symptomer rapportert når begge sesonger tas under ett tyder på at deltakere rapporterer forskjellige typer symptomer vinteren og sommeren.

Hvert symptom kan beskrives ved hjelp av antall deltakere som har rapportert symptomet minst en gang i undersøkelsen, eller i en gitt prosent av undersøkelsestid. Dette indikerer andelen av befolkningen som er påvirket.

Som vist i figur 9.1 skiller ikke de to voksne gruppene seg betydelig i prosentandel av deltakerne som rapporterte et gitt symptom, bortsett fra symptomer knyttet til nedre luftveiene, irriterte øyne, nysing og feberfølelse.

Effektvariablene kan beskrives med hensyn til antall og lengde av rapporterte episoder. Antall episoder av hvert symptom og varigheten av episodene gir et mål på alvorlighetsgrad av hvert individs respons. Varigheten av episodene er nært forbundet med



Figur 9.1: Prosentandel av voksne deltakere fra studiepopulasjonen og av voksne lungesyke porterte gitte effektparametere a) minst én gang og B) gjennomsnittlig én gang i uken (0,6% av det totale antallet timer).

hva slags symptom dette er. Enkelte symptomer kan være langvarige (muskelsmerter), andre er vanligvis kortvarige (sjenerende lukt).

Tabell 9.1: Oversikt over antall typer effektvariabler rapportert pr. deltaker.

	VINTER ¹			SOMMER ²			BEGGE SESONGER		
	SP*	LSV*	LSB*	SP	LSV	LSB	SP	LSV	LSB
Ant. deltakere registrert	291	59	16	260	54	14	292	60	16
Gjennomsnittlig antall symptomer rapportert	5,8	7,2	7,2	4,2	6,4	5,4	7,0	8,8	8,8
Prosent deltakere med antall symptomer									
0	8,9	1,7	6,3	20,4	5,6	7,1	7,2	0	0
1- 3	22,0	23,9	6,3	31,2	18,5	14,3	17,1	10,0	0
4- 7	34,1	23,9	50,0	30,0	40,7	57,1	29,1	28,3	43,8
8-11	26,2	40,9	25,0	13,8	22,2	14,3	29,8	38,3	31,3
12-16	8,9	10,3	12,5	4,6	13,1	7,1	16,1	20,0	25,0
17	0	0	0	0	0	0	0,7	3,3	0

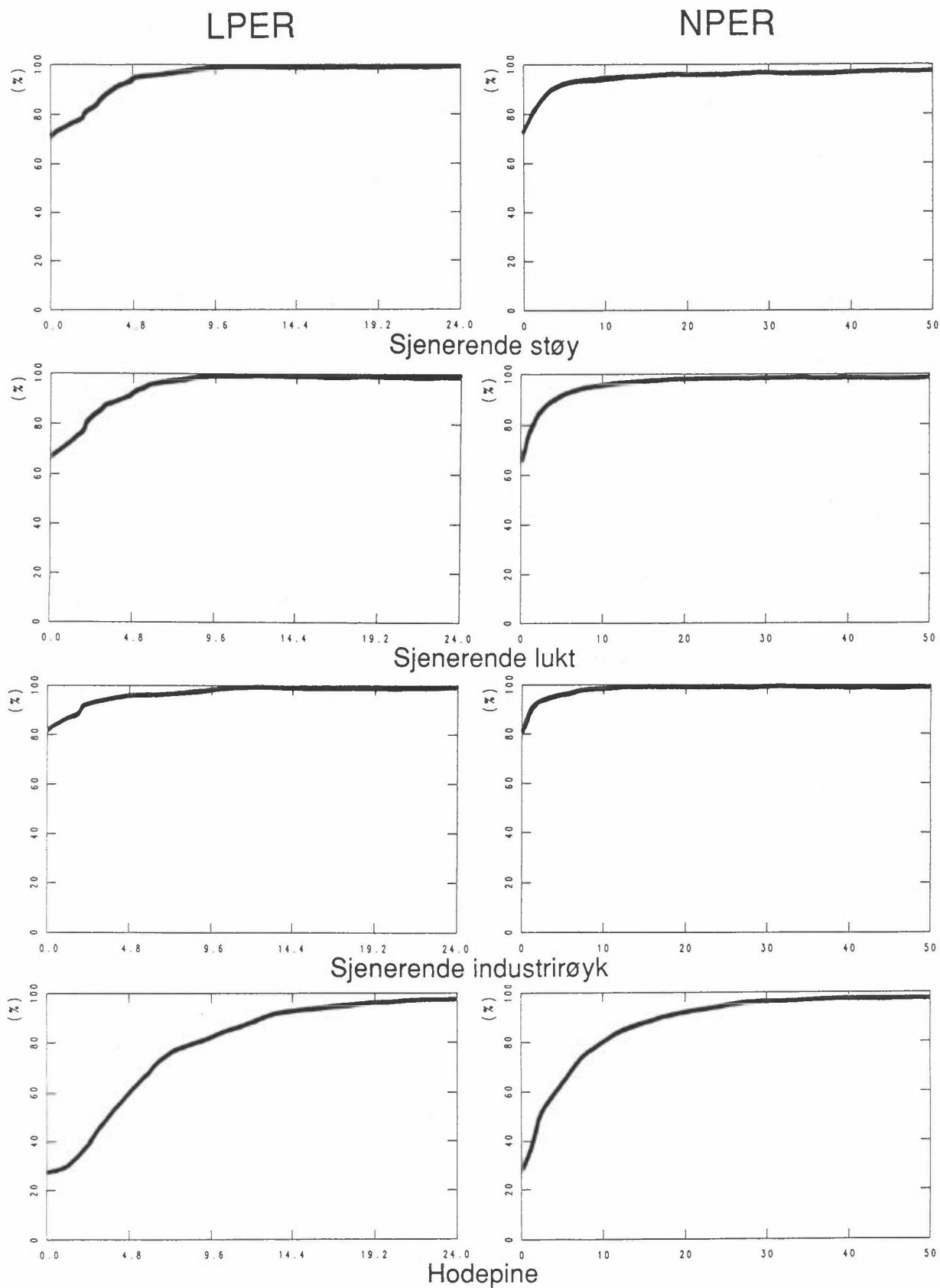
* SP : Studiepopulasjon
 LSV: Lungesyke voksne
 LSB: Lungesyke barn

1) Vinter = 4.1.1988-15.3.1988
 2) Sommer = 15.4.1988-24.6.1988

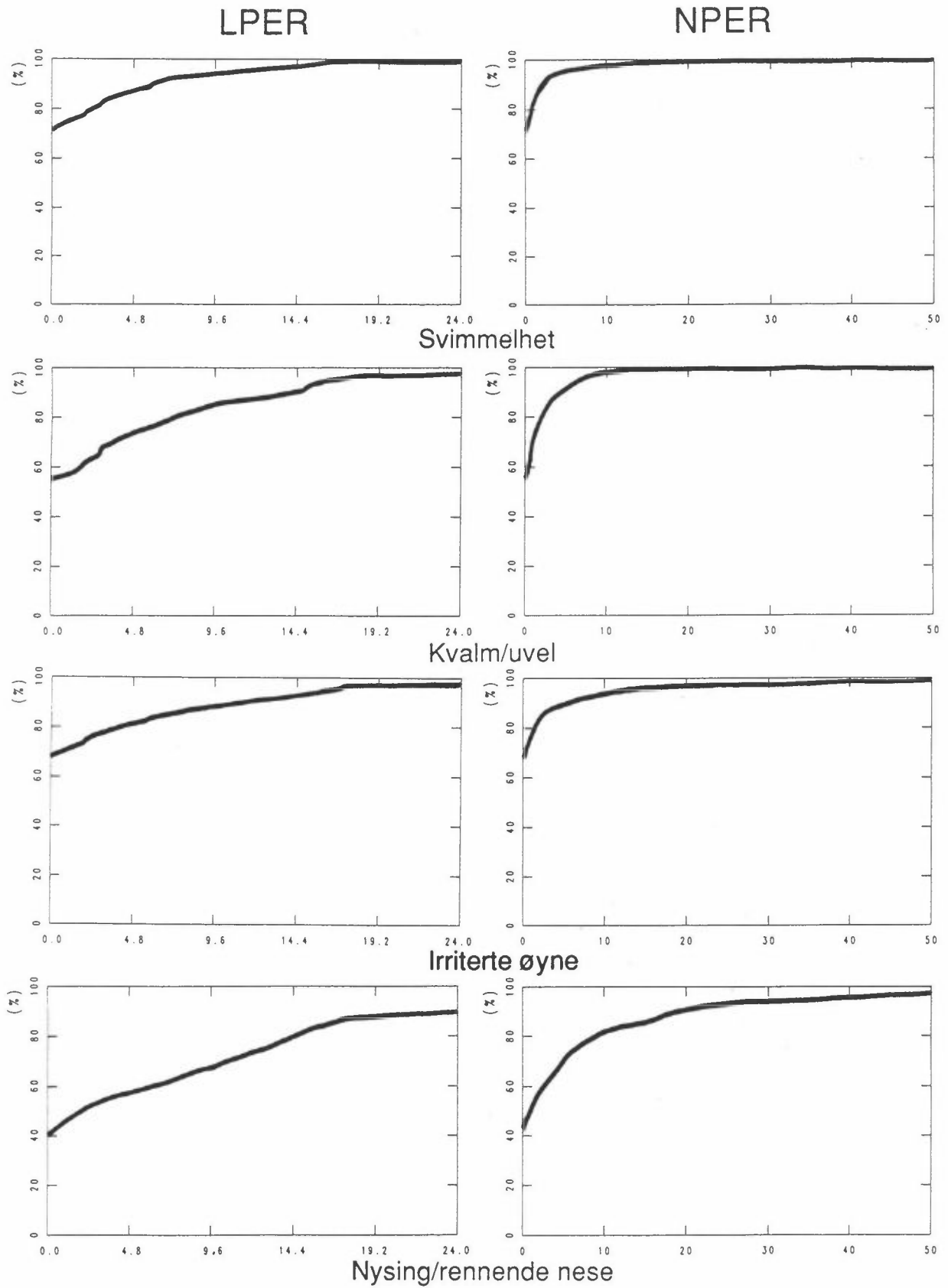
Man kan for hver deltaker i undersøkelsen og hver effektparameter regne ut gjennomsnittlig varighet av responsepisoder og antall episoder. Dette vises i figur 9.2, som gir kumulativ forekomst av:

- 1: gjennomsnittlig varighet av responsepisodene ("LPER" i kurven)
- 2: antall responsepisoder ("NPER" i kurven)

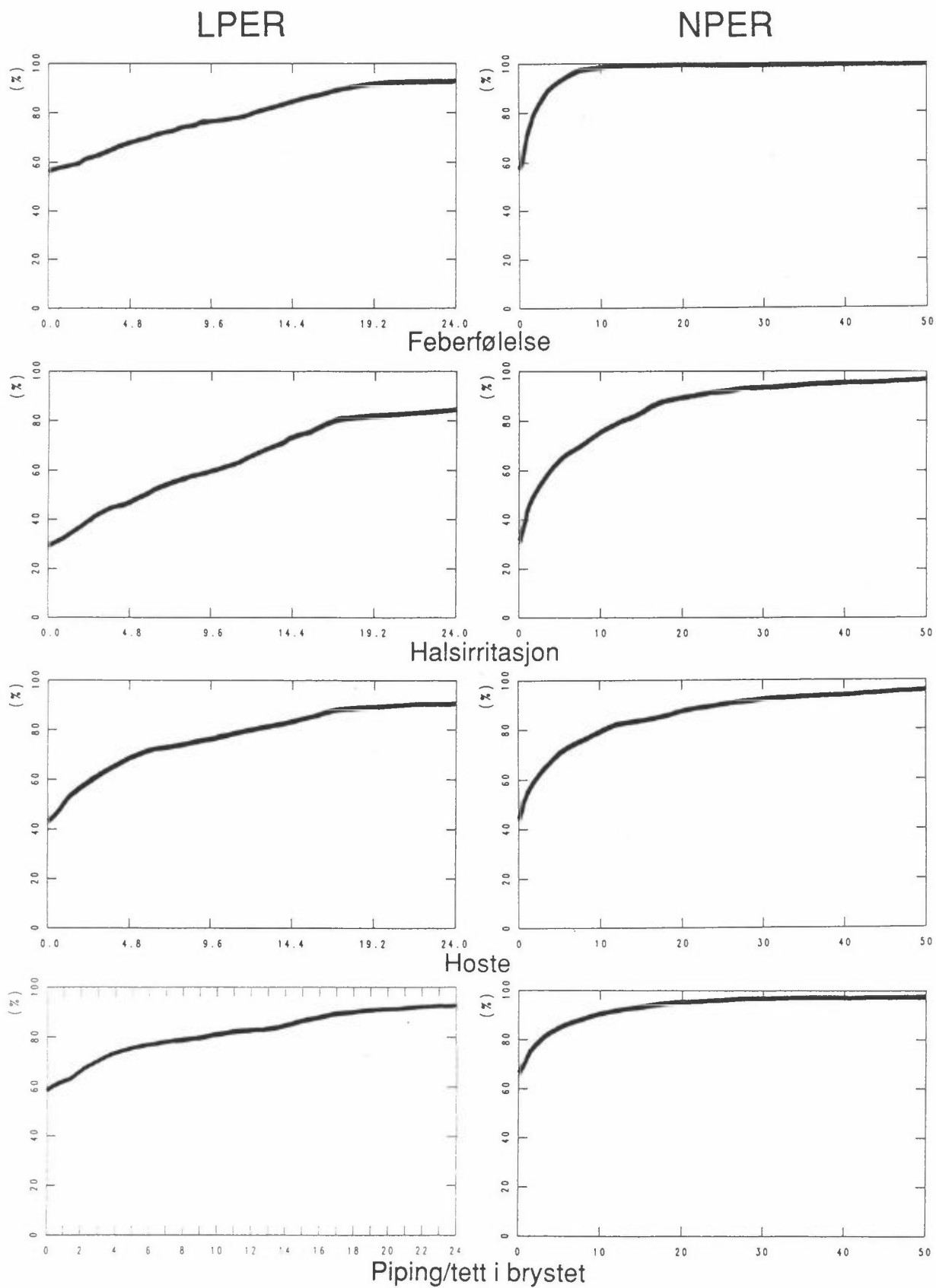
Deltakerne som aldri rapporterte det gitte symptomet er inkludert i figurer med null for både LPER og NPER. Antall episoder og episodenes varighet varierer for hver effektvariabel. Kortest og færrest episoder observeres for sjenerende industri-lukt (brattest stigning på kurven og flere enn 70% av deltakerne uten respons). Lengst episoder er med halsirritasjon (flat



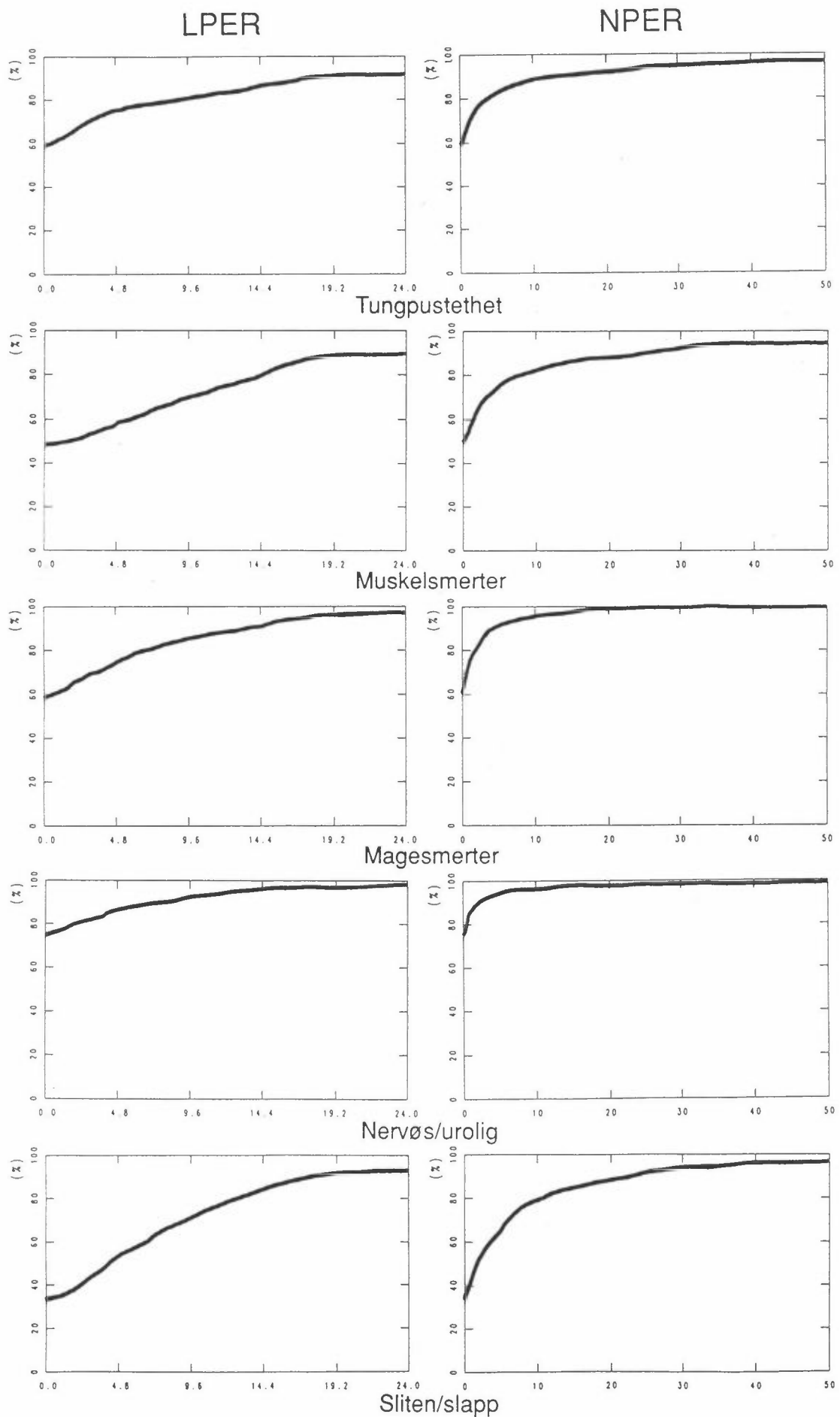
Figur 9.2: Kumulativ frekvens av midlere lengde av episodene (LPER) og midlere antall episoder (NPER) for hvert symptom. Deltakere som ikke rapporterte symptomer er inkludert i kurvene med NPER og LPER lik null.



Figur 9.2: Forts.



Figur 9.2: Forts.



Figur 9.2: Forts.

helning på LPER kurven), og flest episoder er med hodepine (flat helning på NPER kurven).

Mer enn 50% av deltakerne i undersøkelsen rapporterte minst én gang at de var plaget av tretthet, hoste, muskelsmerter, irritasjon i hals eller nese, eller hodepine. Minst én time i uken (0,6% av tiden) klaget mer enn 50% av deltakerne på tretthet, halsirritasjon eller hodepine. Lungesyke voksne hadde høyere prosentandel av de som opplevde tungpustethet, tett bryst og feberfølelse i flere perioder.

Responsratene som er målt i Grenland skiller seg lite fra de som er rapportert i internasjonal litteratur. Halsirritasjon kan muligens være et unntak, siden det ser ut til å være større prosentandel med plager blant deltakerne i denne undersøkelsen enn det som er rapportert andre steder.

De tre undersøkelsesgruppene (studiepopulasjonen, lungesyke voksne og lungesyke barn) ble valgt på forskjellige måter og med helt forskjellige kriterier, og i tillegg er responsratene forskjellige. Det er derfor fornuftig å studere de tre gruppene separat.

9.2 FOREKOMST OG VARIGHET AV RESPONSER M.H.T. FORSKJELLIGE FAKTORER

Ved forsøk på å kategorisere individene i befolkningsgrupper er det forskjellige måter å gå frem på. Den første er å se på biologiske faktorer. En annen er å bruke livsstilparametere og en tredje er å ta hensyn til fysiske omgivelser.

9.2.1 Karakterisering av deltakerpopulasjonen basert på biologiske faktorer

De biologiske faktorene som er behandlet er kjønn, alder og helse. Kvinner rapporterer flere typer symptomer enn menn. De

fleste typer symptomer er rapportert av en større andel kvinner enn menn og kvinner rapporterer lengre perioder med svimmelhet, kvalme, hodepine og muskelsmerter enn menn. Lungesyke menn rapporterer oftere piping og tetthet i brystet enn både lungesyke kvinner og menn i studiepopulasjonen. Lungesyke rapporterer både flere typer symptomer og flere episoder med lengre varighet enn deltakere fra studiepopulasjon.

Noen av resultatene er summert i tabellene 9.2 og 9.3. Tabell 9.2 gir prosentandelen som rapporterte et gitt symptom i hver gruppe. Tabell 9.3 beskriver gjennomsnittlig relativ forekomst av rapporterte symptomer (dvs. antall timer med symptom delt på totalt antall registrerte timer i undersøkelsen). Gjennomsnittet er basert på individuelle relative forekomster.

Visse tendenser i tabellene kan påpekes: gutter hadde oftere episoder med rennende nese enn de andre gruppene. Piping/tett i brystet og tungpustethet ble oftest rapportert om sommeren blant voksne lungesyke menn. Muskelsmerter, hodepine og tretthet tenderer til å være rapportert oftere av kvinner, og tretthet er i alle grupper rapportert oftere om vinteren. Når det gjelder midlere lengden av klageperiodene, ser de viktigste forskjellene ut til å være mellom de forskjellige symptomene og ikke mellom de forskjellige befolkningsgruppene.

Alder i voksne deltakergrupper (delt som over og under 50 år) ser ikke ut til å påvirke antall perioder med klager eller varigheten av klagene. Den eldste aldersgruppen synes å ha færrest symptomer. De deltakerne som var syke minst en gang hadde flere episoder med symptomer enn de som ikke rapporterte sykdom.

Tabell 9.2: Prosentandel av individer i hver gruppe som rapporterte et symptom minst én gang (antall individer i gruppene er gitt i parenteser under gruppebeskrivelsen).

Symptom	Deltakergruppe											
	Studiepopulasjonen				Lungesyke voksne				Lungesyke barn			
	Kvinner		Menn		Kvinner		Menn		Piker		Gutter	
	Vinter (153)	Sommer (140)	Vinter (138)	Sommer (120)	Vinter (25)	Sommer (22)	Vinter (34)	Sommer (32)	Vinter (7)	Sommer (5)	Vinter (9)	Sommer (9)
Sjenerende støy	20.9	15.0	29.7	15.8	20.0	22.7	29.4	18.8			11.1	
Sjenerende lukt	29.4	21.4	22.5	16.7	44.0	27.3	32.4	18.8	57.1	20.0	11.1	
Sjenerende industriøyk	11.1	10.7	13.8	8.3	20.0	18.2	17.6	18.8		20.0	11.1	
Hodepine	77.8	62.9	51.4	33.3	84.0	72.7	67.6	37.5	71.4	60.0	55.5	44.4
Svimmelhet	26.8	17.8	14.5	8.3	36.0	31.8	14.7	6.3	85.7	40.0	11.1	22.2
Kvalm/uvel	43.1	27.9	25.4	9.2	56.0	31.8	29.4	12.5	42.9	40.0	44.4	33.3
Rennende/ sviende øyne	26.1	19.3	18.1	11.7	44.0	50.0	14.7	21.9	14.3		44.4	22.2
Nysing/ rennende nese	47.7	48.6	38.4	30.1	64.0	72.7	41.2	50.0	14.3	80.0	66.7	55.5
Feberfølelse	37.3	25.0	22.4	17.5	40.0	40.9	26.5	28.1	42.9	60.0	44.4	44.4
Halsirritasjon	68.0	47.1	55.1	35.0	72.0	72.7	47.1	46.9	100.0	60.0	44.4	44.4
Hoste	43.8	36.4	36.2	25.0	52.0	63.6	44.1	56.3	57.1	80.0	66.7	66.7
Piping/tett i brystet	17.0	16.4	17.4	12.5	60.0	45.5	52.9	56.3	100.0	80.0	77.8	55.5
Tungpustethet	26.1	17.9	23.2	12.5	80.0	59.1	58.8	65.6	57.1	80.0	55.5	33.3
Muskelsmerter (nakke/rygg)	58.8	46.4	32.6	26.7	60.0	50.0	26.5	25.0	42.9		22.2	
Magesmerter	45.1	27.9	23.2	11.7	48.0	50.0	26.5	21.9	57.1	20.0	22.2	
Nervøs/urolig	28.8	18.6	13.8	5.0	32.0	18.2	14.7	15.7	14.3			
Sliten/slapp	67.3	55.7	48.6	30.8	76.0	54.5	47.1	43.8	85.7	60.0	33.3	33.3

Tabell 9.3: Midlere relativ frekvens av symptomer for hvert symptom som en funksjon av befolkningsgruppe, kjønn og årstid. (Middel av individenes relative frekvenser, dvs.: hvert individs antall timer rapportert dividert med individets antall timer registrert i undersøkelsen.)

Symptom	Deltakergruppe											
	Studiepopulasjonen				Lungesyke voksne				Lungesyke barn			
	Kvinner		Menn		Kvinner		Menn		Piker		Gutter	
	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer
Sjenerende støy	.005	.005	.009	.005	.056	.054	.013	.006			.000	
Sjenerende lukt	.010	.003	.004	.002	.003	.001	.010	.006	.003	.002	.000	
Sjenerende industriøyk	.009	.001	.001	.001	.003	.001	.010	.006		.000	.002	
Hodepine	.027	.022	.018	.009	.035	.030	.023	.008	.029	.009	.005	.003
Svimmelhet	.007	.003	.002	.000	.006	.004	.002	.004	.010	.003	.001	.001
Kvalm/uvel	.008	.003	.004	.001	.014	.008	.008	.001	.006	.004	.010	.005
Rennende/ sviende øyne	.012	.007	.005	.004	.011	.010	.024	.025	.001		.006	.004
Nysing/ rennende nese	.031	.029	.026	.026	.038	.029	.030	.030	.000	.031	.131	.099
Feberfølelse	.010	.007	.005	.005	.010	.017	.005	.009	.007	.005	.004	.008
Halsirritasjon	.048	.059	.054	.038	.020	.036	.037	.046	.077	.041	.020	.018
Hoste	.023	.027	.035	.030	.037	.048	.053	.058	.040	.022	.017	.040
Piping/tett i brystet	.011	.007	.014	.014	.015	.031	.107	.114	.032	.032	.048	.024
Tungpustethet	.017	.009	.031	.013	.070	.074	.153	.136	.004	.016	.017	.023
Muskelsmerter (nakke/rygg)	.085	.065	.051	.039	.093	.113	.013	.023	.008		.001	
Magesmerter	.010	.006	.012	.007	.006	.009	.033	.027	.011	.004	.002	
Nervøs/urolig	.011	.009	.003	.003	.011	.007	.004	.006	.001			
Sliten/slapp	.047	.029	.028	.019	.046	.049	.035	.040	.051	.017	.009	.006

9.2.2 Karakterisering av deltakerpopulasjonen basert på livs- stilfaktorer

De to antatt mest betydningsfulle faktorene forbundet med livs-
stil som er tatt med i denne undersøkelsen er røyking og alko-
holforbruk. Disse faktorene skiller også de to voksne studie-
gruppene. Gruppen med kjent lungesykdom rapporterte sjeldnere
alkoholforbruk, og andelen røykere i denne gruppen var lavere
enn i studiepopulasjonen i tillegg til at røykerne i den lunge-
syke gruppen røykte færre sigaretter.

Røyking påvirket ikke det totale antallet effektparametere rap-
portert av hver deltaker. Flere røykere rapporterte svimmelhet
og halsirritasjon enn ikke-røykere. Flere røykere fra den til-
feldig valgte gruppen var plaget av symptomer fra de nedre
luftveiene.

Rapporteringen av effektparametere på dager med og uten alko-
holforbruk, ser ikke ut til å være forskjellig. Flere av dem
som rapporterte at de brukte alkohol minst en gang i uken var
plaget av sjenerende støy, hodepine, hoste, halsirritasjon enn
de som ikke rapporterte alkoholbruk. Personer som brukte
alkohol rapporterte flere perioder med sjenerende industrirøyk,
og oppga tretthet over lengre tidsrom enn de som ikke brukte
alkohol.

9.2.3 Karakterisering av deltakerpopulasjonen basert på fysiske omgivelser

Deltakere ble også delt i grupper etter type arbeid de hadde,
og om de arbeidet utenfor hjemmet eller ikke. Oversikt over
inndeling gis i tabell 9.4.

Deltakerne med arbeidsplass utenfor hjemmet rapporterte ikke
flere symptomer enn de som arbeidet hjemme, men type symptomer
var forskjellig i de to gruppene. De som ikke hadde arbeids-
plass utenfor hjemmet var oftere plaget av tungpustethet og

nervøsitet/uro, men sjeldnere plaget av rennende nese (episodene var i tillegg kortere). De ser i tillegg ut til å oppleve flere og lengre episoder med sjenerende støy.

Deltakerne som arbeidet på steder hvor det var muligheten for arbeidseksposering, rapporterte ikke flere typer symptomer enn de andre, men flere av dem klaget på sjenerende støy. De rapporterte lengre episoder for symptomene fra luftveiene (hoste og piping i brystet). De rapporterte færre, men mer langvarige episoder med rennende nese og kvalme. Denne gruppen kan karakteriseres ved færre deltakere med episoder av hodepine, svimmelhet, rennende øyne, magesmerter og nervøsitet/uro. Dette kan være en indikasjon på at det å være i stand til å arbeide i et eksponert område forutsetter i utgangspunktet bedre helse enn gjennomsnittsbefolkningen.

Tabell 9.4: Oversikt over arbeidsforhold av voksne deltakere.

	Studiepopulasjonen		Lungesyke voksne	
	Kvinner	Menn	Kvinner	Menn
Antall deltakere	153	138	25	34
Ikke risiko for arbeidseksposering	59%	59%	52%	32%
Arbeid utenfor hjemmet	68%	90%	68%	71%

Deltakerne tilbrakte mesteparten av tid innendørs. I gjennomsnitt er det pr. deltaker registrert 721 timer inne med vindu stengt, 347 timer inne med vindu åpent, 112 timer utendørs og 140 timer pr. deltaker delvis eller helt brukt på reising eller handling. Perioder med respons begynner vanligvis innendørs. Periodelengden varierer lite med hensyn til hvor responsen var registrert først, bortsett fra nysing, hoste, tungpustethet og magesmerter med registrert periodelengde to til tre ganger større for periodene hvis første time har påbegynt innendørs. Mulig forklaring kan antyde at dette er forårsaket av sykdomstilfeller hvor man gjerne holder seg inne. Andel timer med

respons er omtrent likt fordelt de fire miljøene imellom (jfr. fig. 11.3).

9.3 DØGN- OG ÅRSTIDSVARIASJONER I RAPPORTERTE SYMPTOMER

Ved leting etter mulige sammenhenger mellom luftkvalitet og effektparametere rapportert på time til time basis, er det nødvendig først å bestemme de symptommønstrene i tiden som er uavhengige av luftkvaliteten.

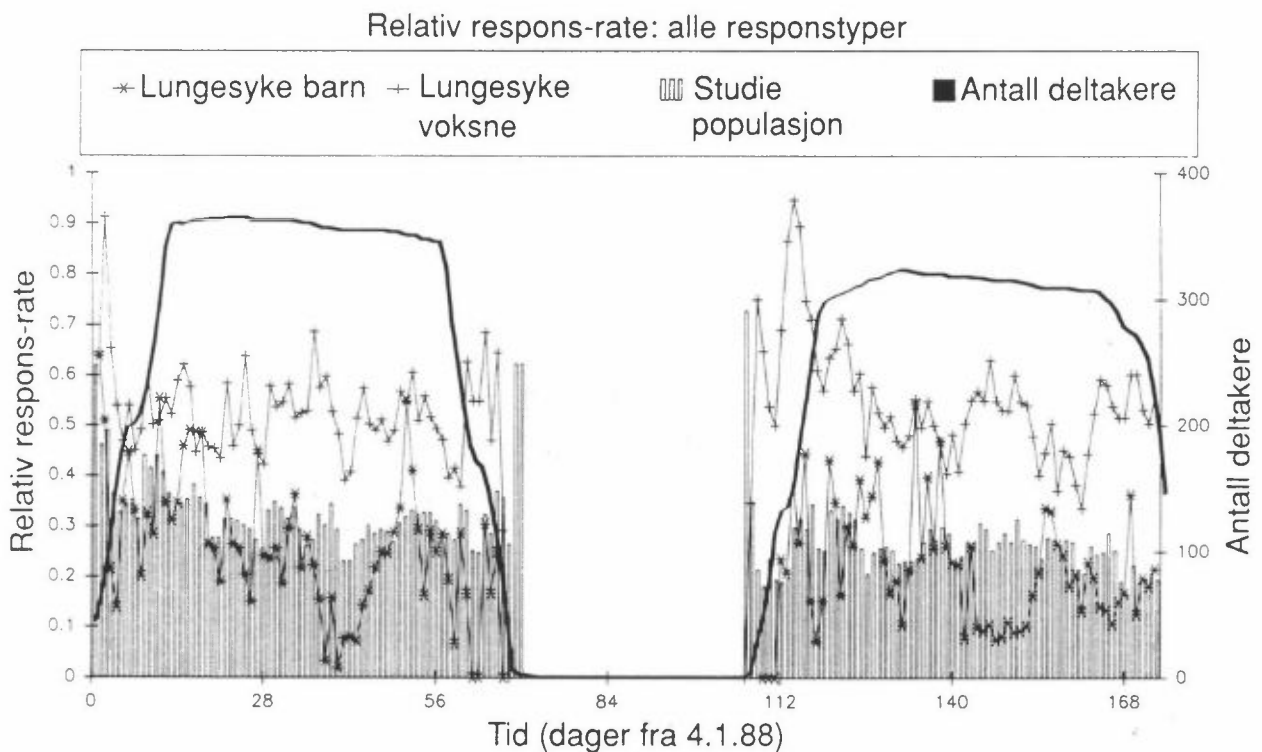
Figur 9.3 viser variasjonene i responsrater hos de forskjellige deltakergruppene for alle symptomer og for alle dager i undersøkelsen. Dag 1 var her mandag 4. januar 1988 for alle deltakere. Det er vesentlige forskjeller i symptomrapporteringen fra dag til dag.

Responsrate ser ut til å være lavere i helgene og litt høyere midt i uken.

De fleste deltakerne rapporterer flere typer symptomer om vinteren, (jfr. tabell 9.1). Flere deltakere rapporterer også et gitt symptom om vinteren enn om sommeren (jfr. tabell 9.2), men det er avhengig av deltakergruppe, kjønn og symptom. Det er imidlertid ikke forskjell mellom periodene i antall episoder for hver person. Situasjon for nysing og tetthet i bryset er vist i figur 9.4.

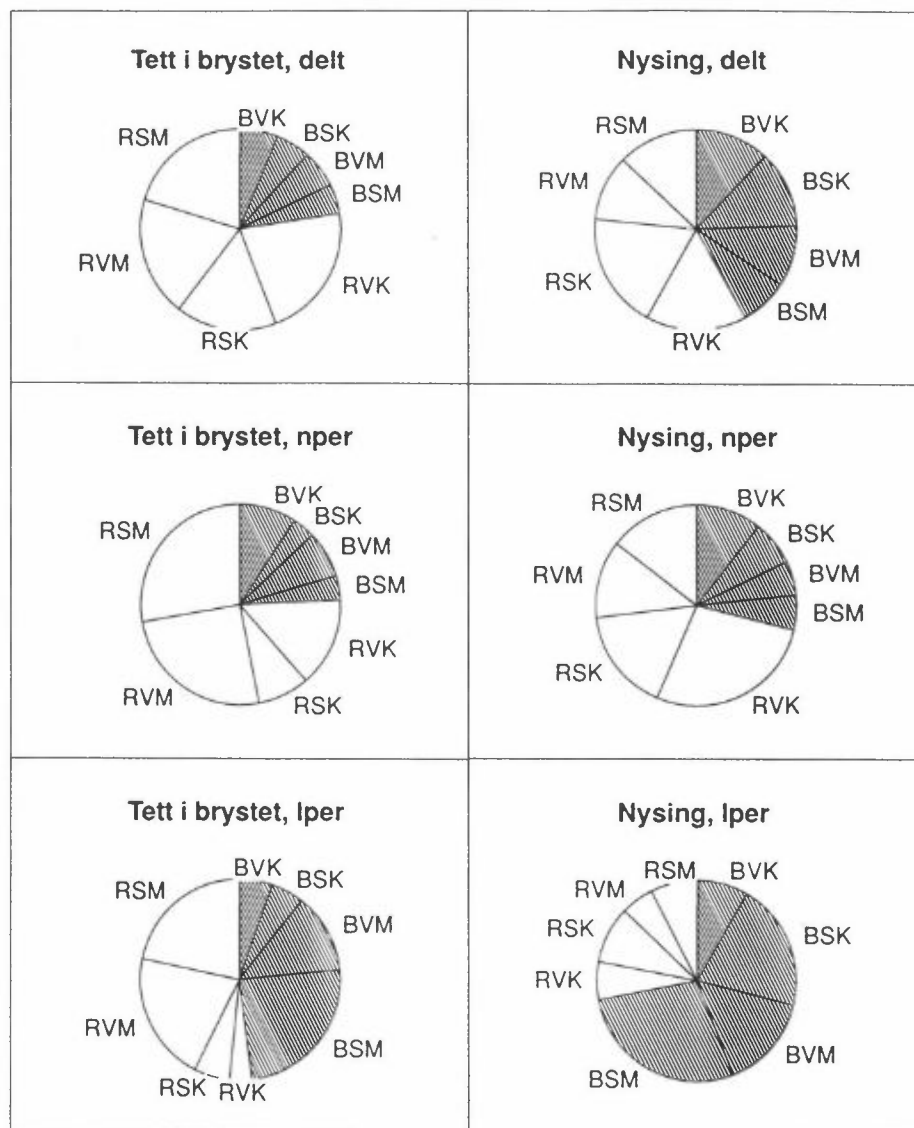
Nysing er rapportert av en større andel av lungesyke voksne enn av studiepopulasjonen og av flere kvinner enn menn uansett deltakergruppe ("delt."). Lungesyke voksne rapporterer flere perioder, flere perioder er rapportert om vinteren og kvinner rapporterer relativt flere perioder enn menn ("nper"). Imidlertid er periodene rapportert av studiepopulasjonen lengre enn de rapportert av lungesyke, med lengre perioder om sommeren ("lper").

Tetthet i brystet gir et litt annet bilde. Her er det igjen de lungesyke som utgjør den relativt største gruppen med symptom, med likt antall menn og kvinner, men det er menn som rapporterer flere og lengre perioder med respons ("nper" og "lper").



Figur 9.3 Daglig variasjon i responsraten for alle responser gjennom undersøkelsen. Studiepopulasjonen (RND GROUP) er avbildet som kolonner. Lungesyke voksne (+) og lungesyke barn (*) er vist som tynne linjer med tilhørende symboler, antall deltakere som rapporterer (NO.OF PARTICIPANTS) som en tykk linje. Denne siste opplysningen er nødvendig for å bedømme korrekt fluktuasjonene av den relative responsraten (for hver dag, antall timer med klager i hver gruppe dividert med det totale antallet timer i hver gruppe).

Diagrammer av gruppenes responsrater hvor dag 1 er hver del-takers første dag i undersøkelsen, indikerer hverken noen til-vennende økning eller avtaking i responsrapporteringen. Figuren er ikke vist her.



Figur 9.4: Relativt antall deltakere med symptom ("delt."), relativt antall perioder med symptom ("nper") og relativt periodelengde ("lper") for nysing og piping/tett i brystet for studiepopulasjon og lungesyke voksne. Deltakerpopulasjonene er veiet for å kompensere for ulikt antall deltakere. Diagrammene er delt etter deltakerpopulasjon (B = studiepopulasjon, R = lungesyke voksne), sesong (V = Vinter, S = Sommer) og kjønn (K = kvinner, M = menn). Gruppebetegnelse viser hvilken gruppe som hører til sirkelsegment, f.eks. BSM = studiepopulasjon, sommerperiode, menn.

9.4 RAPPORTERING M.H.T. TID PÅ DØGNET OG AKTIVITET

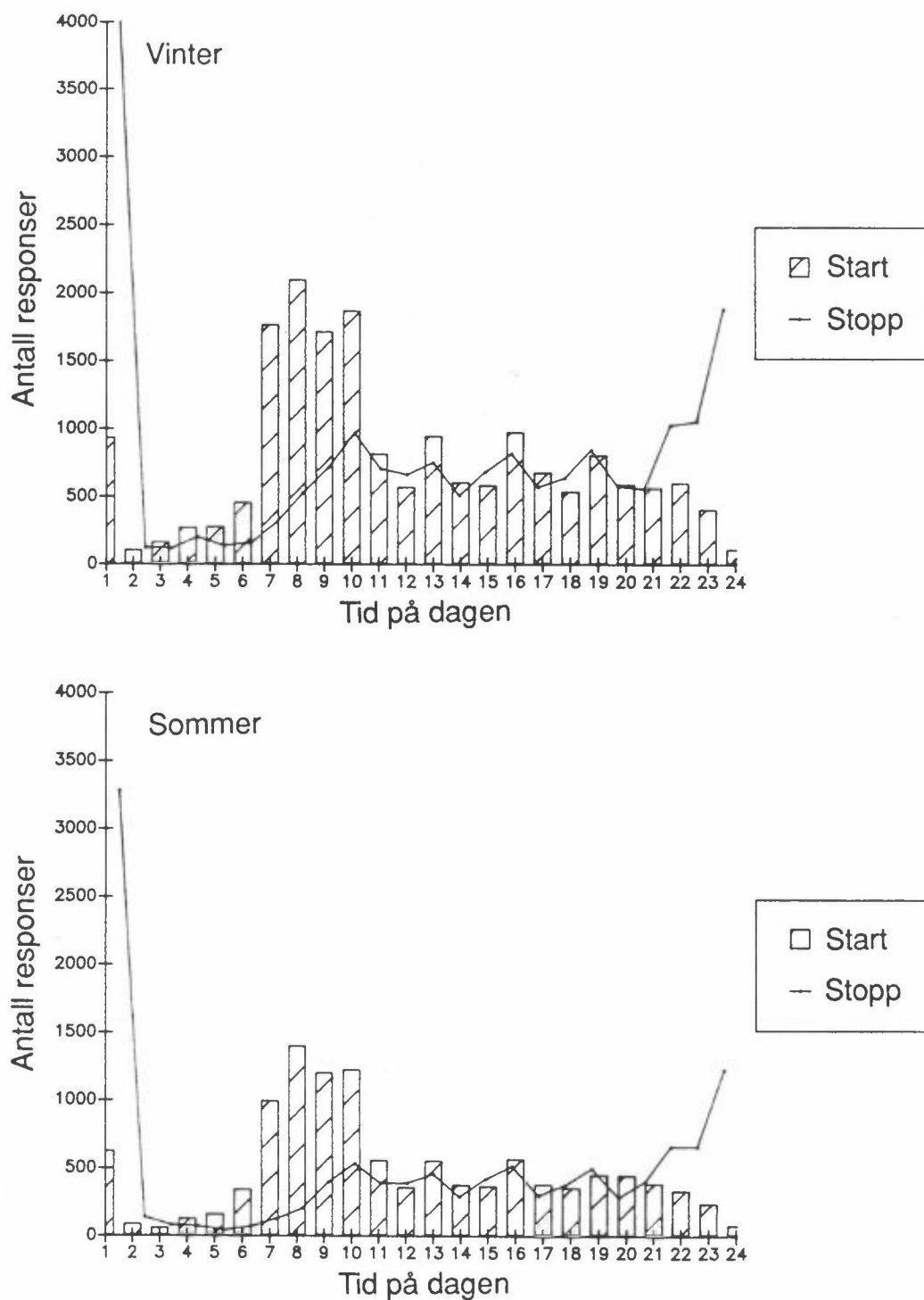
Ved å se på episoder med hver effektvariabel som en funksjon av tid på døgnet, framkom det et mønster med et maksimum i rapporteringen om morgenen. Figur 9.5 viser dette for alle symptomer kumulert, men mønstret er synlig også for de fleste enkeltsymptomer. Selv om dette er et kjent fenomen ved noen symptomer, som for eksempel hoste om morgenen, er det ikke allment kjent ved alle disse symptomene.

Ved undersøkelsen av responser ble det også lagt merke til at den gjennomsnittlige varigheten av symptomer var lengst om natten, noe som kan tyde på at individer som rapporterte symptomer om natten hadde en tendens til å rapportere symptomer hele natten.

9.5 HYPPIGHET OG VARIGHET I RAPPORTERING AV SYKDOM, FEBER, ALKOHOLBRUK OG MEDIKAMENTBRUK

I tillegg til å fylle ut symptomlisten på timebasis, fylte hver deltaker daglig ut en liste med opplysninger om bl.a. medikamentbruk (utenom det vanlige), sykmelding og alkoholbruk (se figur 2.2). Disse dataene kan brukes både som separate responsvariabler og som faktorer som forklarer variasjonen i de timerapporterte effektvariabler.

Forholdet mellom det å være syk og deltakernes generelle følelse av velvære (dagsform) på døgnbasis ble undersøkt. Parameteren "dagsform" kan brukes i den endelige modellen om virkninger av luftforurensninger som en bedre indikator for sykdom enn et mer direkte spørsmål om sykdom. Stort sett rapporterte deltakerne dårligere dagsform de dagene de oppgav at de var syke. Det var imidlertid også tilfeller der deltakere rapporterte at de var syke og samtidig følte de seg veldig bra (hadde en høy dagsform).



Figur 9.5: Variasjoner i antall responder av alle symptomer kumulert, som en funksjon av tid på dagen og årstid. Starttime er den første timen i responsperioden og stopptime er den første timen uten respons etter en responsperiode.

Redusert dagsform ble rapportert oftere blant de eldre, de lungesyke menn, menn og om vinteren. Menn og kvinner var omtrent like mye syke.

Medisinbruk (utenom det vanlige) ble registrert daglig. De fleste deltakerne tok en eller annen smertestillende tablett i løpet av undersøkelsen. Det var klare forskjeller i medikamentbruk mellom studiepopulasjonen og lungesyke voksne. Den lungesyke gruppen brukte oftere medisiner mot astma, i tillegg antibiotika og medisiner mot forkjølelsessymptomer. Det utpekte seg ingen klare forskjeller i medikamentbruk hos og menn og kvinner, bortsett fra bruk av smertestillende-, nerve-, muskelavslappende- og anti-inflammatoriske medikamenter som ble brukt mer av kvinner. Flere deltakere under enn over 50 år tok medikamenter (med unntak av medikamenter mot hjertelidelser).

Alkohol ble hovedsakelig brukt om helgene, uten statistiske forskjeller i hyppigheten hos menn og hos kvinner. Lungesyke voksne rapporterte imidlertid alkoholbruk sjeldnere enn studiepopulasjonen.

9.6 SAMMENHENGER MELLOM RAPPORTERTE SYMPTOMER

For å kunne beskrive kombinasjoner av forskjellige effektparametere skal vi undersøke samvariasjonen mellom disse. For hver person og hvert symptompar beskrives assosiasjon som prosent av tiden som to symptomer forekom samtidig, ut fra alle timene der minst ett av symptomene forekom. Dette ekskluderer de timene da ingen av symptomene forekom. Et mål for styrken i en gitt assosiasjon kan ganske enkelt være at assosiasjonen er større enn null (minst en time med samtidig forekomst), eller større enn en gitt prosent.

For mer enn 30% av deltakerne var assosiasjoner større enn null mellom feberfølelse og nysing/rennende nese, feberfølelse og halsirritasjon, og nysing/rennende nese og feberfølelse og hodepine. Disse symptomer er forbundet med influensa eller forkjølelse. Andre assosiasjoner er det mer vanskelig å forklare.

Ingen på forhånd definert gruppe av deltakere hadde noen spesielle assosiasjoner mellom symptomer.

Prosent deltakere med assosiasjon over 10% for hvert symptompar vises i tabellen 9.6 og 9.7. Tabellene er delt etter deltakergrupper (lungesyke barn er ikke med) og kjønn. Hvilke symptomer de forskjellige tallkodene representerer er gitt i tabell 9.5.

Tabell 9.5: Koding av symptomer brukt i tabell 9.6 og 9.7.

12 sjenerende støy	21 halsirritasjon
13 sjenerende lukt	22 hoste
14 sjenerende industrirøyk	23 piping/tett i brystet
15 hodepine	24 tungpustethet
16 svimmelhet	25 muskelsmerter rygg/nakke
17 kvalm/uvel	26 magesmerter
18 rennende/sviende øyne	27 nervøs/urolig
19 nysing/rennende nese	28 sliten/slapp
20 feberfølelse	

Tabell 9.6: Prosent av studiepopulasjonen med en assosiasjon på over 10% mellom par av symptomer. Prosenttall for kvinner er gitt under diagonalen (totalt 153 kvinner), prosent for menn over diagonalen (totalt 138 menn). Symptomene er kodet i henhold til tabell 9.5.

	MENN																											
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28											
12		1	1	-	-	-	1	-	2	1	1	1	2	1	2	1	10											
13	3		1	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	-	1	-	-											
14	3	2		-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
15	1	1	1		11	6	11	12	12	7	2	5	10	4	4	10	2											
K 16	1	1	1	7		2	1	2	2	-	1	-	1	1	2	1	1											
V 17	1	1	2	5	5		3	7	4	2	1	3	1	5	7	8	2											
I 18	1	-	1	7	-	2		5	2	6	3	3	4	1	1	3	-											
N 19	-	1	-	14	3	5	7		23	21	7	7	7	1	-	12	-											
N 20	1	1	2	11	2	3	4	18		8	5	7	4	4	1	9	4											
E 21	1	-	1	8	2	3	5	20	11		8	9	9	1	1	5	2											
R 22	-	1	-	4	1	-	3	6	3	13		12	8	-	1	10	3											
23	-	1	1	5	4	1	7	7	4	9	14		7	1	1	2	3											
24	-	1	1	10	2	2	3	6	5	9	5	6		3	1	8	1											
25	-	-	-	5	2	11	3	5	3	5	1	4	1		2	11	1											
26	-	-	1	5	4	5	1	1	2	1	1	1	3	1		5	1											
27	-	1	2	13	4	8	5	8	7	12	10	3	4	12	3		-											
28	10	1	-	4	1	1	-	1	3	1	-	1	1	2	1	-												

Tabell 9.7: Prosent av lungesyke voksne med en assosiasjon på over 10% mellom par av symptomer. Prosenttall for kvinner er gitt under diagonalen (totalt 25 kvinner) og for menn over diagonalen (totalt 34 menn). Symptomene er kodet i henhold til tabell 9.5.

	MENN																
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
12		3	6	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
13	4		9	-	-	-	3	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-		-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-		9	6	6	9	9	6	3	6	6	6	3	-	6
K 16	-	-	-	3		9	3	-	3	-	3	-	3	3	3	-	3
V 17	-	-	-	16	-		3	-	-	6	-	-	3	-	9	-	6
I 18	-	-	-	-	-		-	9	3	9	6	3	3	-	-	-	6
N 19	-	4	-	20	-	-	12		3	12	12	6	9	3	3	3	3
N 20	-	-	-	12	4	8	4	8		3	3	6	6	3	-	-	6
E 21	-	-	-	16	4	-	8	12	12		26	6	9	3	-	-	3
R 22	-	-	-	12	-	8	4	12	12	16		12	15	6	-	-	-
23	-	-	4	4	-	4	4	8	4	4	12		29	3	-	-	-
24	-	1	-	1	-	-	12	4	8	2	16	16		3	-	-	3
25	-	-	-	8	-	4	-	-	-	-	-	-	-		-	-	3
26	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
27	-	-	-	4	4	-	-	-	4	4	4	-	-	4	-		-
28	-	-	-	20	-	12	8	8	16	12	16	-	8	4	4	4	

9.7 KONKLUSJONER

De fleste av resultatene omtalt i dette kapitlet er oppsummert i tabell 9.8. Tabellen må ses på som et beskrivende heller enn et analyserende verktøy. De tre karakteristikker ved hvert symptom (antall deltakere som rapporterte symptomet minst én gang, "delt.", midlere varighet av responsperioden for de som responderte, "LPER", og midlere antall perioder for de som responderte, "NPER") er behandlet separat. For hvert symptom og testparameter (f.eks. studiegruppe, årstid, kjønn osv.) viser en celle i tabellen resultatene av t-test for hver av de tre typer karakteristikk. Det univariate testnivået ble satt til 10%. Hver test sammenlikner en gruppe med en referansegruppe. Hvilken gruppe som fungerer som referanse er oppgitt i tabellen. Antall deltakere i referansegruppen er også oppgitt. I en celle angir et plusstegn (+) en signifikant økning i forhold til referansegruppen, mens et minustegn (-) angir en minskning.

Tabell 9.8: Statistisk signifikante forskjeller mellom undergrupper. Univariat signifikansnivå er 10%. Faktorer som beskriver grupper er dikotomisert, referansekategori og antall deltakere (N) er angitt. Et plusstegn (+) angir økning i egenskapene (delt., LPER of NPER) fra referanse til testet kategori, et minustegn (-) angir en minskning. Linjen "delt." oppsummerer resultatene for antall deltakere som rapporterte symptomet minst en gang, LPER oppsummerer resultatene for midlere varighet av episodene med symptomer (kun deltakere som rapporterte de gitte symptomene er inkludert), og NPER angir resultatene for midlere antall episoder med symptomer (kun deltakere som rapporterte symptomet er inkludert).

	Deltaker-gruppe	Sesong	Kjønn	Alder	Røyking	Arbeids-eksponering	Arbeid utenfor hjemmet	Alkohol forbruk	Minst én sykedag
Referanse kategori (N)	Studiepopulasjon (292)	Vinter Alle personer	Kvinner (187)	Under 50 år (240)	Ikke-røykere (185)	Nei (317)	Ja (276)	Nei (113)	Nei (221)
SYMPTOMER									
Sjenerende støy delt. LPER NPER	+	-				+	+	+	
Sjenerende lukt delt. LPER NPER		-	-	-		+			+
Sjenerende industriøyk delt. LPER NPER						+		+	
Hodepine delt. LPER NPER		-	-			-		+	+
Svimmelhet delt. LPER NPER		-	-	-	+	-			+
Kvalm/uvel delt. LPER NPER	+	-	-			+			+

Tabell 9.8 forts.

	Deltaker- gruppe	Sesong	Kjønn	Alder	Røyking	Arbeids- eksponer- ing	Arbeid utenfor hjemmet	Alkohol forbruk	Minst én sykedag
Referanse kategori (N)	Studie- populasjon (292)	Vinter Alle personer	Kvinner (187)	Under 50 år (240)	Ikke- røykere (185)	Nei (317)	Ja (276)	Nei (113)	Nei (221)
SYMPTOMER									
Rennende/ sviende øyne delt. LPER NPER	+		-			-		+	-
Nysing/ rennende nese delt. LPER NPER	+	+	- +						+
Feberfølelse delt. LPER NPER		-	-						+
Halsirritasjon delt. LPER NPER	-	- +	-			+		+	+
Hoste delt. LPER NPER	+	+	-				+	+	+
Piping/ tett i bryst delt. LPER NPER	+		+			-	+		+
Tungpustethet delt. LPER NPER	+	-					+		+
Muskelsmerter nakke/rygg delt. LPER NPER		-	-					+	+
Magesmerter delt. LPER NPER		-	- +					+	+

Tabell 9.8 forts.

	Deltaker- gruppe	Sesong	Kjønn	Alder	Røyking	Arbeids- eksponering	Arbeid utenfor hjemmet	Alkohol forbruk	Minst én sykedag
Referanse kategori (N)	Studie- populasjon (292)	Vinter Alle personer	Kvinner (187)	Under 50 år (240)	Ikke- røykere (185)	Nei (317)	Ja (276)	Nei (113)	Nei (221)
SYMPTOMER									
Nervøs/urolig delt. LPER NPER		-	-			-	+	+	
Sliten/slapp delt. LPER NPER		-	-					+	+ +

For å illustrere tabellen 9.8 kan vi se på kvalme når deltakerne er stratifisert etter kjønn. Et minustegn i delt. linjen angir at færre menn klaget over kvalme enn kvinner. Referansekategorien er alle 187 kvinnene. Et plusstegn i LPER linjen angir at for den som hadde kvalme, så det ut til at menn hadde lengre perioder med kvalme enn kvinner. Av de som klaget over kvalme, hadde menn færre episoder enn kvinner - minustegn i linjen NPER.

Denne beskrivende fasen av undersøkelsen fører til følgende konklusjoner angående videre analyse av dataene i denne undersøkelsen av helsevirkninger av luftforurensninger:

1. De to undersøkelsesgruppene, og dernest menn og kvinner bør studeres separat.
2. Inndeling av befolkningen i undergrupper basert på røyking, alkoholforbruk eller alder bør gjøres med forsiktighet og på symptom for symptom basis.
3. Klare kompliserende faktorer som det må tas hensyn til er: kjønn, røyking, alkoholforbruk og arbeidseksponering.

4. Variasjoner på grunn av ukedag er muligens for små til at det kan være berettiget å ta dem i betraktning i videre undersøkelser.
5. Siden deltakernes daglige velvære ble angitt på en skala fra 1 til 5, i motsetning til en ja/nei angivelse av sykdom, ser dette ut til å være en bedre variabel å bruke. Forhåpentligvis gir den en god beskrivelse av en sykdomsperiode.
6. Bruk av hver medikamenttype bør muligens bli sett på som uavhengige helsesyntomparametere.

10 BESKRIVELSE AV OBJEKTIVE HELSEDATA HOS DELTAKERNE

G. Bjerknæs-Haugen, S.O. Samuelsen, O. Aalen, J. Clench-Aas, A. Bartonova, M. Johnsrud, L.S. Bakketeig

10.1 KLINISK UNDERSØKELSE

Alle personer som sa seg villige til å delta i Grenlandsprosjektet ble innkalt til en klinisk undersøkelse i november/desember 1987. Selve undersøkelsesperioden startet første mandag i januar 1988. Forundersøkelsen, som utgjorde et klinisk journalopptak dvs. status presens, ble først og fremst gjort for eventuelt å ekskludere uegnede personer fra studien, og dernest for å få en best mulig beskrivelse av personene som deltok. Ved denne forundersøkelsen ble deltakerne tildelt et identitetsnummer som fulgte dem gjennom hele undersøkelsesperioden, og gjorde det mulig å anonymisere registreringen av informasjon. Ved forundersøkelsen ble det registrert dato for undersøkelsen, alder, høyde, vekt, blodtrykk målt på høyre arm i sittende stilling, temperatur i armhulen med elektronisk termometer, puls, pustefrekvens, psykologisk vurdering, hudstatus, status i svelget, øyne, bryst/lungeforhold, hjerteforhold, orienterende nevrologisk undersøkelse inkluderende mental status, samt overarms-, kne- og hel reflekser. Undersøkelsene ble utført av legene Ingvild Arvesen, Peder Bjerkeseth og Gunnar Bjerknæs-Haugen.

Ettersom man planla et omfattende spørreformular med hensyn til anamnesticke opplysninger, ble det ved forundersøkelsen kun spurt om hoste og eventuelt farget ekspektorat og røykevaner, og man merket seg om det var spesielle sykdomstilstander eller forhold som kunne være av betydning for prosjektet. Utover den kliniske undersøkelsen ble det ved forundersøkelsen gjort full spirometri med Forsert VitalKapasitet (FVK), Forsert Ekspiratorisk Volum i ett sekund (FEV_{10}) og toppstrøms hastighet (PEF). Det ble tatt blodprøver og analysert med hensyn til hemoglobin (HB), senkning (SR) og karbonmonoksyd i blod (COHb) samt

avpipetert til serum som ble nedfrosset; og det ble tatt urinprøve som ble undersøkt med trepunkts prøvestrimmel: eggehvite, sukker og blod, og urinprøver ble frosset ned. Man satte av en halv time til undersøkelsen. Denne medisinske servicen ble svært godt mottatt av deltakerne, og for enkelte ble det hevdet at dette var grunnen til at de sa seg villig til å være med i prosjektet. Prosjektets leger skal være med deltakerne gjennom hele prosjektet og ydet også behandling hvor dette trengtes. Det ble diagnostisert en med dobbelt nyre, og det ble diagnostisert og behandlet en med astma og en med hjertesvikt). Ellers var det lite å bemerke vedrørende deltakernes helsetilstand ved status presensundersøkelsen, og ulike parametere for de ulike grupper er beskrevet i kapittel 3.

10.2 SPIROMETRI

10.2.1 Beskrivelse av målinger

Spirometri sto sentralt både i forundersøkelsen og ved hver av 14-dagerskontrollene. Man registrerte FVK, FEV_{1.0} og det ble utført toppstrøms PEF-målinger. De to førstnevnte variabelene ble målt på vitalograf (modell S), mens PEF-målingene ble utført med peakflowmeter av typen Miniwright. Dette var identisk med det apparatet deltakerne hadde med seg hjem, og som de benyttet fire ganger daglig.

Ved forundersøkelsen fikk alle grundig innføring av kyndig personell i teknikken ved bruk av Miniwright peakflowmeter og det samme personellet overvåket også spirometriundersøkelsene ved de senere 14-dagers kontrollene. Man utførte undersøkelsene tre ganger og høyeste verdi ble registrert.

FVK - Forsert VitalKapasitet er den luftmengden man klarer å blåse ut fra full innånding til full utånding og angitt i såkalte BTPS-verdier, dvs. kalkulert ved å ta hensyn til kroppstemperatur og fullmetning av vanndamp.

FEV_{1.0} - Forsert Ekspiratorisk Volum er et uttrykk for motstand i luftveiene - den mengde luft man klarer å blåse ut av lungene det første sekundet fra full innånding.

PEF - Peak Expiratory Flow er også et uttrykk for motstand i luftveiene - den maksimale mengde med luft målt i liter pr. minutt man er i stand til å blåse ut.

Nedenstående analyse er basert på spirometriverdiene fra 14-dagerskontrollene.

10.2.2 Statistisk analyse

a. Variasjon innen og mellom individer

For hver av de tre typene spirometriske målinger vil det være forskjeller mellom individene, knyttet til kjønn, høyde, alder og lungetilstand. I tillegg vil det for hver person være en variasjon i målingene over tid. Denne skyldes dels en ren måleusikkerhet og dels naturlige døgnsvingninger, men kan også uttrykke reelle endringer i lungefunksjonen. De siste vil først kunne vurderes når en kan trekke inn forurensningsdata.

Som første analyse vil vi i dette avsnittet skille de to hovedvariasjonene fra hverandre, og altså gi separate estimater for variasjonen hos den enkelte og mellom personer. For det formålet benyttes en standard variasjonskomponentmodell som analyseres ved hjelp av prosedyren "oneway" i SPSS. Merk at de forskjellige individer har svært varierende antall målinger (fra 1 til 11). Det er i denne analysen ikke tatt hensyn til når målingene er gjort (dvs. om det er stor eller liten tidsavstand mellom dem).

Varianskomponentene betegnes S^2_{hos} og S^2_{mellom} , hvor altså det første tallet måler variasjon fra gang til gang for et "gjennomsnittsindivid", mens det andre måler forskjellen mellom

individene. Nedenfor gis standardavvikene som er kvadratrøttene av disse tallene.

Vi oppgir også gjennomsnitt i hver gruppe. Disse er beregnet ved at en først har regnet ut gjennomsnitt for hvert individ og så tatt gjennomsnittet over individene.

Studiepopulasjonen (312 personer):

PEF (1/min):	gj.snitt = 525	$S_{hos} = 24,3$	$S_{mellom} = 104,5$
FVK (ml):	gj.snitt = 4163	$S_{hos} = 224$	$S_{mellom} = 1050$
FEV (ml):	gj.snitt = 3391	$S_{hos} = 200$	$S_{mellom} = 898$

Voksne med kjent lungesykdom (66 personer):

PEF (1/min):	gj.snitt = 449	$S_{hos} = 37,0$	$S_{mellom} = 111,1$
FVK (ml):	gj.snitt = 3975	$S_{hos} = 332$	$S_{mellom} = 1156$
FEV (ml):	gj.snitt = 2730	$S_{hos} = 356$	$S_{mellom} = 1052$

Barn med kjent lungesykdom (18 personer):

PEF (1/min):	gj.snitt = 345	$S_{hos} = 37,1$	$S_{mellom} = 104,5$
FVK (ml):	gj.snitt = 2766	$S_{hos} = 296$	$S_{mellom} = 1155$
FEV (ml):	gj.snitt = 2101	$S_{hos} = 305$	$S_{mellom} = 882$

Kommentarer: En ser at voksne personer med lungesykdom har en variasjon fra gang til gang som er fra 50% til 80% større enn dem uten lungesykdom. Variasjonen mellom lungesyke er noe større enn variasjonene mellom friske personer, men ikke særlig mye større. Variasjonene fra gang til gang hos barn med lungesykdom er nesten like store som hos voksne med lungesykdom.

b. Analyse av individgjennomsnitt

Videre gjøres en nærmere analyse av variasjonen i spirometriske verdier mellom individer og undersøke i hvilken grad denne kan forklares ut fra forskjeller i kjønn, alder, høyde og røykevaner. En ser også se forskjellen mellom dem med og uten lunge sykdom. For hver person, og hver av de tre spirometriske størrelser, betrakter vi gjennomsnittet av alle målinger gjort for denne personen. Vi ser her bare på voksne personer.

Innledningsvis presenteres multiple regresjonsanalyser som kan gi en oversikt over de effekter en har. Det er utført enkle og uveide analyser. Siden bakgrunnsdata mangler for en del personer, p.g.a. ufullstendige anamneseopplysninger, er det noen personer som utgår i analysene. I alle analysene er gjennomsnittlig verdi av enten PEF, FVK eller FEV den avhengige variabel, mens de uavhengige variable er:

- kjønn (1-mann, 2-kvinne)
- alder i år
- alder i år, opphøyet i annen
- høyde i cm
- røyking i antall sigaretter pr. dag
- lungestatus (0-friske, 1-lungesyke)

Kvadratet av alderen er tatt med for å kunne ta hensyn til en ikke-lineær reduksjon i spirometri-verdiene ved økende alder.

Resultater av regresjonsanalysen er gitt i tabell 10.1.

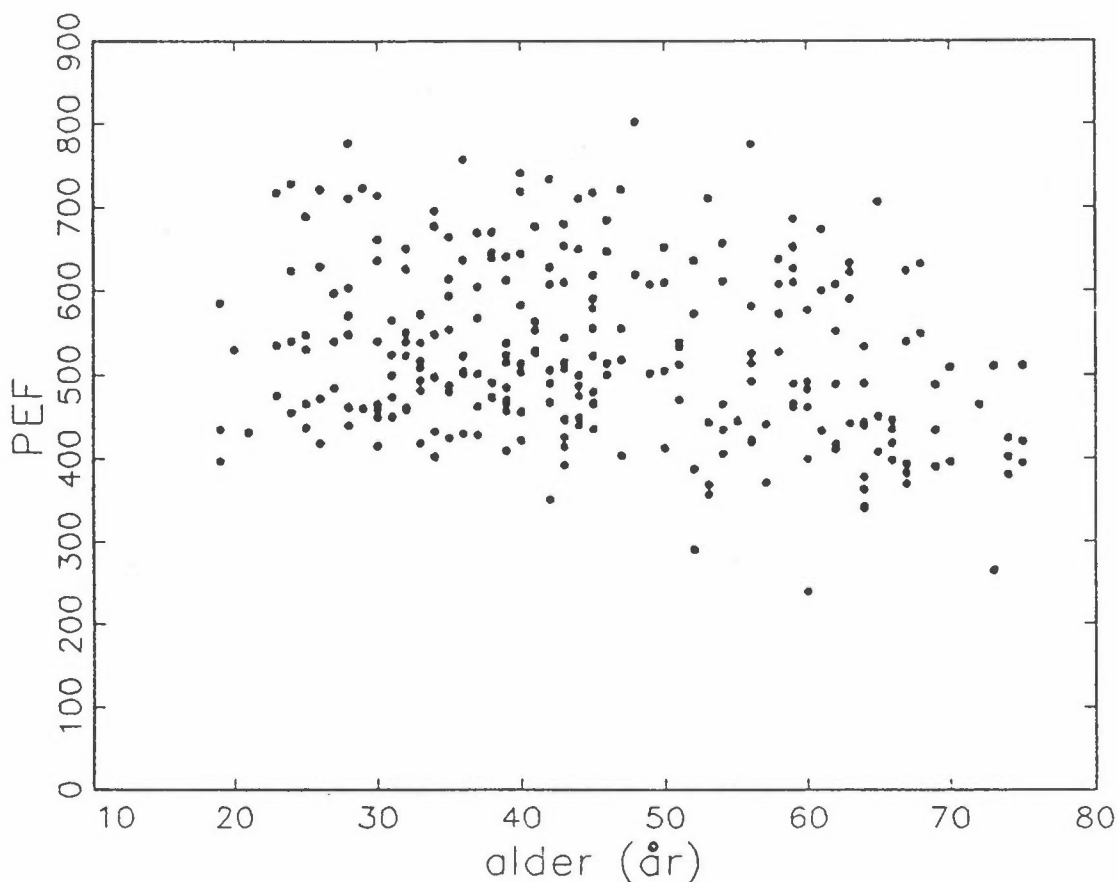
I tabellen er det satt opp koeffisienter for de enkelte variable, og tilhørende teststørrelser (t-verdi). Hvis absoluttverdien av t er større enn 2,0 er p-verdien under 5%, og hvis verdien er numerisk større enn 2,6 er p-verdien under 1%.

Tabell 10.1: Resultater av regresjonsanalysen for samtlige spirometri-verdier.

VARIABEL	PEF		FVK		FEV	
	koeff	t	koeff	t	koeff	t
Konstant	116	0,81	-3974	-3,28	-2068	-1,76
Kjønn	- 101	-8,73	- 617	-6,25	- 396	-4,13
Alder	4,62	2,39	20,8	1,27	- 2,25	-0,14
Alder i annen	- 0,075	-3,77	- 0,57	-3,40	- 0,36	-2,17
Høyde	3,12	4,40	56,1	9,36	41,0	7,03
Røyking	- 2,03	-3,39	-16,2	-3,20	- 17,7	-3,59
Lungestatus	-92,6	-8,68	- 368	-4,07	- 676	-7,69
Forklart variasjon		61%		70%		65%

Kommentarer: En ser at ut fra den statistisk bearbeidelsen kan rundt 2/3 av variasjonene forklares ved bakgrunnsvariabelene. Menn ligger signifikant høyere enn kvinner, også når en justerer for høyde. F.eks. har menn i gjennomsnitt ca. 200 l/min høyere PEF-verdi enn kvinner. Alder viser seg å være viktig, men det er særlig annengradskomponenten som er dominerende. Sammenhengene med høyde og røyking er meget klare og går i de ventede retninger. Personer med lungesykdom ligger klart lavere enn de friske. f.eks. er PEF-verdien i gjennomsnitt 90 l/min lavere.

Som en illustrasjon på sammenhengen, kan det være nyttig å se på en grafisk fremstilling. Vi viser her bare figurer for PEF-verdiene.

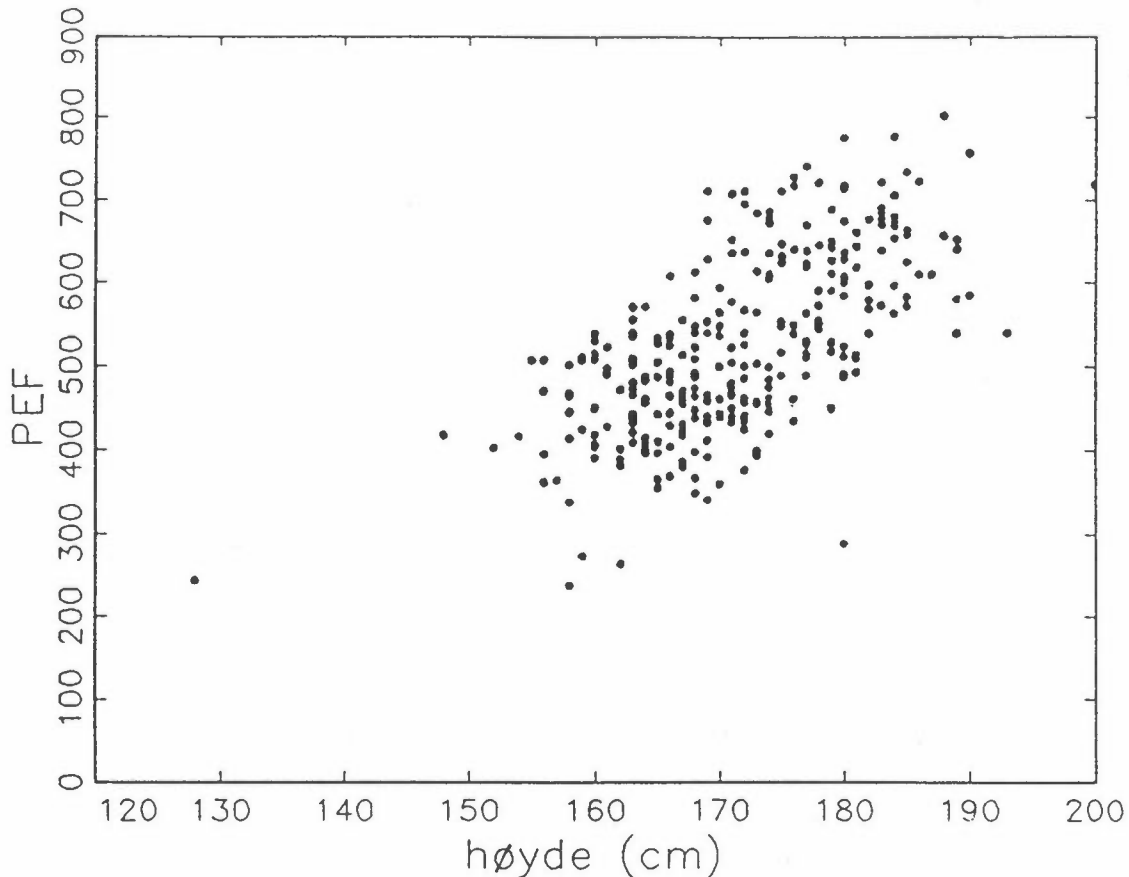


Figur 10.1: Spredningsdiagram over toppstrømhastighet (PEF) mot alder for studiepopulasjonen (N= 265).

En ser en klar reduksjon fra 50-års-alderen og utover. Annen-gradsleddet i regresjonslikningen uttrykker nettopp at reduksjonen ikke er lineær med alderen, men først setter inn fra en viss alder.

En ser en meget klar sammenheng med høyde og får også illustrert at denne er meget nær lineær.

Vi har sammenliknet FVK og $FEV_{1.0}$ målt i dette prosjektet med de verdier en får ved å benytte Gulsviks formler (ref. 1) for studiepopulasjonen fra Folkeregisteret og de voksne lungesyke. Studiepopulasjonen skulle være sammenliknbar med den gruppen som dannet grunnlaget for Gulsviks formler.



Figur 10.2: Spredningsdiagram over toppstrømhastighet (PEF) mot høyde for studiepopulasjonen (N=309).

Vi benytter en korrelasjonsindeks gitt ved formelen:

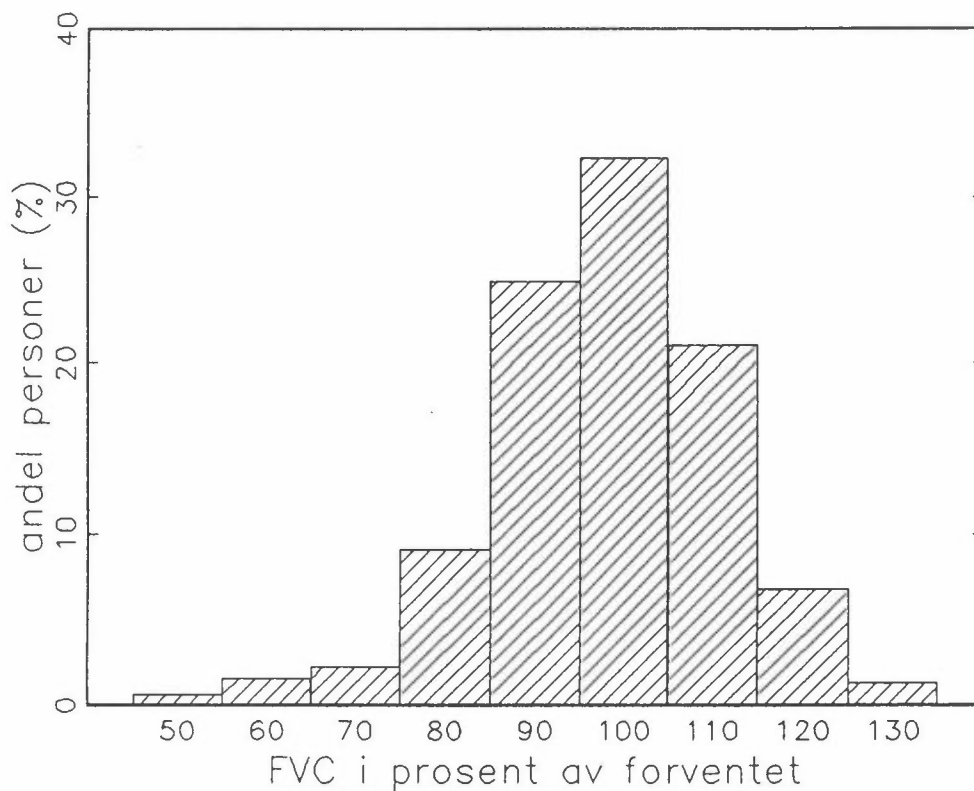
$$\text{Corr} = (\text{Grenland målt/Gulsvik formel}) \times 100\%.$$

Dette gav følgende resultat for studiepopulasjonen:

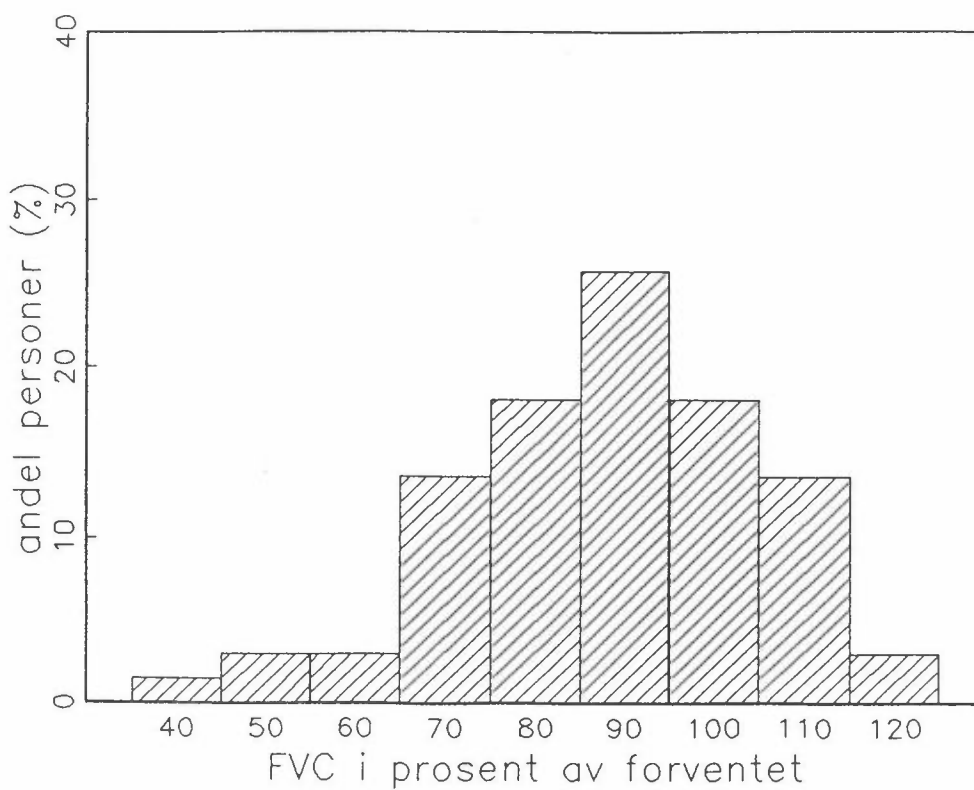
FVK: Middelerdien var 98,0 med et standardavvik på 13,5.
Den lave kvartilen var 89,4 og den høye 107,2.

FEV_{1,20}: Middelerdien var 94,3 med et standardavvik på 15,1. Den lave kvartilen var 85,6 og den høye 105,1.

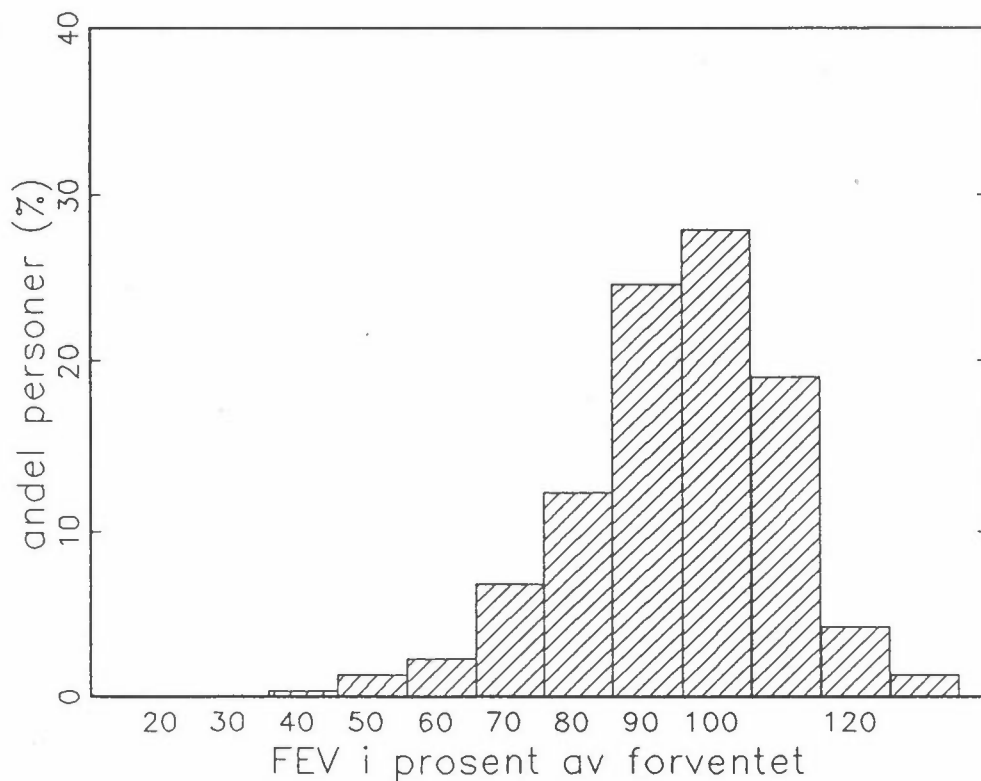
Forholdet er også søkt vist ved histogrammer i figurene 10.3.1-4.



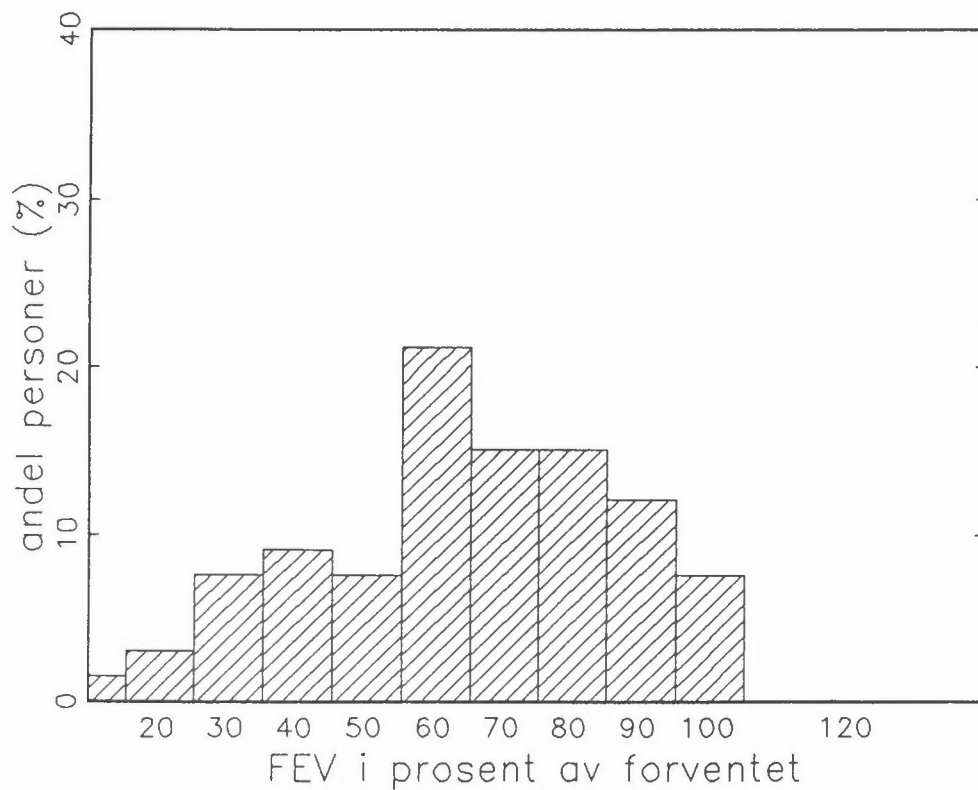
Figur 10.3.1: Forsert Vitalkapasitet (FVK) hos studiepopulasjonen (N=309) sammenliknet med verdier fra Gulsvik (1985).



Figur 10.3.2: Forsert Vitalkapasitet (FVK) hos voksne med kjent lungesykdom (N=66) sammenliknet med verdier fra Gulsvik (1985).



Figur 10.3.3: Forsert Ekspiratorisk Volum ($FEV_{1.0}$) hos studiepopulasjonen (N=309) sammenliknet med verdier fra Gulsvik (1985).



Figur 10.3.4: Forsert Ekspiratorisk Volum ($FEV_{1.0}$) hos voksne med kjent lungesykdom sammenliknet med verdier fra Gulsvik (1985).

10.3 BLODPRØVER

Ved hver 14-dagerskontroll ble det tatt blodprøver. Hemoglobin (Hb - populært kalt blodprosent (tallverdien kan tilnærmet ganges med 7,5)), senkning (SR) og karbonmonoksyd (kullos) i blod (COHb) ble analysert direkte. Tretti ml fullblod ble sentrifugert, serum avpipetert og frosset ned.

10.3.1 Karboksihemoglobin

I denne analysen ser vi på COHb og i forhold til opplysningene om røyking som ble gitt på status presens-skjemaet. Som for spirometri varierer antall målinger en del fra person til person, og vi ser på gjennomsnittet av de faktiske foreliggende målinger.

Som det ble gjort for spirometri, ser vi først på variasjonen hos den enkelte og mellom personer. Vi får følgende resultater:

Studiepopulasjonen (312 personer):

COHb: gj.snitt = 2,50% S_{hos} = 0,72 S_{mellom} = 1,85

Voksne med kjent lungesykdom (66 personer):

COHb: gj.snitt = 1,73% S_{hos} = 0,49 S_{mellom} = 1,09

Barn med kjent lungesykdom (18 personer):

COHb: gj.snitt = 1,08% S_{hos} = 0,43 S_{mellom} = 1,47

En ser at det er en betydelig variasjon fra person til person, størst i studiepopulasjonene, og skyldes trolig at det er røykere blant dem.

En analyse av gjennomsnittlig COHb for hver enkelt person mot bakgrunnsvariable, avslørte at det bare var røyking som hadde noen vesentlig innvirkning på nivået. Alder, kjønn og sivilstand hadde lite å si i tillegg. I de videre analyser ser en derfor bare på innflytelsen av røyking.

Ikke-røykere i alle aldre, i alt 233 personer, hadde en gjennomsnittlig COHb-verdi på 1,18%. Korrelasjonen mellom røyking og COHb-verdi er 0,77%. Disse verdiene kan ikke sammenlignes med de rapporterte i andre undersøkelser i Norg på grunn av metodeforskjeller.

Det er en klar sammenheng, i det de som røyker mye også har en stor COHb-verdi. Blant de som røyker lite er det også noen med høye COHb-verdier, noe som kan skyldes at røykingen er angitt for lavt. Noen sluttet å røyke under prosjektet, og dette vil p.g.a. gjennomsnittsverdier gi for høy COHb verdi hos en som blir registrert som ikke-røyker (0 sigaretter pr. dag).

Å beskrive sammenhengen med en rett linje kan nok virke tvilssomt. Vi har likevel utført en lineær regresjon på alle personer samlet, og får da likningen:

$$\text{COHb (\%)} = 1,45 + 0,216 * (\text{antall sigaretter}).$$

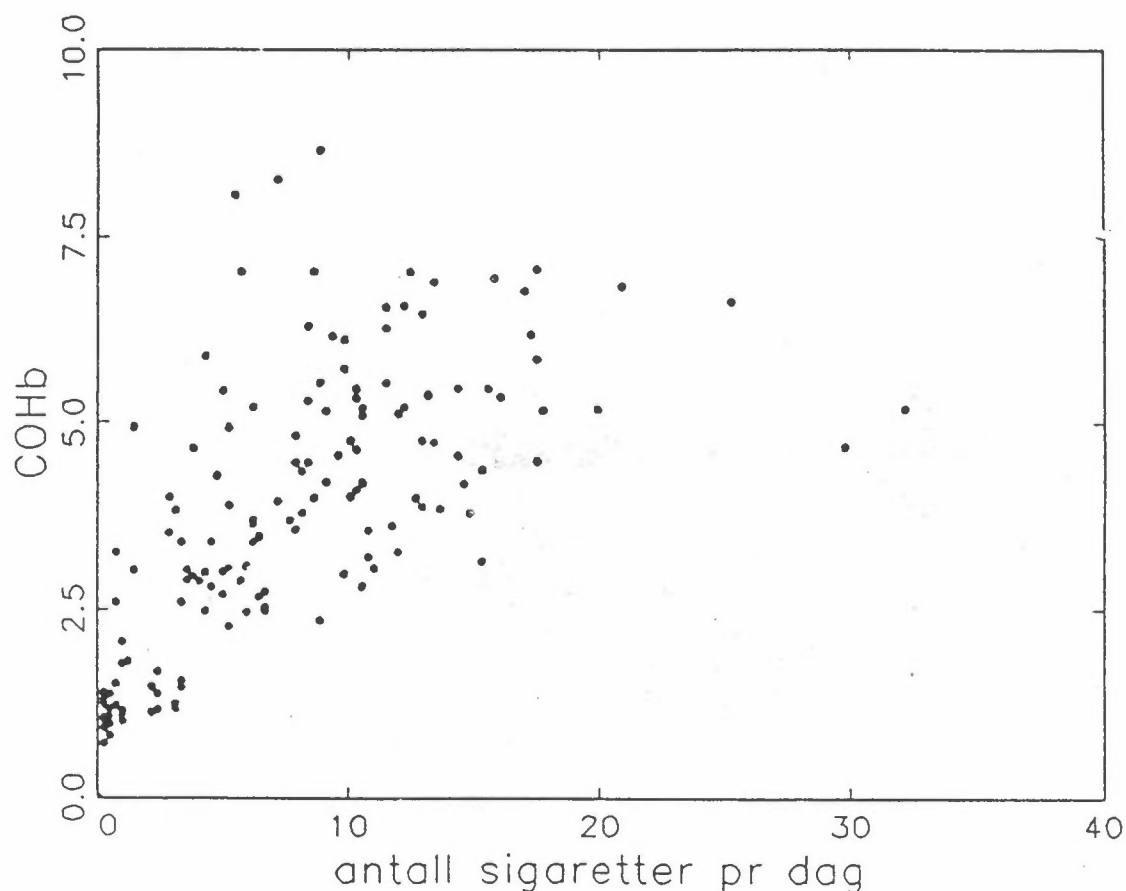
Linjen blir nok dreid oppover på grunn av noen svært høye COHb-verdier blant dem med lavt oppgitt sigarettforbruk. Dette er grunnen til at 1,45% er høyere enn verdien for ikke-røykere (1,18%). Røyking forklarer 60% av variasjonen i COHb. Hvis en trekker inn andre bakgrunnsvariable, øker dette ikke i særlig grad den forklarte variasjonen.

10.3.1.1 Analyse av COHb mot antall sigaretter pr. dag registrert på dagbokskjema

I det foregående ble COHb analysert på basis av røykedata fra statuspresens formularet. Etersom dagbokskjemaet antas å gi mer pålitelig informasjon, er også disse benyttet. I alt har vi relevante data her for 368 personer. Blant disse er det

148 røykere og 220 ikke-røykere. Gjennomsnittlig COHb-verdi for ikke-røykerne er 1,13% (mot tidligere 1,18%). Korrelasjonen mellom røyking og COHb-verdi er 0,83 (tidligere 0,77).

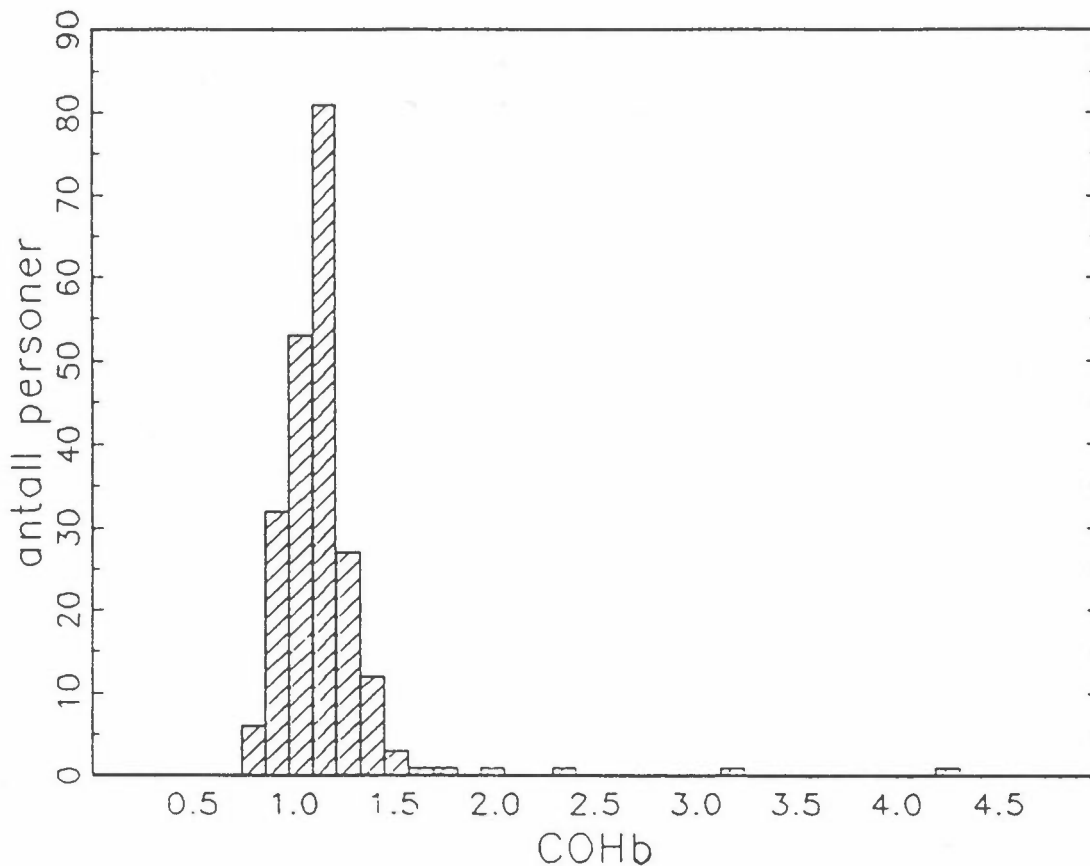
Figur 10.4 viser sammenhengen mellom COHb-verdi og antall sigaretter.



Figur 10.4: Karboksihemoglobin (COHb)-verdier for de 148 røykerne i Grenlandsundersøkelsen (i henhold til dagbokskjemaet).

Resultatene er i rimelig god overenstemmelse med dataene basert på statuspresens formularet. Økningen av COHb med sigarettforbruk er enda skarpere her, og dette skyldes et lavere estimert sigarettforbruk i dagbokskjemaet.

Figur 10.5 viser fordelingen av COHb-verdier blant ikke-røykere (220).



Figur 10.5: Karboksihemoglobin (COHb)-verdier for de 220 ikke-røykerne i Grenlandsundersøkelsen (i henhold til dagbokskjemaet).

10.3.2 Senkningreaksjon (SR)

I løpet av undersøkelsen ble det registrert hele 2297 senkningsreaksjoner og kun 87 ble registrert som patologiske over 30 mm/t. Disse fordelte seg på 55 personer hvorav 14 tilhørte lungesykegruppen. Gjennomsnittet lå på 10 mm/t. De høye senkningsreaksjonene var for en stor del kjent (revmatisme, etc.), men noen skyldtes også akutte infeksjoner (lungebetennelse, etc.).

10.3.3 Hemoglobin (Hb)

Det ble under undersøkelsen totalt målt 2336 ganger hemoglobin. Middelerdien av 13,5 g/100 ml med et standardavvik (SD) på 1,2 g/100 ml, slik at 2 SD lå innenfor normalverdiene.

10.4 URINUNDERSØKELSER

I løpet av undersøkelsesperioden ble det gjort strimmelundersøkelser på i alt 3344 urinprøver. Prøvene dekket hemoglobin (blod i urin), protein (eggehvite) og glukose (sukker).

For proteins vedkommende var det 97,4% som ikke ga noe utslag og kun 2,2% med spor. Av det store totalantall på 3344 sto man igjen med 11 prøver med sikre utslag på protein som alle ble klinisk fulgt opp.

For glukoses vedkommende var det 96,7% av prøvene som ikke hadde tegn til sukker i urinen og kun 2,1% som hadde spor. Litt over 1% av prøvene som hadde klart utslag på glukose ble kontrollert.

Vedrørende blod i urinen var det 88,2% som ikke viste noe utslag. Av de nærmere 12% av prøvene som viste større eller mindre utslag på blod, gjorde man ingen ting i de tilfellene hvor det var grunn til å tro at utslagene skyldtes menstruasjonsblødning. Disse utgjorde den altoverveiende delen, og det var kun behov å følge opp noen få tilfelle klinisk.

I tillegg til strimmelundersøkelsen ble det frosset ned urinprøver (20 ml og for vinterperioden også et rør med 4,5 ml) for senere planlagte analyser (nikotin og kotinin).

10.5 MIKROBIOLOGISKE UNDERSØKELSER

Ved studiens begynnelse og slutt ble det tatt halsprøver av alle deltakerne, og disse ble analysert med tanke på Hemofilus influenza-bakterier og meningokokker. Av i alt 651 prøver var 363 positive på Hemofilus influenza, men svært få var sykdomsfremkallende og Hemofilus influenza ble av laboratoriet inkludert i normalfloraen ved utgivelsen av svar etter Grenlandsundersøkelsen.

Det ble i alt funnet 40 prøver med meningokokker. I en videregående studie ble det gjort "fingerprinting" på bakteriestammene og det ble ikke påvist noen patologiske stammer blant deltakerne i Grenlandsprosjektet.

10.6 DAGLIGE PEF-MÅLINGER

Som en del av den daglige rapporteringen av helsesyntomer skulle deltakerne i Grenlandsundersøkelsen måle toppstrømshastighet PEF 4 ganger hver dag. Hensikten med PEF-målingene var å påvise om og eventuelt i hvilken grad luftforurensing påvirker lungefunksjon. I dette avsnittet diskuteres det om de foreliggende data er egnet til et slikt formål. Det gis en beskrivelse av hvordan rapporteringen av PEF-målinger forløp. Det beskrives videre hvordan PEF-målingene varierte over døgnet, uken og periodene som helhet. Dessuten belyses samsvaret med PEF-målingene på 14-dagers kontrollene. I alt synes oppfølgingen å ha forløpt tilfredsstillende og dataene virker egnet til å påvise moderate endringer i PEF som skyldes eksposisjon som er målt uten vesentlige feil.

deltakerne i undersøkelsen fikk utlevert PEF-målere av typen Mini-Wright. Resultatene fra PEF-målingene skulle oppgis i egne rubrikker på baksiden av dagbokskjemaet. Ved hver måling skulle deltakerne blåse 3 ganger. I vinterperioden ble bare maksimal verdi oppgitt, mens i sommerperioden skulle alle tre resultater oppgis.

10.6.1 Oppfølging over døgnet

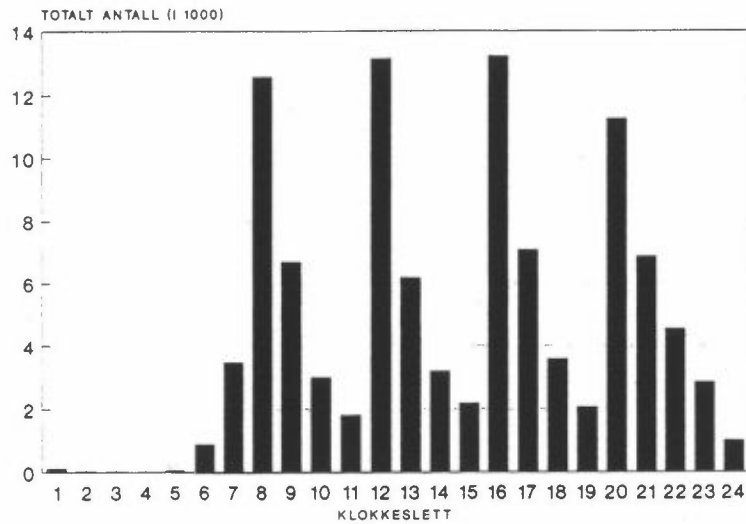
deltakerne ble bedt om å fordele PEF-målingene jevnt ut over dagen. Det ble foreslått at første måling skulle foretas ca. kl 8.00, 2. måling ca. kl. 12.00, 3. måling ca. kl. 16.00 og 4. måling ca. kl. 20.00. I figur 10.6 angis det hvordan målingene faktisk ble fordelt ut over dagen for hhv. studiepopulasjonen, barna med kjent lungesykdom og voksne med kjent lungesykdom. Som man ser fulgte de voksne, både i studiepopulasjonen og blant de lungesyke, tidsskjemaet godt. Barna har også grovt sett fulgt skjemaet, men det er større variasjon i oppfølgingen for deres del. For øvrig var det størst spredning om dagens siste måling.

10.6.2 Variasjon i PEF over døgnet

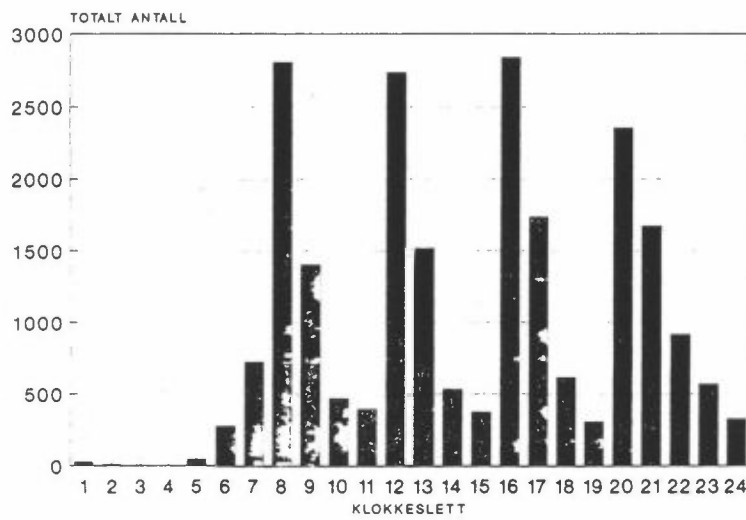
Det er kjent at det er døgnvariasjon i lungefunksjon (Clark & Hetzel, 1977), den er lav om morgenen, spesielt rett etter at man har våknet, og om kvelden. Det er altså et krav til konsistensen i dataene at man finner en slik sammenheng. I figur 10.7.1 er det gjort et første enkelt forsøk på å påvise en slik sammenheng. Figuren viser rett og slett avvik fra middel av alle målinger gjort på ulike klokkeslett innen de 3 gruppene. Man finner ingen døgnvariasjon som skissert ovenfor.

Resultatene fra en neste sammenstilling er vist i figur 10.7.2. Disse resultatene kommer fra to-veis variansanalyser (uten samspill) der faktorene er individ og klokkeslett. Figuren viser nivået for hvert klokkeslett i forhold til middel samtidig som man korrigerer for forskjeller mellom individer. Det framkommer i denne figuren en klar døgnvariasjon for alle tre gruppene av deltakere.

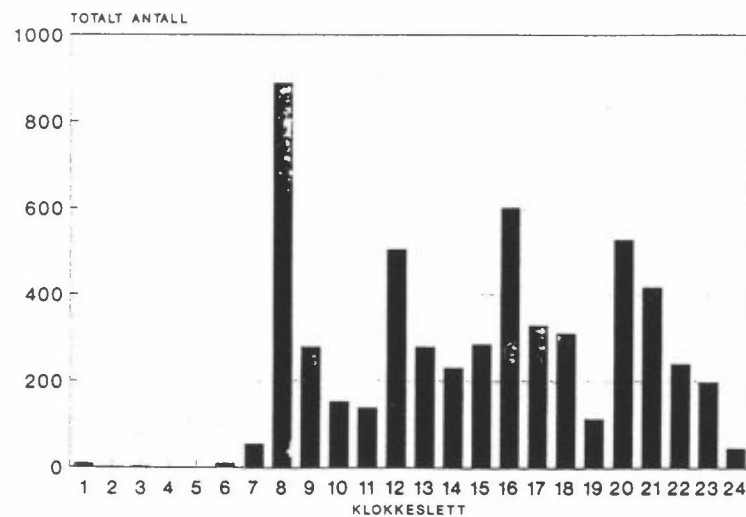
STUDIEPOPULASJONEN



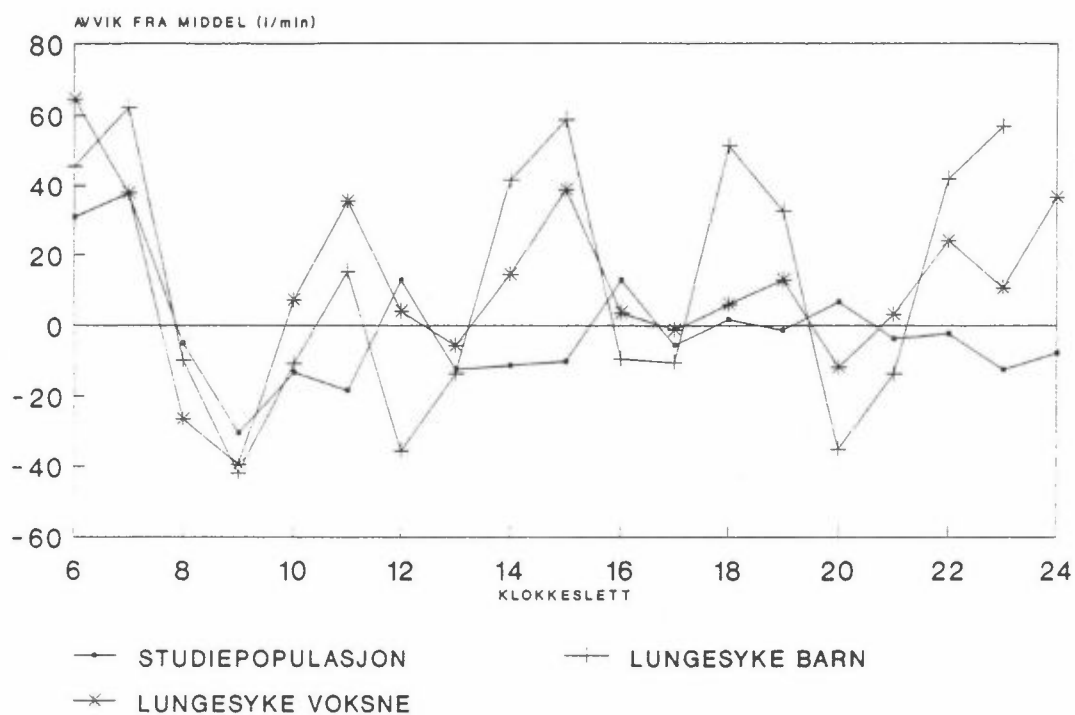
VOKSNE MED KJENT LUNGESYKDOM



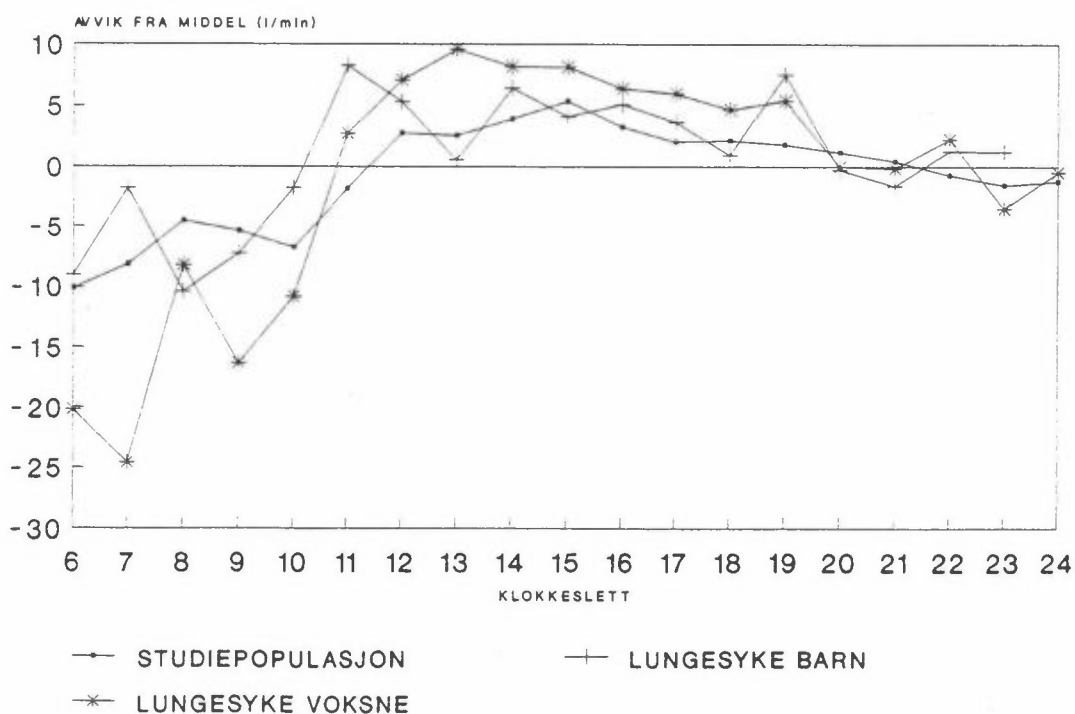
BARN MED KJENT LUNGESYKDOM



Figur 10.6: Antall PEF-målinger pr. time i studiepopulasjonen, for voksne med kjent lungesykdom og for barn med kjent lungesykdom.



Figur 10.7.1: Avvik fra gjennomsnittlig PEF over døgnet når det ikke korrigeres for individforskjeller.



Figur 10.7.2: Avvik fra gjennomsnittlig PEF over døgnet når det korrigeres for individforskjeller.

Forklaringen på at det er nødvendig å korrigere for individ i denne analysen hviler på minst to forhold. En årsak er at variasjonen mellom individer er stor i forhold til variasjonen over døgnet. Dermed kan døgnvariasjonen drukne i individvariasjonen. Legg i denne forbindelse merke til at skalaen for avviket i figur 10.7.1 har et mye større spenn enn den i 10.7.2. En annen årsak til at en korreksjon for individ er nødvendig er at individer med høy PEF systematisk kan foreta målingene til andre tidspunkter, bl.a. tidligere om morgenen, enn individer med lav PEF.

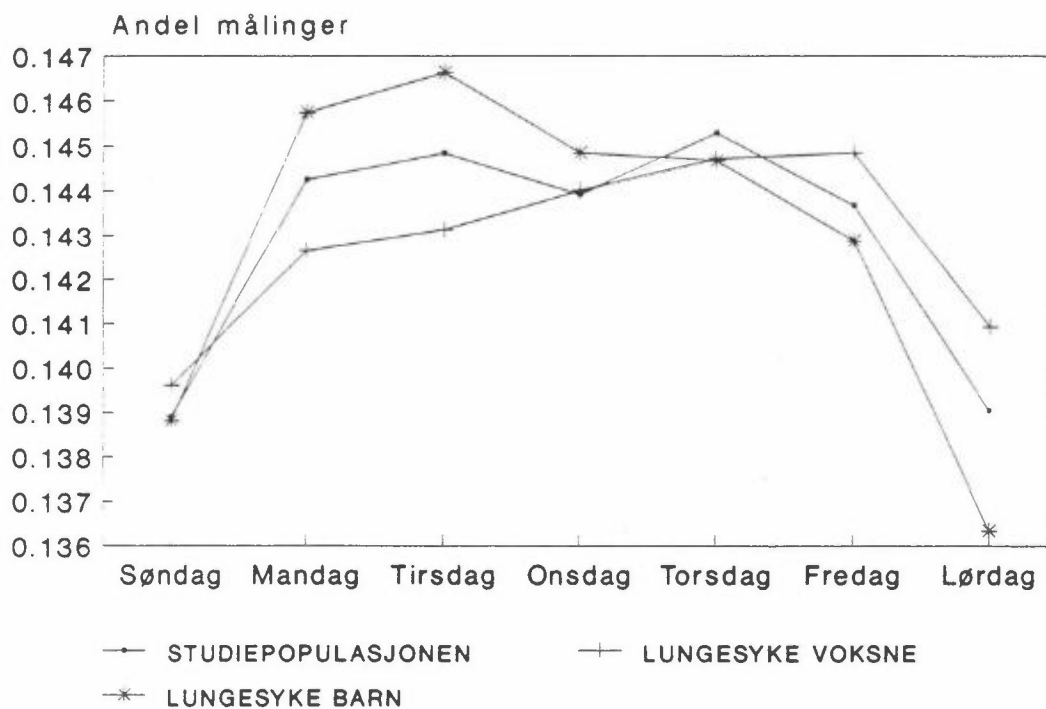
Merk at vi bare har korrigert for klokkeslett og ikke for tid siden oppvåkning. I kapittel 16 vil det bli gitt resultater som indikerer at begge disse faktorene spiller inn.

10.6.3 Oppfølging over uken

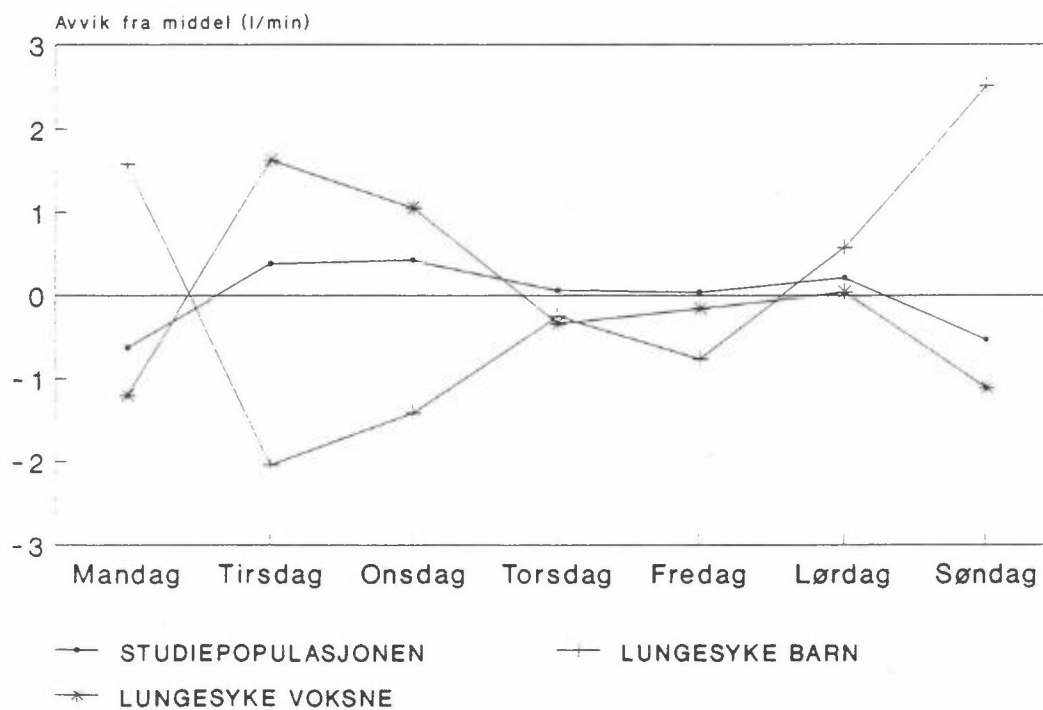
Folks gjøremål varierer over uken og det synes derfor mulig at oppfølging også kan ha variert over uken. I figur 10.8 vises andelen av PEF-målinger foretatt på ulike ukedager. Gjennomsnittlig vil jo $1/7 \approx 0.14$) av målingene foretas pr. dag. Man ser av figuren at oppfølgingen er litt dårligere i helgene, men at det ikke er ekstreme variasjoner.

10.6.4 Variasjon i PEF over uken

I figur 10.9 vises resultatene fra to-veis variansanalyser (uten samspill) med individ og ukedag som faktorer. Figuren tolkes tilsvarende som figur 10.7.2. Det er en svak indikasjon på at de voksne, både i studiepopulasjonen og blant de lunge-syke, har noe redusert PEF i helgene, mens barna muligens fremviser den motsatte trenden. Effektene ser imidlertid ut til å være små. Legg i denne forbindelse merke til at skalaen for avviket i PEF i figur 10.9 er bare ca. $1/10$ av den tilsvarende skalaen i figur 10.7.2.



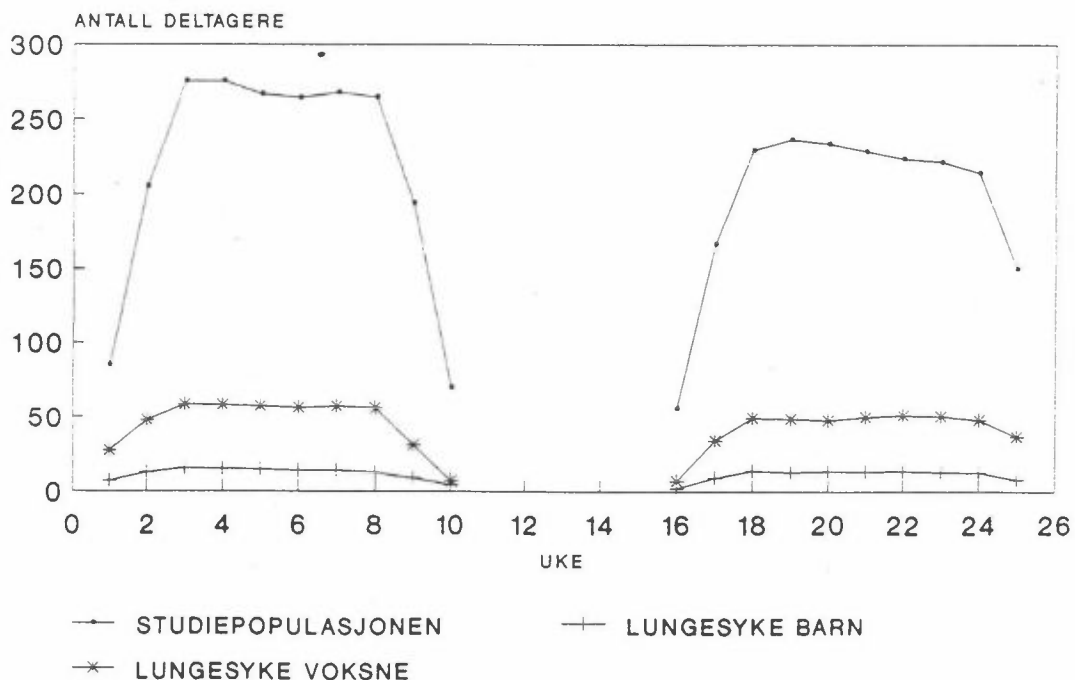
Figur 10.8: Fordeling av PEF-målinger over uken.



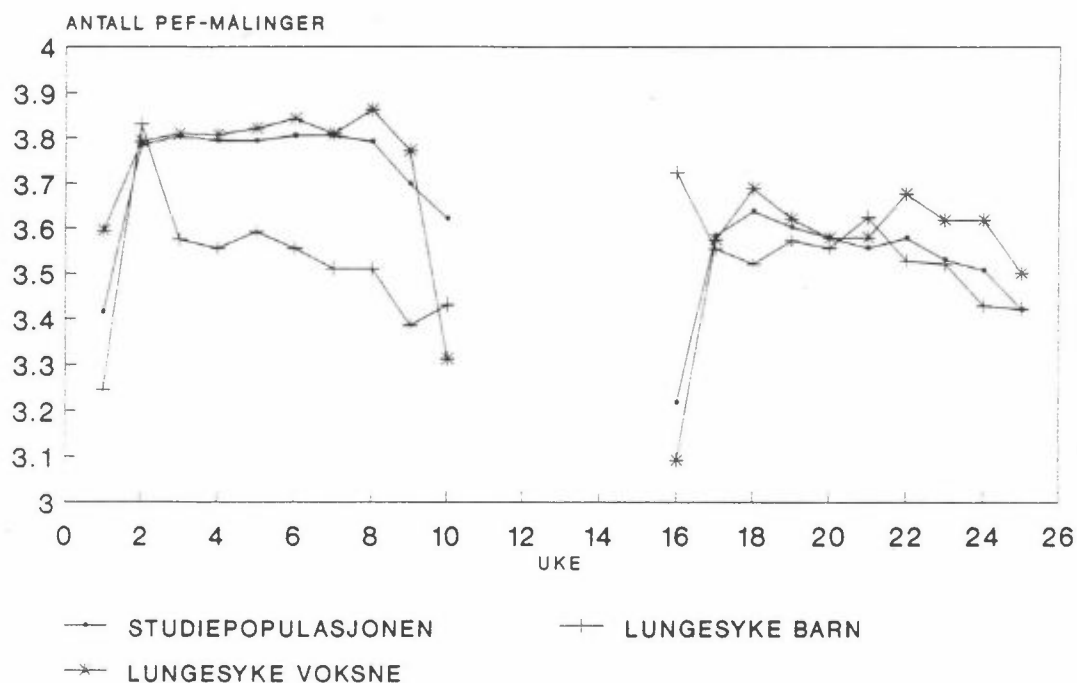
Figur 10.9: Avvik fra gjennomsnittlig PEF over uken når det korrigeres for individforskjeller.

10.6.5 Oppfølging over sommer- og vinterperiodene

I figur 10.10.1 vises gjennomsnittlig antall deltakere over uken som har blåst PEF en eller flere ganger pr. dag. Figur 10.10.2 gir gjennomsnittlig antall ganger deltakerne har blåst pr. dag. Tiden er her regnet fra studiens første dag, dvs 4. januar 1988. Man ser at det er noen færre deltakere som blåser PEF i annen periode og i hver fall i studiepopulasjonen en svakt avtagende tendens i antall deltakere. Man ser videre at i 1. periode vil de voksne, både i studiepopulasjonen og blant de lungesyke, rapportere gjennomsnittlig 3.8 PEF-målinger pr. dag. De lungesyke barna rapporterer i 1. periode et avtagende antall PEF målinger pr. dag ned mot 3.4 - 3.5 ganger. I 2. periode har de lungesyke voksne falt ned mot et nivå på 3.6 - 3.7 målinger pr. dag mens studiepopulasjonen viser en avtagende tendens fra 3.7 ned mot 3.5 ganger pr. dag. De lungesyke barna holder et tilsvarende eller litt høyere nivå enn i 1. periode.



Figur 10.10.1: Antall deltakere siden studiens første dag.

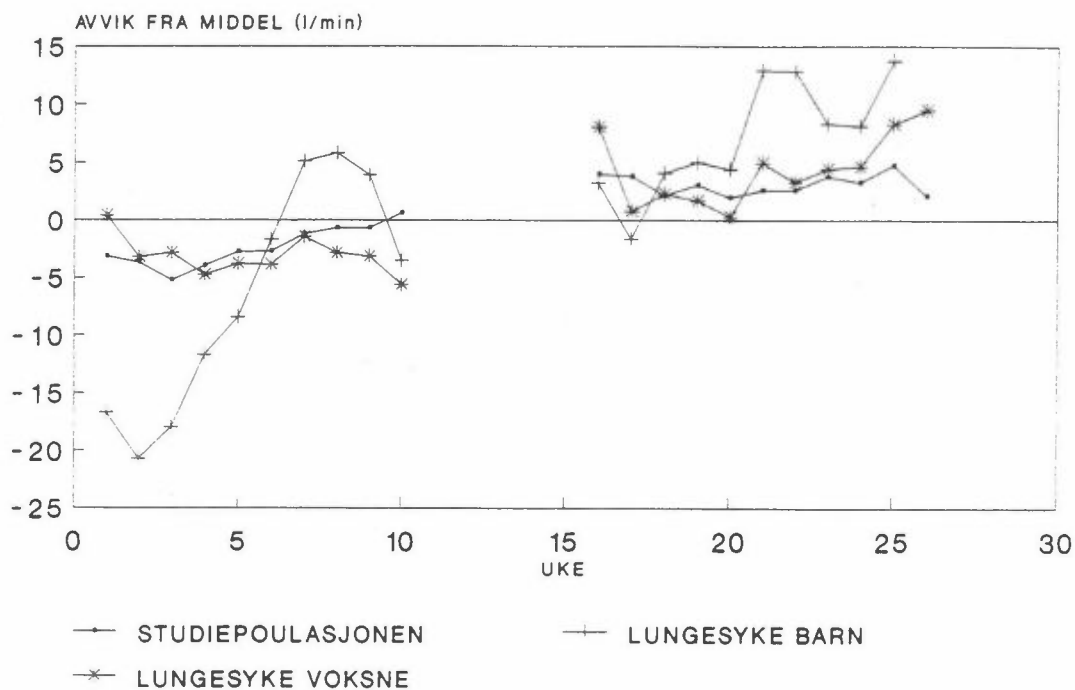


Figur 10.10.2: Gjennomsnittlig antall ganger blåst PEF over uken siden studiens 1. dag gitt en eller fler PEF-målinger.

10.6.6 Variasjon i PEF-nivå over vinter- og sommerperiodene

I figur 10.11 vises det hvordan nivået i PEF varierer over periodene. Figuren er, på samme måte som figur 10.7.2 og figur 10.9, framkommet fra en to-veis variansanalyse der faktorene var individ og uke fra studiens begynnelse. Man ser for alle tre grupper at nivået ligger høyere i sommerperioden enn i vinterperioden. Det synes også å være en økning i nivået innen periodene. Det totale spenn i variasjonen er av tilsvarende størrelse som variasjonen over døgnet (jfr. figur 10.7.2).

Økningen i PEF over tid kan ha sammenheng med meteorologiske forhold, spesielt temperatur. En annen faktor som kan ha gitt et bidrag til økningen er at fjæra i PEF-måleren kan ha blitt slakkere etter bruk. PEF-målerne ble samlet inn etter hver periode for kalibrering. Noen målere syntes å ha blitt dårligere, dvs å gi for høye verdier. Det viste seg komplisert å benytte kalibreringsresultatene til korreksjon. Imidlertid antas det at det bidrag som delvis defekte PEF-målere gir er såpass lite at det blir spist opp av andre temporære faktorer



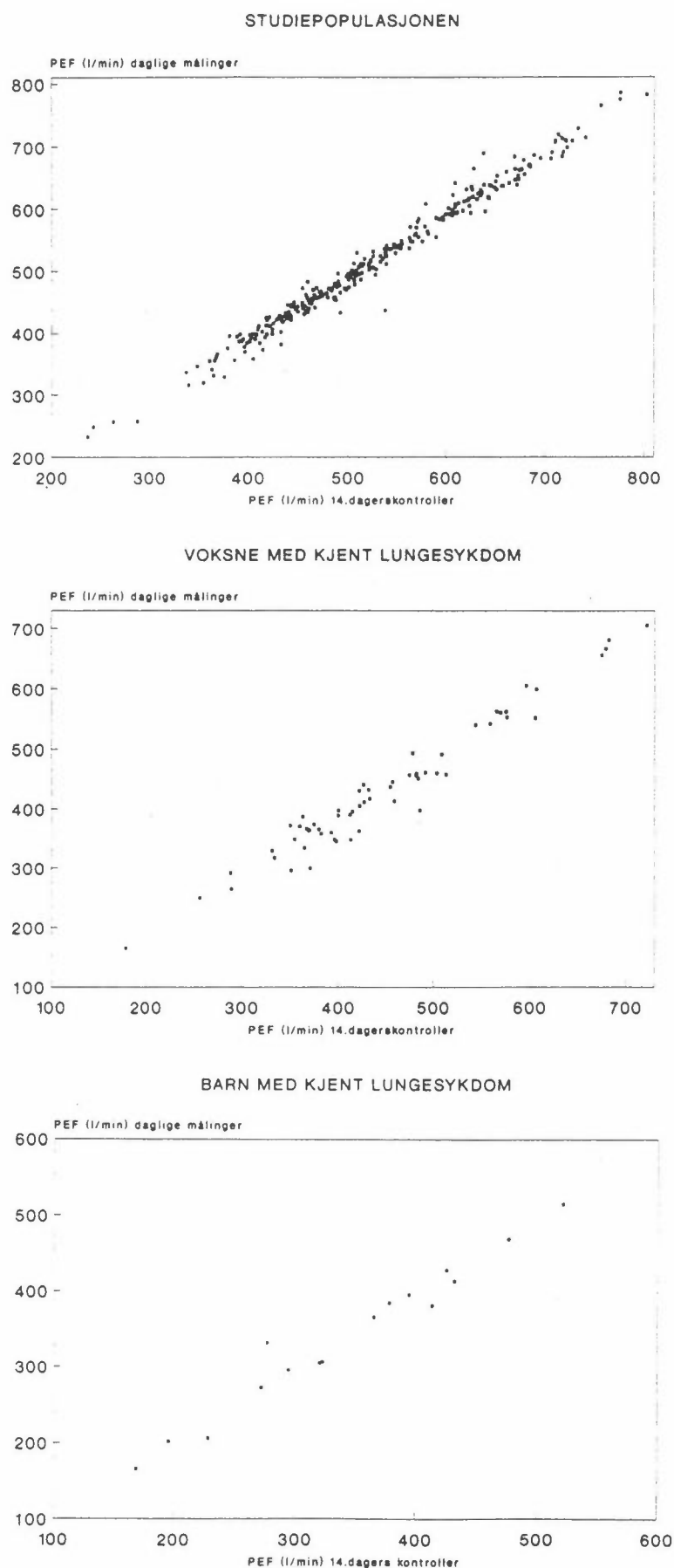
Figur 10.11: Avvik fra gjennomsnittlig PEF pr. uke siden studiens 1. dag når det korrigeres for individforskjeller.

som temperatur. Noen sterk samvariasjon med forurensningskomponenter er rimeligvis ikke tilstede.

Det har vært foreslått at man trenger noen tid før man lærer å blåse PEF riktig. En alternativ analyse der faktorene var individ og individuell tid på studien ble utført uten at man fant noen større grad sammenheng. En slik faktor synes derfor ikke å være av stor betydning for analyse av daglige PEF-målinger.

10.6.7 sammenlikning mellom daglige PEF-målinger og PEF-målinger fra 14-dagers kontrollene

For å akseptere bruk av daglige PEF-målinger til estimering av effekt av forurensning bør de samsvare godt med PEF-målingene fra 14. dagers kontrollene. I figur 10.12 vises spredningsdiagram av hvordan gjennomsnittene av de daglige målingene og målingene ved 14. dagers kontrollene. For alle grupper framtrer en klart lineær sammenheng.



Figur 10.12: Spredningsdiagrammer for sammenheng mellom gjennomsnitt av daglige PEF-målinger og PEF-målinger på 14. dagers kontrollene.

La

PD = Gjennomsnitt av daglige PEF-målinger

og

P14 = Gjennomsnitt av PEF-målinger på 14. dagers kontrollene.

Da finner man en korrelasjon mellom PD og P14 på 0,991 for studiepopulasjonen, på 0,982 for de lungesyke barna og på 0,978 for de lungesyke voksne. Videre får man estimert følgende regresjonsligninger for hvordan PD avhenger av P14 (standardfeil for parameterestimaterne i parentes).

For studiepopulasjonen:

$$PD = 1,002 P14 - 12,7$$

$$(0,008) \quad (4,3)$$

For de voksne med kjent lungesykdom:

$$PD = 0,990 P14 - 14,5$$

$$(0,028) \quad (12,8)$$

For barna med kjent lungesykdom:

$$PD = 0,961 P14 + 10,4$$

$$(0,050) \quad (17,6)$$

Ingen av de estimerte stigningskoeffisientene er signifikant forskjellig fra 1, men konstantleddet i ligningen for studiepopulasjonen er signifikant ulikt 0. Dette antyder at de daglige målingene ligger litt under 14. dagers kontrollene. Dette kan i noen grad ha sammenheng med at 14. dagers kontrollene ikke er utført tidlig på morgenen eller sent på kvelden.

10.6.8 Konklusjon og sammendrag

De daglige PEF-målingene svarer godt til de kontrollerte PEF-målingene foretatt hver 14. dag. Videre viser analysene i avsnitt 10.6 at variasjoner over døgn og over periodene lar seg påvise. Det er derfor grunn til å tro at effekter som endrer PEF-verdiene i en størrelsesorden på ca. 10 (l/min) skal kunne la seg påvise forutsatt at disse effektene selv er målt uten altfor mye støy.

11 VIRKNINGER AV LUFTFORURENSNINGER PÅ MENNESKERS OPPFATNING AV EGEN HELSE

J. Clench-Aas, A. Bartonova, G. Bjercknes-Haugen, N.L. Hjort, K. Halvorsen, S.O. Samuelsen, L.S. Bakketeig

11.1 INNLEDNING

Denne undersøkelsen prøver å beskrive korttidseffekter av luftforurensning på menneskers helse. Erkjennelse av at både subjektive og objektive korttidseffekter kan gjenspeile utvikling av kroniske effekter har vokst i de siste år. Det kan tenkes at subjektive korttidseffekter gir uttrykk for langvarig påvirkning. Praktisk sett er korttidseffekter enklere både å måle og fortolke enn kroniske effekter (Brunekreef et al., 1991).

Virksomheter på helsen er inndelt i to grupper i denne studien; de objektive (målbare) og de subjektive (selvrapporterte) virkningene. Ved hjelp av en dagbok ble de subjektive parametere rapportert time for time. De 17 valgte symptomene var: sjenerende støy, sjenerende lukt, sjenerende industrirøyk, hodepine, svimmelhet, kvalme/uvel, feberfølelse, irriterte øyne, nysing, irritert hals, hoste, piping eller tett i brystet, pustevansker, muskelsmerter, magesmerter, nervøsitet/uro og følelse av å være sliten eller slapp (figur 2.1).

Dagbokmetoden i kohort- (eller panel-) undersøkelsen har vært brukt i andre internasjonale undersøkelser (Holguin et al., 1985; Silverman et al., 1982). De fleste av disse undersøkelsene er gjort i områder med én dominerende luftforurensningskomponent. Få har studert et sett av flere luftforurensningskomponenter. De fleste undersøkelser gjort hittil har konsentrert seg om individer med astma. Dette er ikke tilfellet i Grenlandsundersøkelsen, hvor man i tillegg inkluderte et tilfeldig utvalg av befolkningen.

Korttidseffekter av luftforurensning kan settes i forbindelse med enkelte luftforurensningskomponenter. De fleste hovedkilder i Grenlandsområdet slipper ut til dels forskjellige komponenter i forskjellige steder, slik at mange av komponentene kan variere uavhengig av hverandre. Det burde derfor være mulig å skille ut virkninger av de enkelte komponenter.

I denne undersøkelsen ble to befolkningsgrupper undersøkt. Den ene var rekruttert fra en tilfeldig valgt gruppe, og er heretter kalt studiepopulasjonen. Den andre var en gruppe med kjent lungesykdom (se kapittel 3, under utvelgelse av deltakerne). I denne type undersøkelse blir hvert individ undersøkt for seg. Dette reduserer en rekke problemer som er forbundet med kompliserende faktorer. Data for hvert individ ble analysert ved å bruke logistisk regresjon (en teknikk som særlig er egnet for dikotome (ja eller nei) data). Resultater av de individuelle regresjoner ble kombinert for å presentere sluttstatistikken. Resultater av individuelle regresjoner kan grupperes i forskjellige underpopulasjoner, bl.a. ved å bruke parametere som kjønn eller røykevaner. Resultater er presentert for alle symptomene kombinert (d.v.s. et individ for én bestemt time har vært plaget av minst én av de 17 helseparameterene) og for hvert enkelt symptom.

Et viktig punkt i undersøkelsen var å klarlegge om og i hvilken grad individuelle luftforurensningskomponenter fører til redusert helse som er reflektert ved selvrapporterte symptomer. Det var også ønskelig å se om forskjellige befolkningsgrupper oppførte seg forskjellig med hensyn til mulig innflytelse av luftforurensninger på rapportering av helsesyntomene.

Dette kan formuleres slik:

- Har luftforurensningen en negativ effekt på selvrapporterte helsesyntomer i Grenlandsområdet?

- Beskytter de nåværende retningslinjer for uteluftkvalitet befolkningen mot negative effekter av luftforurensninger?
- Finnes det befolkningsgrupper som er mer ømfintlig enn andre overfor negative effekter av luftforurensninger?

11.2 OVERSIKT OVER TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Undersøkelser av luftforurensningers helseeffekt på mennesker kan deles i fire typer:

- 1) Dyreforsøk som beskriver symptomer, tegn og funn av skadelige effekter hos dyr. I slike studier er dyr eksponert for et sett doser (eller konsentrasjoner) av enkelte luftforurensningskomponenter for å beskrive dose-effekt/dose-responsforhold.
- 2) Eksperimentelle kammerforsøk, som beskriver tegn og funn av fysiologiske endringer og symptomer hos frivillige deltakere utsatt for bestemte konsentrasjoner av enkelte komponenter. I disse studier bruker man, av etiske hensyn, vanligvis konsentrasjoner nær omgivelseskonsentrasjoner.
- 3) Epidemiologiske tverrsnittsundersøkelser som beskriver helsetilstanden i en gruppe mennesker på et bestemt tidspunkt.
- 4) Epidemiologiske kohortstudier som beskriver forandring i helsetilstanden i en gruppe mennesker som i et gitt tidsrom blir eksponert for ulike forurensninger.

Dyreforsøk er nyttig når en skal undersøke effekten av gitte konsentrasjoner av enkelte komponenter på helt bestemte helseparametere, som morfologiske endringer i organer, strukturer eller funksjoner forårsaket av eksponering til luftforurensning. Hovedproblemet i tolkningen av resultater av dyreforsøk er at forskjellige arter kan reagere svært forskjellig på samme komponent og at stoffenes skjebne i organismen kan være for-

skjellig mellom dyr og mennesker. Dette gjør det vanskelig å overføre disse konklusjonene til mennesker.

Epidemiologiske tverrsnittundersøkelser kan vise en mulig sammenheng mellom økt sykelighet, særlig i luftveissykdommer, og økte luftkonsentrasjoner av SO_2 , partikler eller andre komponenter. Resultatene er langt fra entydige, og kan ikke vise en sikker årsakssammenheng mellom nivået av luftforurensning og helsevirkninger. Kammerforsøk øker muligheten for å etablere en årsakssammenheng mellom luftforurensning og bestemte korttids-helseeffekter. Et kammerforsøk reflekterer imidlertid sjelden det virkelige liv. Mennesker er ikke aktive som i sin vanlige atferd. Befolkningen er også vanligvis eksponert for flere enn en eller to komponenter om gangen, og denne situasjonen er det vanskelig å simulere i et kammerforsøk.

Kohortundersøkelser har en fordel sammenliknet med tverrsnitt- og kammerundersøkelser ved at individene følges over tid, slik at hver person er sin egen kontroll. Kohortundersøkelsen krever et estimat for eksponering til luftforurensning for hvert individ. Det er forskjeller i hvor de enkelte individer befinner seg til enhver tid og hvor mye tid de bruker i forskjellige mikromiljøer. Av og til fører dette til svært forskjellige eksponeringer til luftforurensning, både med hensyn til konsentrasjoner og tidsmønstre.

En tverrsnittundersøkelse gjør det mulig å vise om en komponent eller en gitt kombinasjon av komponenter er assosiert med helseeffekter. Kammerforsøk er mest nyttig for å vise i hvilken konsentrasjon en komponent kan føre til helsevirkninger. Disse to typer undersøkelser er blitt brukt til å etablere de nåværende retningslinjene for luftkvalitet.

Det finnes mange litteraturoversikter over effekter av luftforurensninger på helse. Noen av hovedfunnene fra de forskjellige undersøkelsene er oppsummert i det følgende.

11.2.1 Dyreforsøk

Ozon (O₃)

Hovedeffekten av ozon vises som endringer i lungefunksjonen. Ozon er en sterk oksidant og denne egenskapen er årsaken til de fleste av de negative virkningene. Dyreforsøk har avdekket strukturelle endringer i luftveiene ved konsentrasjoner over 200 µg/m³, som skader på flimmerhårene, hyperplasi av ikke-cilierte celler og betennelsesreaksjoner og økning i kollagen (Wright et al., 1990). Etter 2 til 5 dagers eksponering til høye konsentrasjoner av ozon, ser det ut til at det skjer en tilpasning som kan vare opp til 14 dager (WHO, 1987; Wright et al., 1990). Andre fysiologiske endringer påvist i dyreforsøk er økt overfladisk pusting og økt luftveismotstand, etter provokasjon ved bronkokonstringerende substanser, og redusert respirasjonsfrekvens. Endringer i det immunologiske forsvarssystemet som resulterer i økt ømfintlighet overfor luftveisinfeksjoner har også vært rapportert. På nivåer over 500 µg/m³ (i en uke) var immunsystemets funksjon nedsatt slik at ozon forsterket virkningen av bakteriene (Van Loveren et al., 1988).

Nitrogendioksid (NO₂)

Kortvarig, høy eksponering for NO₂ kan føre til celleskader, særlig i flimmerhårene. Kortvarig NO₂-eksponering øker mottakelighet for infeksjoner. Langvarig eksponering kan føre til morfologiske endringer som ligner emfysem i lungene og økt mottakelighet for infeksjon (WHO, 1987).

Svoveldioksid (SO₂)

Svoveldioksid er en vannløselig, irriterende gass, hvor 99% ved vanlig pusting blir absorbert i de øvre luftveier. I dyreforsøk har kortvarig eksponering til høye konsentrasjoner ført til funksjonelle endringer i åndedrettsorganene, økt pulmonal

fløde og compliance og nedsatt pustefrekvens. Endringer i lungestrukturen er også observert, likeledes økt tykkelse av slimhinnene i nesen, tap av flimmerhårene, ødem og skade på slimhinnene i nesen (nekrose). Effektene var mer alvorlige i nesen enn i lungene.

Langvarig eksponering til høye konsentrasjoner av svoveldioksid i dyreforsøk har ikke ført til entydige resultater. Resultatene varierer fra art til art, og hvis det finnes reduksjoner i pulmonal clearance, viser de fleste undersøkelser svært små effekter. Langvarig eksponering av mus, førte ikke til økt ømfintlighet overfor bakterieinfeksjoner, men til økt mottakelighet for lungebetennelse etter eksponering av influensaviruset. Hovedeffekten av eksponering av SO_2 er nedsatt lungecompliance. Hovedantydninger fra dyreforsøk er at virkningene er svake men at ca 10% av populasjonen kan være ømfintlig overfor SO_2 .

Svevestøv

For partikler større enn $0,5 \mu\text{m}$ er det størrelsen, formen og egenvekten som bestemmer hvor i lungene partiklene deponeres. Hygroskopiske partikler blir større i luftveiene enn de er i uteluft. Ved pusting gjennom nese er det bare de partikler som er mindre enn $10 \mu\text{m}$ som når ned i lungene, men ved pusting gjennom munnen kan større partikler også nå nedre luftveier.

De fleste dyreforsøk angående eksponering til svevestøv konsentrerte seg om eksponering til svovelsyreholdige partikler og sulfataerosoler. Disse undersøkelsene er beskrevet i et senere avsnitt om sulfater. Det har i tillegg vært gjort en del undersøkelser av virkningen av kombinasjonen av svoveldioksid og svevestøv. Disse beskrives også senere.

11.2.2 Tverrsnitts- og kammerforsøk

Ozon (O₃)

Kammerforsøk med ozon har ikke gitt entydige resultater. Det ser ut til at om en kombinerer ozon med fysisk aktivitet, så finner en effekter både hos astmatikere og friske mennesker fra 200-740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,11 til 0,37 ppm) og oppover, dessuten en tilpasningseffekt som begynner etter 2 til 5 dagers eksponering og som varer i 14 dager er observert. Øyeirritasjoner begynner allerede ved 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ozon (EPA, 1986; Linn et al., 1982). Øye-, nese- og halsirritasjoner, hosting, hodepine, betennelsesreaksjoner og nedsatt lungefunksjon er observert så lavt som ved 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pr døgn.

Siden ozon vanligvis opptrer sammen med andre fotokjemiske oksidanter har resultatene fra tverrsnittsundersøkelser ikke vært entydige. Et større litteraturoversikt finnes hos Sloof et al. (1989).

Nitrogendioksid (NO₂)

Det råder stor usikkerhet om hvor høye nivåer av NO₂ som er nødvendig for å fremkalle reaksjoner hos ømfintlige befolkningsgrupper. Det er nødvendig å skille mellom to forskjellige biologiske mål som er brukt til å vurdere helsevirkningene. Den ene er bronkial reaktivitet som er vurdert ved hjelp av medikamenter som fører til sammentrekning av bronkialmuskulaturen, som f.eks. karbakol eller metakolin, og den andre er en mulig reduksjon i lungefunksjonen. Et kammerforsøk (Orehek et al., 1976), avdekket at 0,1 ppm (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) NO₂ kunne fremkalle økt bronkial reaktivitet hos lungesyke. I andre undersøkelser fant en imidlertid ingen effekt på lungefunksjonen ved et NO₂-nivå fra 0,1 til 1 ppm (2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) verken hos lungesyke eller lungefriske (Hackney et al., 1978; Morrow, 1984). Ahmed et al., (1982, 1983) fant at også 0,1 og 0,2 ppm NO₂ førte til økt ømfintlighet overfor karbakol, men ikke overfor metakolin.

Hazucha et al. (1983) fant ingen effekt av 0,05 ppm NO₂ på pulmonal responsivitet målt ved metakolinprovokasjonstest hos astmatikere.

På bakgrunn av disse motstridende undersøkelsene er det derfor vanskelig å vurdere ved hvilken konsentrasjon NO₂ kan påvirke helse hos mennesker med kjent lungesykdom. Muligheten for en effekt er til stede ved kronisk eksponering på et nivå på 0,1 ppm eller 200 µg/m³ NO₂ hos voksne og barn. Det har vært antydnet effekter hos lungefriske ved 500 µg/m³ NO₂.

Det savnes undersøkelser hvor NO₂ kombineres med fysisk aktivitet, eller meteorologiske parametere, som fuktighet og temperatur. Ytterligere informasjon finnes hos Lindvall (1985 a,b) og WHO (1987).

Svoveldioksid (SO₂) og svevestøv

SO₂ fører til en sammentrekning av luftrørene som muligens blir formidlet via det parasympatiske nervesystemet som regulerer graden av muskulær spenning. Effekten kan fremkalles av SO₂ som virker på reseptorene i de øvre og nedre luftveier. Ved kammerforsøk er det blitt antydnet at individer med astma hadde økt spesifikk luftveismotstand på nivåer på 700 til 1400 µg/m³ SO₂ når individene samtidig hadde fysisk trening.

Økt luftveismotstand og forandring i mukociliær transport-hastighet ble observert ved konsentrasjoner av eller over 3000 µg/m³.

I kammerforsøk har det vært vanskelig å bekrefte effekter av SO₂ ved de samme nivåene som har ført til påvirkninger observert i epidemiologiske undersøkelser. Imidlertid avdekket Boushey (1984) at fysisk aktivitet og kald, tørr luft forsterket effekten av eksponering for SO₂ hos astmatikere.

Det er vanskelig å skille effektene av SO₂ fra effektene av svevestøv og svært ofte sulfat i en tverrsnittsundersøkelse, siden disse tre komponenter ofte finnes i svært høye konsentrasjoner samtidig. Allikevel ser det ut til at eksponering for nivåer over 500 µg/m³ SO₂ og 150-240 µg/m³ svevestøv (døgnmiddel) fører til økt sannsynlighet for dødsfall og forverring av helsetilstanden hos individer med kronisk lungesykdom. Eksponering for SO₂ og svevestøv på nivåer over 100 µg/m³ (årlig gjennomsnitt) førte til økte symptomer i luftveiene. I den samme undersøkelsen var også sulfatnivåer på 13 µg/m³ (årlig gjennomsnitt). Nedsatt lungefunksjon har vært observert hos mennesker med astma ved timesmiddelverdi på 700 µg/m³ SO₂ og hos friske mennesker ved nivåer fra 1100 til 1400 µg/m³ SO₂ (timesmiddel). Økning i slimproduksjon og hosting hos ikke-røykere har vært rapportert på nivåer over 115 µg/m³. Ytterligere informasjon finnes i litteraturoversikten av Ericsson og Camner (1983).

Nitrat og sulfat

I en grundig litteraturoversikt om helseeffekter av sure aerosoler og gasser (Spengler et al., 1990) vises det at sure partikler er forbundet med forhøyet sykkelighet, dødelighet og med morfologiske forandringer i lungene. Selv om effekten av sure partikler ble oppdaget nokså nylig, kunne forfatterne ved kritisk gjennomgåelse av publisert litteratur påpeke sannsynlige virkninger av de sure komponentene i luft. Det antas at virkningene omfatter økt slimviskositet, nedsatt funksjon av mukociliær transport, irritasjon av ciliært epitel og økt cellefrisetting av histamin, som fører til luftveissammentrekning. Verdier av svovelsyreaerosoler over 10 µg/m³ øker frekvenser av luftveissykdommer i befolkningen.

11.2.3 Kohortundersøkelser

Med økt behov for undersøkelse av helsevirkninger av luftforurensning hos mennesker ble kohortundersøkelser tatt i bruk oftere enn før. Disse undersøkelsene har økt kravet om bedre karakterisering av eksponering til luftforurensning. I de fleste epidemiologiske undersøkelser har luftforurensningsnivået vært karakterisert ved målingene fra én eller noen få faste utendørs stasjoner i nærheten. Det er sjelden at bærbare instrumenter eller eksponeringsmodeller har vært brukt. Det er nå akseptert at undersøkelser som omhandler helsevirkninger og luftkvalitet må benytte seg av et godt estimat for hva det enkelte mennesket blir eksponert for av forskjellige forurensninger (Ott, 1985). Eksponering i denne forstand innebærer de faktiske konsentrasjoner, hyppighet og varighet av luftforurensninger som personen er utsatt for, avhengig av hvor vedkommende befinner seg på de forskjellige tider på døgnet. Eksponering kan måles på forskjellige måter, f.eks. med bærbart måleutstyr, eller ved sammenslåing av informasjon innhentet fra en dagbok med konsentrasjoner målt i forskjellige mikromiljøer. Dagbokmetoden ble først beskrevet av Fugas (1975) og senere utviklet av Duan (1983). Hver person beskriver kronologisk når vedkommende flytter fra et mikromiljø til et annet. Dagbokinformasjon blir deretter koblet med målte eller modellerte konsentrasjoner av forurensninger. Denne metoden har vært en viktig del av kohortundersøkelsene i de senere år.

Freziéres et al. (1982) kartla forskjellige virkningsvariabler i 8 måneder hos 34 astmatikere i Los Angeles, California. Samtidig målte de NO_2 , SO_2 , O_3 , CO og totalt partikkelinnhold, pollen og meteorologiske variabler på en stasjon som lå innen 1,9 km fra hver enkelt deltakers hjem. Forurensningsnivået innendørs ble ikke registrert. Hver deltaker fylte ut en dagbok om symptomer fra luftveissykdommer og bruk av medikamenter. To ganger daglig målte de toppstrøms hastighet (PEF - et mål for lungefunksjon) med en "Mini-Wright peak flow meter". Alle deltakerne gjennomgikk en grundig helseundersøkelse før de begynte, og alle 34 fullførte undersøkelsen. Den eneste kompo-

ningen som varierte noe i undersøkelsesperioden var sulfat. Tre deltakere fikk sterkt redusert helsetilstand med økt sulfatkonsentrasjon. Fire så ut til å få bedre helsetilstand med økt sulfat, og de øvrige deltakere hadde blandede resultater. Forfatternes konklusjoner var at ca 9% av astmatikere var svært ømfintlige for sulfat i luft og ville få en bedret helsetilstand hvis sulfatkonsentrasjonen ikke overskred $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på døgnbasis. Månedsmiddelverdier for sulfat i denne undersøkelsen var mellom 4 og $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Perry et al. (1982) fullførte en lignende undersøkelse med 41 astmatikere over 3 måneder i Denver, Colorado. De brukte dagbok for symptomer, "Mini-Wright peak flow meter" for toppstrøms hastighet og registrerte bruk av astmaspray. Deltakerne bodde ikke lenger enn 1,5 km fra en av de to målestedene for luftkvalitet. Innendørs luftforurensninger ble ikke målt. På grunn av på forhånd fastlagte eksklusjonskriterier og mangel på sterkt forurensede dager, ga studien uklare resultater. Maksimale månedsmidler for SO_2 , O_3 , sulfat og nitrat var henholdsvis 36, 60, 4 og $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Undersøkelsen påviste korrelasjon mellom høyt nitratnivå og henholdsvis økte symptomer og økt medikamentforbruk. Forfatterne mener at svakheten med undersøkelsen var 1) for lavt forurensningsnivå og 2) at eksklusjonskriteriene var for strenge (data ble forkastet i tilfelle luftveisinfeksjoner, og hvis deltakerne befant seg utenfor området mer enn 3 timer).

I en undersøkelse i Canada (Silverman et al., 1982 a og b), ble luftforurensningsmålinger utvidet til også å omfatte innendørs målinger og målinger med bærbare prøvetakere. For at luftforurensningseksposeringen kunne beregnes, fylte hver deltaker ut en dagbok om sine aktiviteter. Undersøkelsen avdekket sammenheng mellom høye NO_2 -verdier og redusert lungefunksjon både hos friske og astmatikere, men resultatene var statistisk signifikante kun for astmatikere. Middelkonsentrasjonen for NO_2 i perioden (3 måneder) lå mellom 10 og $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for målestedene utendørs.

Undersøkelsen i Houston, Texas, USA (Holguin et al., 1985) registrerte aktiviteter, symptomer, toppstrøms hastighet (PEF) og medikamentforbruk hos 52 astmatikere i seks måneder. Luftforurensninger ble i likhet med de kanadiske undersøkelsene målt med faste utendørs stasjoner, innendørs/utendørs og bærbare prøvetakere. Utendørsmålingene ble utført ikke mer enn 1,5 km fra hver deltakers hjem. O_3 , SO_2 , NO_2 , CO og totalt partikkelinnhold fordelt på fin- og grovfraksjon, pollen og meteorologiske variabler ble registrert. Alle 52 fullførte undersøkelsen, men noen ble eliminert på grunn av mangel på astma-anfall. Undersøkelsen viste signifikant økning i astma-anfall med økt ozon, særlig når temperaturen samtidig var lav. Ozon var den eneste av komponentene som viste tilstrekkelig variabilitet, mens SO_2 - og til dels NO_2 -nivået var lavt i måleperioden. Typiske halvårsverdier i denne undersøkelsen for SO_2 , NO_2 og O_3 var henholdsvis 10, 50 og $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I Danmark undersøkte man helseeffekter av luftforurensning og klima på astmatikere og mennesker med kronisk bronkitt i fire forskjellige danske byer (Moseholm og Taudorf, 1990). Undersøkelsen strakte seg over 8 måneder, hvor hver av de 143 deltakerne (73 med astma, 70 med kronisk bronkitt) fylte ut et dagbokskjema hver dag. Luftforurensning ble målt på tre stasjoner i København og på en i hver av de to øvrige byene. Komponentene målt var NO_2 og SO_2 . Forfatterne konkluderte med at omtrent halvparten av deltakerne viste en signifikant respons på klima og luftforurensning. Omtrent 5% av responsen hos astmatikere kunne være assosiert med endringer i konsentrasjonen av luftforurensninger, sammenliknet med 10% hos dem med kronisk bronkitt.

I det såkalte "Six Cities" Study (Schwartz et al., 1991) fylte 1800 barn dagbøker i 1 år. Undersøkelsen varte i fire år. Konsentrasjonen av luftforurensningene ble målt daglig i hver av de 6 byene. En rekke symptomer ble registrert. Det var en signifikant sammenheng mellom svoveldioksid og økt forekomst av hosting.

Et panel av 100 sykepleierstudenter (reduisert til 35 mot slutten av undersøkelsen) fylte ut en dagbok daglig gjennom en 3-års periode (Schwartz et al., 1991). Luftforurensninger ble målt på en utendørs stasjon 1 km fra skolen. En rekke symptomer ble registrert. Undersøkelsen avdekket en signifikant sammenheng mellom konsentrasjoner av nitrogendioksid og oppspytt av slim.

I en norsk undersøkelse i et område med moderate nivåer av trafikkrelaterte forurensninger (Clench-Aas et al., 1991) ble 160 personer fulgt på timebasis over en 14-dagers periode. En rekke symptomer ble notert og toppstrøms hastighet (PEF) ble målt på et "Mini-Wright peak flow meter". Luftforurensningskonsentrasjoner ble målt på 3 utendørs stasjoner, og innendørs på flere steder. Konsentrasjoner av CO og NO₂ ble estimert basert på utendørs målinger, informasjon om antall biler pr. time på forskjellige veisegmenter, veiens beskrivelse (bredden, høyden på bygningen langs veien, stigning) og annen informasjon (gjennomsnittshastighet på bilene på forskjellige klokkeslett). Denne informasjonen ble slått sammen med dagbokinformasjon for å estimere eksponering til de to komponentene for hvert individ og hver time. Gjennomsnittskonsentrasjon målt over 3-månedersperioden for to stasjoner var 58 µg/m³ NO₂. Maksimale timesverdier målt var 25-30 mg/m³ CO og 250-300 µg/m³ NO₂. Undersøkelsen viste en signifikant sammenheng mellom eksponering for NO₂ og andre komponenter relatert til trafikkforurensning og tretthet, nysing, øyeirritasjon, sjenerende lukt og støy. De regresjonskoeffisientene som en fant i denne undersøkelsen kan benyttes til å estimere økning av sannsynligheten av å bli plaget av de forskjellige helsesyntomer ved forskjellige luftforurensningskonsentrasjoner (relativ risiko). Den beregnede relative risikoen indikerte økt rapportering av symptomer på konsentrasjoner av NO₂ under de nåværende retningslinjer for luftkvalitet (100 µg/m³).

11.3 METODER

Denne delen av kapitlet beskriver hovedlinjene i metodene brukt i denne Grenlandsundersøkelsen. Dette omfatter valg av metoden brukt for komprimering av data, valg av uavhengige variabler for logistisk regresjon og forskjellige aspekter av statistisk analyse.

Hvert individ fikk utlevert dagbokskjema (fig. 2.1 og 2.2) som besto av to deler, én for å beregne eksponering (se kapittel 8) og én for å rapportere symptomer på nedsatt helse. Symptomene skulle noteres som ja eller nei (1 eller 0).

11.3.1 Statistisk modell

Hver person regnes som "grunnenheten" i undersøkelsen. Derfor blir virkningen av de ulike luftforurensningskomponenter på hvert av de studerte symptomene på nedsatt helse undersøkt på individuell basis. Symptomene ble analysert både hver for seg og samlet, men de ble ikke gruppert videre for individuelle analyser. En pilotundersøkelse i et område med middels stor trafikkforurensning (Clench-Aas, et al., 1991) viste at helseparameterene ikke burde grupperes. Timevise data for hvert individ og for hver av de 17 helsesyntomene ble analysert ved å bruke standard matematiske modeller for analysen av dikotome (ja/nei) variable som funksjon av et sett uavhengige variable (Cox og Snell, 1989). En modifisert modell og en metode for å kombinere individuelle resultater er nærmere beskrevet av Korn og Whittemore (1979).

Sannsynligheten (P) for at luftforurensninger (X) og andre uavhengige variable (Z) fører til at en helseparameter (Y) får en verdi av 1 (har symptomet) kan for hvert individ uttrykkes som

$$P = \exp(\alpha + (X' + Z')\beta) / (1 + \exp(\alpha + (X' + Z')\beta))$$

der α og β er de ukjente koeffisientene. α er en konstant og β er en vektor med dimensjon lik antallet uavhengige variabler, X og Z .

Koeffisientene α og β ble estimert for hvert individ og hver effektvariabel. Disse estimatene kan analyseres for personer gruppert til ulike befolkningsgrupper eller for deltakere samlet. Et estimat for α og β som representerer populasjon eller subpopulasjon kan også beregnes.

11.3.2 Komprimering av data

De innsamlede og beregnede data dannet et svært stort datasett. Ca 400 individer og ca 3000 timer registrert for hver, gir nesten 1 millioner enkeltdata.

Det var derfor behov for å komprimere datasettet. På grunn av lokalisering av forurensningskilder, meteorologisk variasjon og folks atferdsmønstre var det bare i kortere tidsperioder at det var eksponering av betydning. Generelt var eksponeringen lav, og det var få helsesyntomer som ble notert med 1 (ja), særlig i studiepopulasjonen hvor dette skjedde for enkeltsyntomer i typisk rundt 2% av registrerte timer.

Et viktig metodeproblem var å forsøke å inndeles luftforurensningskonsentrasjoner i lave, middels og høye konsentrasjoner. Inndelingen skulle legges til grunn for komprimeringen. Flere metoder ble testet.

I alle metodene, hver gang et tidsintervall var komprimert i ett punkt, ble den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen for hver komponent beregnet. Hvis individet hadde notert et symptom innen dette tidsintervallet ble denne komprimeringsperioden klassifisert ved positivt svar for dette helsesyntomet. De to metodene som ble brukt i analysene representerte de som gir den korteste og den lengste tidsrekken blant de metodene som ble testet.

Den metoden som reduserte datamengden mest, baserte seg på opphold i ulike "mikromiljøer" ifølge dagbokskjemaene (heretter kalt M-mikro). Ved denne metoden ble alle påfølgende timer slått sammen for samme mikromiljø. Når for eksempel en person oppholdt seg i sin bolig med lukkede vinduer i en viss tid, ble data slått sammen. Når et vindu ble åpnet, ble data slått sammen igjen for det nye mikromiljøet. Middelerverdier for hver komponent ble benyttet for hvert mikromiljø og tilhørende tidsintervall. På denne måten kan usikkerheter ved å beregne luftforurensningskonsentrasjoner (se kapittel 5,6 og 7) bli utjevnet. Det er også en fordel at metoden med sammenslåing er uavhengig av verdiene på både avhengige og uavhengige variable i analysen. En ulempe er at kortvarige, høye konsentrasjoner kan ha forekommet mens en person var innendørs i lengre tid enn varigheten av de høye konsentrasjonene. Ved opphold i mikromiljø med kort oppholdstid, f.eks. på reise, vil imidlertid kortvarige, høye konsentrasjoner gi større utslag. Antall data kan i tillegg variere sterkt fra person til person.

Den metoden som reduserte datamengden minst, baserte seg på hver persons kumulative fordeling av forurensningseksponering (heretter kalt M-indiv). Verdier for 75-prosentil og 90-prosentil ble beregnet for hver persons eksponering for hver komponent. De to prosentilverdiene ble deretter brukt for inndeling mellom lav og middels og mellom middels og høy. Så lenge forurensningsnivået var i uendret kategori for alle forurensningskomponenter, ble data slått sammen og middelerverdiene beregnet. Dette ble gjort separat for vinter- og sommerperioden, og de individuelle prosentilverdiene kunne variere atskillig. En fordel med metoden var at datamengden ikke behøvde å variere så mye fra person til person. I tillegg ville ulike komponenter bli behandlet relativt likt ved denne metoden. En ulempe ved metoden var at kategorien "høy" også kunne variere fra person til person, noe som kunne legge større vekt på konsentrasjoner som i realiteten var lave hos personer med liten eksponering. Metoden blir dessuten mer følsom for usikkerhet ved eksponeringsberegning, og den bruker uavhengige variable som basis for klassifiseringsmetoden.

To metoder ble vurdert i tillegg, men ikke brukt senere i analysen. I begge metodene ble eksponeringskategoriene (lav, middels og høy) fastsatt for alle deltakerne og ikke på individuell basis. Den ene metoden baserte seg på verdien av anbefalte luftkvalitetskriterier. Luftkvalitetskriteriene som ble brukt er oppsummert i tabell 11.1. Den andre baserte seg på samlet kumulativ fordeling av eksponering av deltakerne i hver periode. De to metodene la lik vekt på eksponering av alle deltakerne, men gav ulik datamengde for ulike personer. Metodene brukte uavhengige variable ved klassifiseringen, og begge var påvirket av unøyaktigheter ved å beregne eksponering for forurensninger.

Figur 11.1 sammenlikner disse fire metodene ved timevis eksponering for SO_2 og svevestøv finfraksjon for to individer og tre dager. Det framgår at alle metodene unntatt M-mikro gir like resultater ved lave eksponeringer. Forskjeller vises ved korte perioder med høy eksponering. Figur 11.2 viser at det er størst forskjell mellom metodene i antall tidsenheter og at denne forskjellen er mest synlig på de lavere og middels eksponeringsnivåene, som vist for SO_2 og NO_2 .

De to sammenslåingsmetodene som er brukt, M-mikro og M-indiv, tillater å sammenlikne forekomst av helseparametere med samtidig eksponering for luftforurensning. Det var også ønskelig å undersøke effekten av foregående 24 timers eksponering til luftforurensning på rapportering. Dette ble gjort for hver time ved å beregne det siste døgns gjennomsnittlige eksponeringsnivå for hver komponent. Deretter ble samme metode som beskrevet for M-indiv brukt for å komprimere data (heretter kalt M-24h).

11.3.3 Uavhengige variable i modellen

Etter å ha valgt metode ble data slått sammen. Logistisk regresjon ble brukt for hvert individ og for hver helseparameter (avhengig variabel) på komprimerte data basert på hver av de tre metodene (M-mikro, M-indiv og M-24h).

Tabell 11.1: Anbefalte retningslinjer for luftforurensninger.

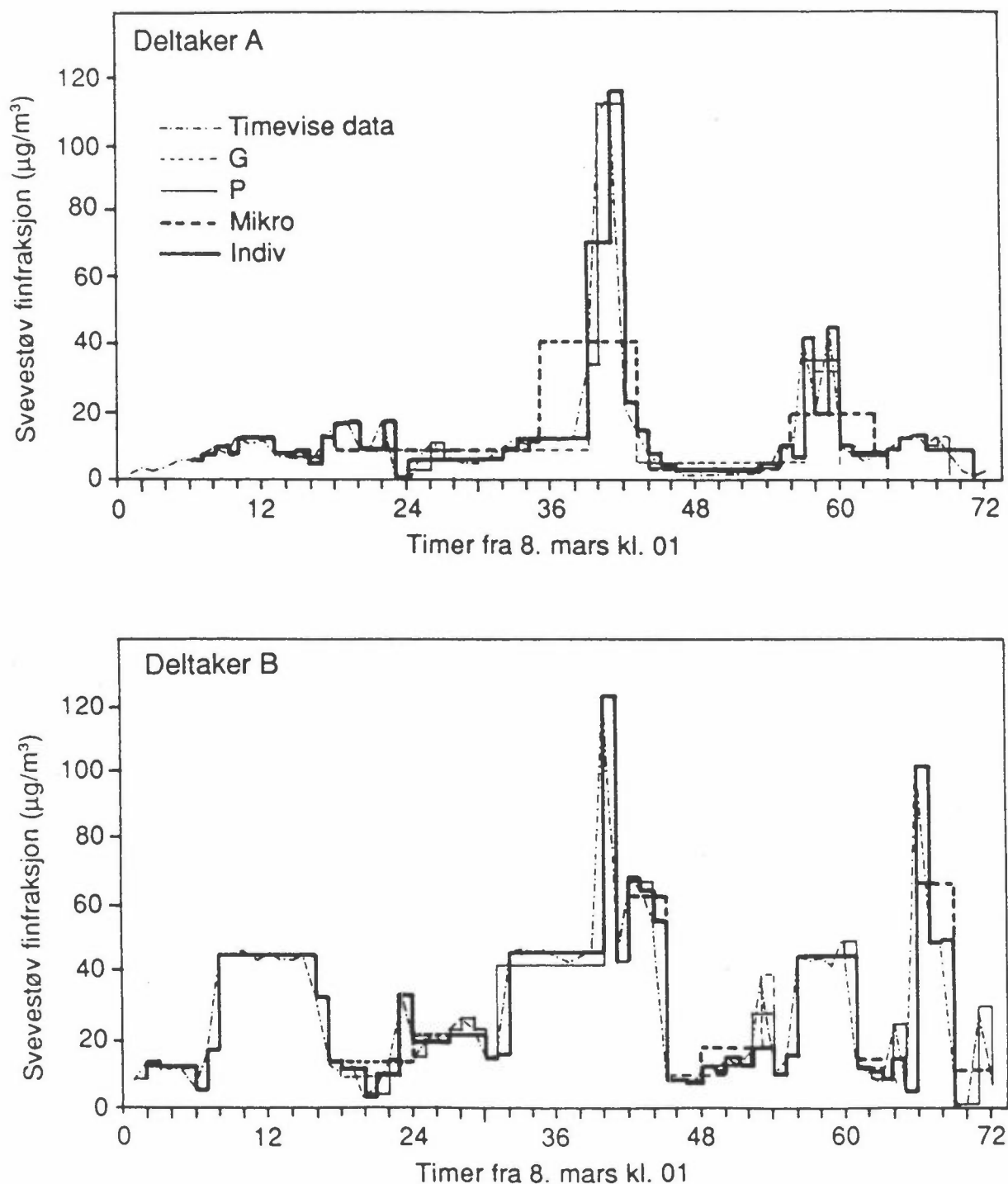
Komponent	Midlingstid	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Referanse
SO ₂	1 time	350	WHO (1987)
NO ₂	1 time	200	SFT (1982)
O ₃	1 time	100	SFT (1982)
CO	1 time	25 mg/m ³	SFT (1982)
Svevestøv* (PM ₁₀)	24 timer	70	WHO (1987)
Total Cl (Cl _x)	24 timer	7,5	Personlig kommuni- kasjon NILU/Folkehelse
Cl _x +SO ₄ +NO ₃ (sur aerosol)	24 timer	20	Personlig kommuni- kasjon NILU/Folkehelse

*60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ble brukt som én-times retningslinje for svevestøv, finfraksjon, i kategorisering basert på retningslinjer.

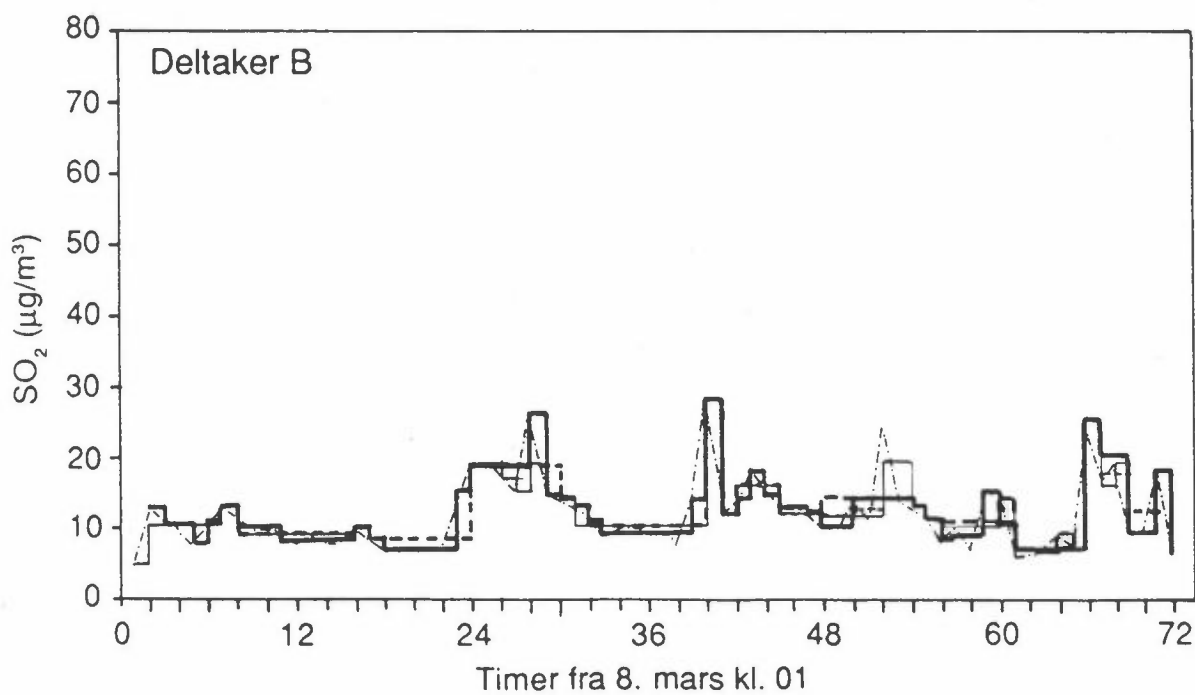
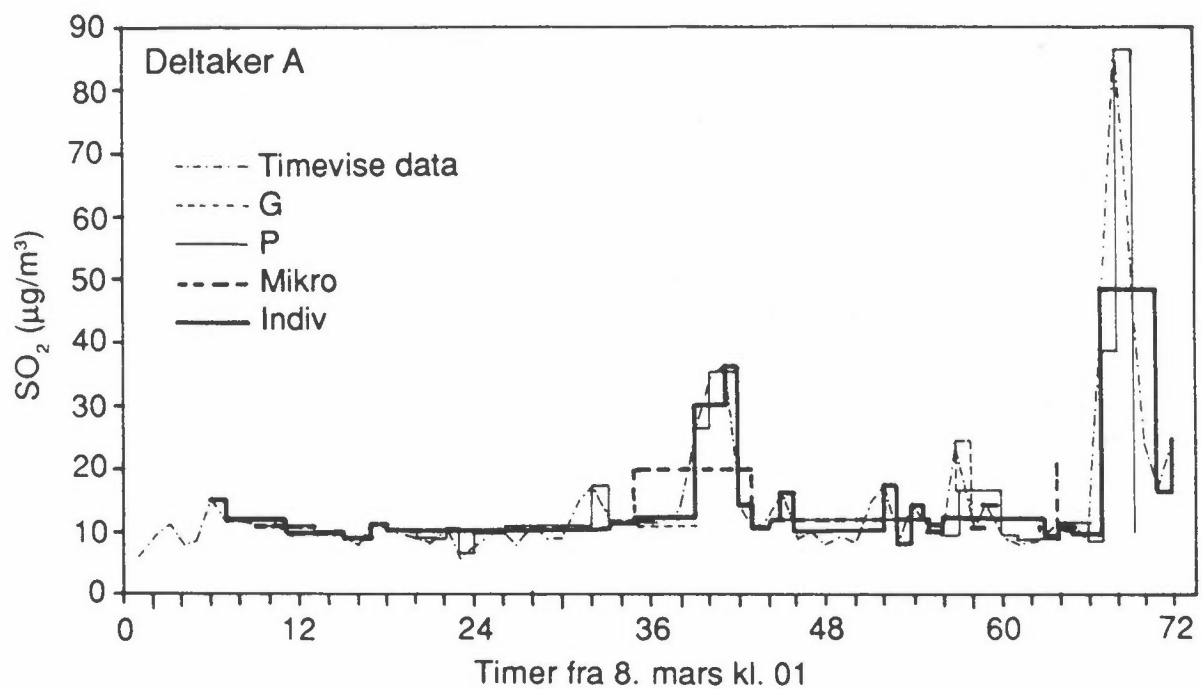
Siden eksponering for luftforurensning ikke er normalt, men skjevt fordelt, ble det brukt logaritmisk transformasjon. Komponentene ble valgt slik at de ikke var for mye korrelert med hverandre (se diskusjon i kapittel 8). Det endelige utvalget av komponentene var: SO₂, NO₂, O₃, finfraksjon av svevestøv, sulfat, nitrat og klor. Se tabell 8.7 for korrelasjonskoeffisientene mellom komponentene.

Både for objektive og subjektive lungefunksjonsparametere er det rapportert en sesongvariasjon i følsomhet (Hackney et al., 1989). Derfor ble det besluttet å analysere de to undersøkelsesperiodene separat. I analysene av vinterdataene ble i tillegg den laveste temperatur og relativ fuktighet tatt med i tidsperioden. I analysene av sommerdataene ble disse parameterene erstattet med eksponering for gress- og bjerkepollen. Det ble funnet forskjeller i rapporteringen av helseparametere mellom sommer og vinter og mellom forskjellige perioder av døgnet (se kapittel 9). Mange helseeffekter hadde større hyppighet av rapportering om morgenen. Derfor ble en uavhengig

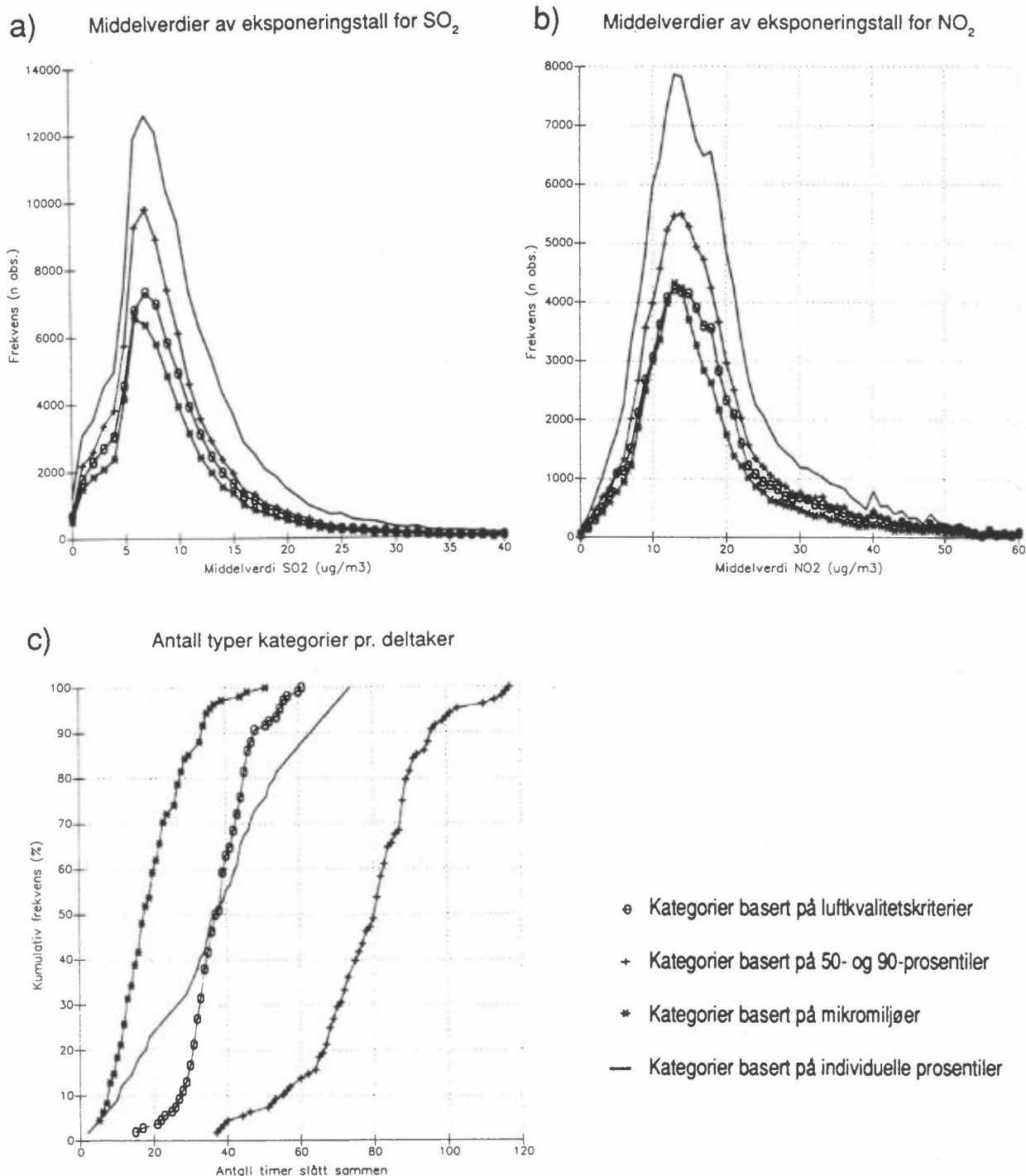
Svevestøv-data aggregert på forskjellige måter



Figur 11.1: Eksponering for hver time (timevise data) vises sammen med midlere eksponering som fremkommer etter forskjellig kategorisering for SO_2 og svevestøv (finfraksjon) (G: basert på luftkvalitetskriteria, P: basert på felles 50- og 90-prosentiler, Individ: basert på individuelle 75- og 90-prosentiler, Mikro: basert på mikromiljøer). Figuren viser data for to individer over tre døgn. Forskjeller mellom typer kategorisering vises ved høyere eksponering.

SO₂-data aggregert på forskjellige måter

Figur 11.1. forts.:



Figur 11.2: Sammenlikning av fire typer datakomprimering. Figurene a) og b) viser frekvensfordeling for midlere eksponering for SO₂ og NO₂ som oppstår ved forskjellig kategorisering. For alle typer kategorisering er det størst antall tidsblokker (n.obs.) i mellom-høy eksponering. Antall tidsblokker pr. person varierer typisk mellom 200 og 900, avhengig av type kategorisering. Figur c) viser kumulativ frekvensfordeling av antall typer kategorier pr. deltaker.

variabel tatt inn for å ta hensyn til dette ("Morgen"). Siden de fleste deltakerne rapporterte symptomer stort sett for den tiden de var våkne, ble en uavhengig variabel tatt inn i regresjonen for å ta hensyn til om de sov eller var våkne ("Aktiv"). Dermed var det 11 uavhengige variabler i de logistiske regresjonene.

Andre uavhengige variable ble også brukt i modeller, og et begrenset antall av modeller ble testet for hvor godt modellene tilpasset dataene. Siden resultatene viste liten forskjell mellom modeller og uvesentlig forskjell mellom konklusjonene, er de ikke rapportert her. Resultatene er beskrevet i bakgrunnsrapporten for dette kapitlet.

11.3.4 Autokorrelasjon

Denne undersøkelsen skiller seg på flere punkter fra tidligere publiserte kohortundersøkelser. Det ble f.eks. understreket av Korn og Whittemore (1979) at man bør ta hensyn til autokorrelasjon i helseparametere, siden det er rimelig å anta at forekomst av symptom i et tidsintervall avhengig av forekomsten i intervallet før. Eksemplene utpekt av disse forfatterne var tatt fra studier basert på pasienter med astma, hvor det å ha et astmatisk anfall den ene dagen øker sannsynlighet for å ha et anfall dagen etter.

Diskusjonen om autokorrelasjon ble nylig tatt opp av Schwartz et al. (1991). Disse forfatterne har beskrevet at dagbokundersøkelser gir informasjon både om insidens og prevalens av symptomer av helseeffekt. Insidens og prevalens beskriver ikke nødvendigvis de samme biologiske fenomener. De fenomener som fører til at et symptom opptrer, trenger ikke å være de samme som de som fører til at symptomet fortsetter. Forfatterne påstår at ved å bruke insidensrater alene vil man ikke fjerne alle problemene forbundet med autokorrelasjon i slike symptomer som å hoste. Hvor autokorrelerte dataene er kan også være vidt forskjellig mellom forskjellige helseparametere.

Denne undersøkelsen er basert på data på timebasis, eller data med flere tidsenheter pr. dag, i motsetning til de mer tradisjonelle undersøkelsene på døgnbasis eller med to dataelementer pr. dag. Korrelasjon fra time til time blir bestemt av overveiende antall suksessive timer uten respons, og dette er lite interessant med hensyn til undersøkelsens mål. Man hadde ikke undersøkt mer kompliserte typer av tidsavhengighet. Det ble derfor ikke brukt noen variable som uttrykker time-til-time-avhengighet.

Flere parametere ble imidlertid inkludert for å ta hensyn til andre problemer assosiert med autokorrelasjon. I tillegg til at det ble brukt prevalens, ble analysene utført med insidens, ved bare å bruke den første timen i en flere timer lang periode med respons. Dette førte til problemer i utføring av analyser og fortolkning av resultatene, og er derfor ikke rapportert. Parametere som ble tatt inn i regresjonen for å ta hensyn til økt rapportering av symptomene om morgenen og mens deltakerne var våkne, fjernet sannsynligvis en del autokorrelasjon.

Autokorrelasjon i eksponeringen ble ikke undersøkt, men det er rimelig å anta fra analogien med målte data, at denne er betydelig.

Komprimering av data kan hjelpe til å fjerne en del autokorrelasjon. M-mikro-komprimeringsmetoden fjerner antakelig mer autokorrelasjon i eksponering enn M-indiv, siden den ikke er basert på observerte eksponeringsnivåer. Dette gjelder også autokorrelasjon i effektdata: sammenslåtte tidsperioder i M-mikro er lengre enn i M-indiv.

Autokorrelasjon i forekomst av symptomer øker sannsynligvis når deltakerne er syke. Analyser ble utført med en parameter som reflekterte dagsformen. Analysen viste ingen store forskjeller fra resultatene rapportert nedenfor. Siden dagsformen kan tenkes å være en avhengig variabel som reflekterer en oppsummert helserespons ble det bestemt at det var best å utelate den som uavhengig variabel fra modellen.

11.3.5 Statistisk signifikans

Som tidligere nevnt er koeffisientene fra logistisk regresjon for hvert individ og for hver helseparameter analysert ved å bruke fremgangsmåten anbefalt av Korn og Whittemore (1979). Både veide midler og estimater som tar hensyn til ulik variabilitet i respons mellom individene ble beregnet. De siste, som gjorde det mulig å undersøke effektvariabelens gjennomsnittlige avhengighet av de uavhengige variable (luftforurensningene etc.) for hele gruppen, er presentert her. Koeffisientene er antatt uavhengig av hverandre for hvert individ.

For å kunne bedømme om eksponering for luftforurensningskomponenter fører til helseeffekter må man vurdere om regresjonskoeffisientene avvek fra 0.

På 5% signifikansnivået (to-sidig test) varierer de kritiske t-statistikkene mellom 2 to 3.2, avhengig av populasjonsstørrelsen for hvert helseeffektsymptom. Populasjonsstørrelsene varierte fra 5 til 163. Da det for et gitt symptom bare var 5 mennesker i gruppen som rapporterte det, burde t-statistikken være større enn 3.2 for å påvise statistisk signifikans. I gruppen der 10 mennesker rapporterte symptomet trengs det kritisk t-verdi på 2.3. Der populasjonsstørrelsen er 30 eller mer, er det nok med en t-verdi på 2.

Vi gjør mange statistiske tester i denne undersøkelsen. Estimaten vi beregnet er ikke nødvendigvis uavhengige, siden de uavhengige variablene viste samvariasjon. Dette betyr at for å nå 5% signifikantnivå (to-sidige) trengs det høyere kritiske t-verdier. På den annen side, når det gjelder hypotesen (to-sidig eller én-sidig), tror vi ikke at de negative sammenhenger er av biologisk viktighet men snarere reflekterer strukturen i de uavhengige variablene. Dette medfører én-sidig test og dermed en redusert kritisk t-verdi.

Etter vurdering av de ovennevnte problemer er det valgt å betegne som signifikante alle sammenhenger med verdi av t-sta-

tistikken over en kritisk t-verdi på 2. I en undersøkelse av denne typen er det viktig å ikke forkaste potensielt riktige sammenhenger selv om vi da velger for mange. Feilen ved å forkaste "riktige" sammenhenger feilaktig, regnes som mer alvorlig enn å inkludere feilaktige sammenhenger som i virkeligheten ikke finnes.

11.4 RESULTATER - KUMULERTE SYMPTOMER AV HELSEEFFEKT

Symptomer av helseeffekter ble også gruppert slik at hvis deltakerne (på individbasis) for en bestemt time eller tidsenhet rapporterte minst et symptom var den grupperte (eller kumulerte) respons lik 1. For alle deltakerne ble den kumulerte variabelen undersøkt som funksjon av eksponering til hver luftforurensningskomponent for hver sesong. For hver av de voksne befolkningsgruppene (studiepopulasjon og de lungesyke) ble den kumulerte variabelen studert med hensyn til hvor individene befant seg i forskjellige mikromiljøer, og med hensyn til passiv røyking hos ikke-røykere og med hensyn til både passiv og egen røyking hos røykere.

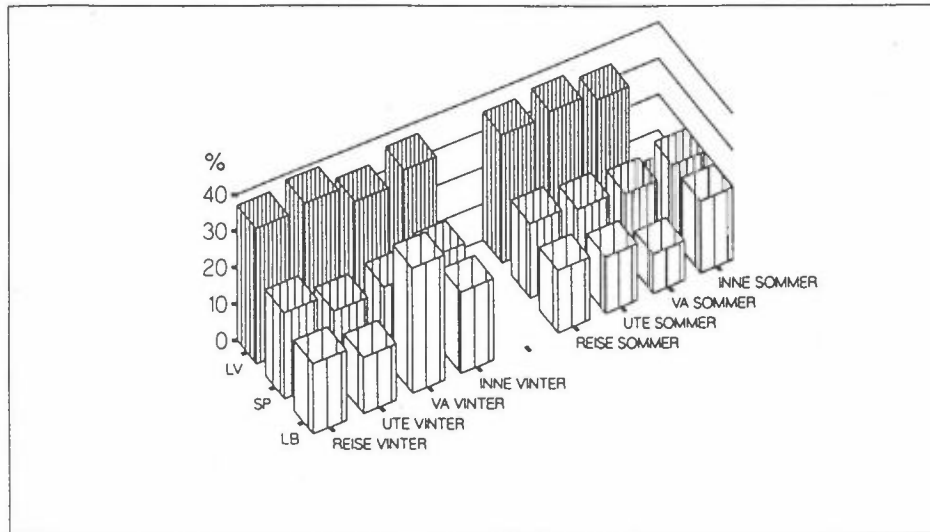
Det må vises forsiktighet i tolkningen av kumulerte data. Denne innfallsvinkel ser bort fra en del viktige fenomener, slik som fysiologiske faktorer (forskjeller mellom kjønn, eller forskjeller mellom biologiske mekanismer som fører til forskjellige symptomer). Noen sider av eksponering (f.eks. døgnvariasjoner) er også utelatt. Siden det ikke var tatt hensyn til forskjellig symptomrapportering mellom individene er de som rapporterte symptomer oftere overrepresentert ved denne måten av datapresentasjon.

Figurene 11.3 til 11.6 ligger til grunn for den videre beskrivelse.

Figur 11.3 viser at selv om deltakerne mesteparten av tiden var innendørs, ble prosent av tid med rapportering av symptomer høyere når individene var utendørs eller på reise.

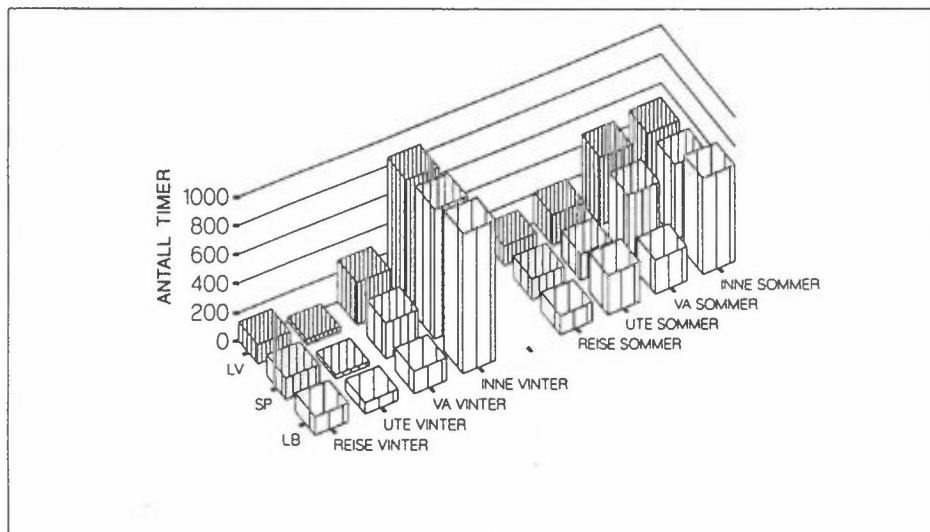
% TIMER MED MINST EN RESPONS

m.h.t. MIKROMILJØ



ANTALL TIMER REGISTRERT

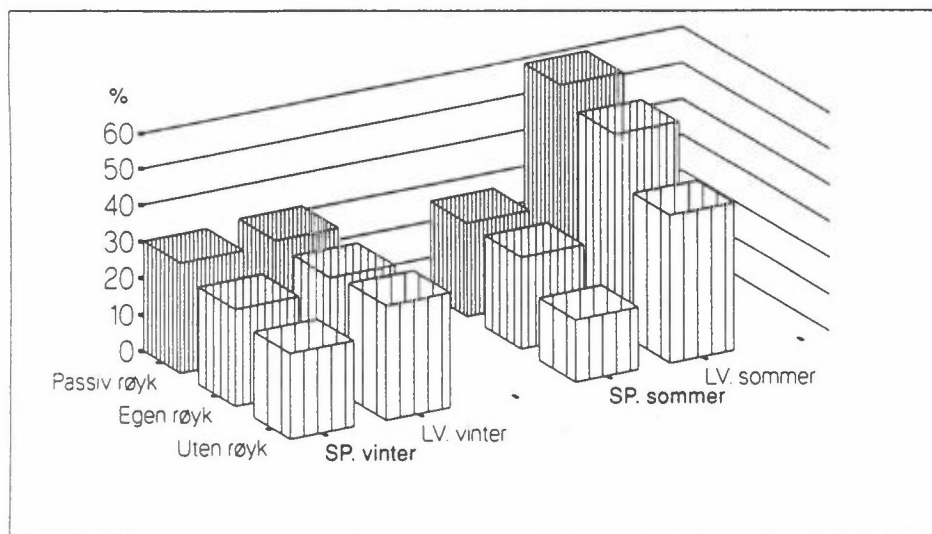
m.h.t. MIKROMILJØ



Figur 11.3: Sammenlikning av responsrate (prosent timer med minst én responstype registrert) i forskjellige mikromiljøer definert: på reise (REISE), utendørs (UTE), innendørs med vindu åpent (VÅ) og innendørs med vindu stengt (INNE), og med hensyn til undersøkelsesessensong. Sammenlikning er vist for de tre undersøkelsesgrupper: studiepopulasjon (SP), lunge-syke voksne (LV) og lungesyke barn (LB).

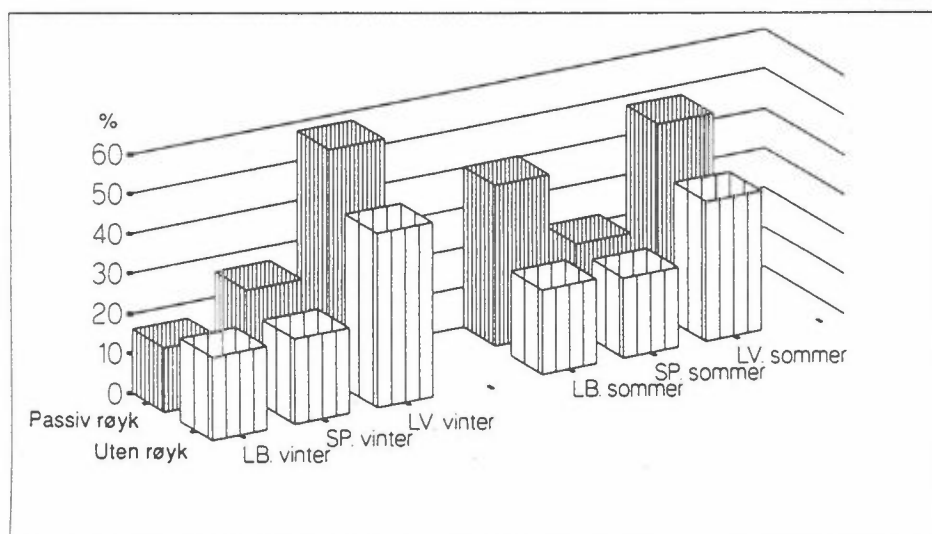
% TIMER MED MINST EN RESPONS

RØYKENDE, KI 06.00-24.00

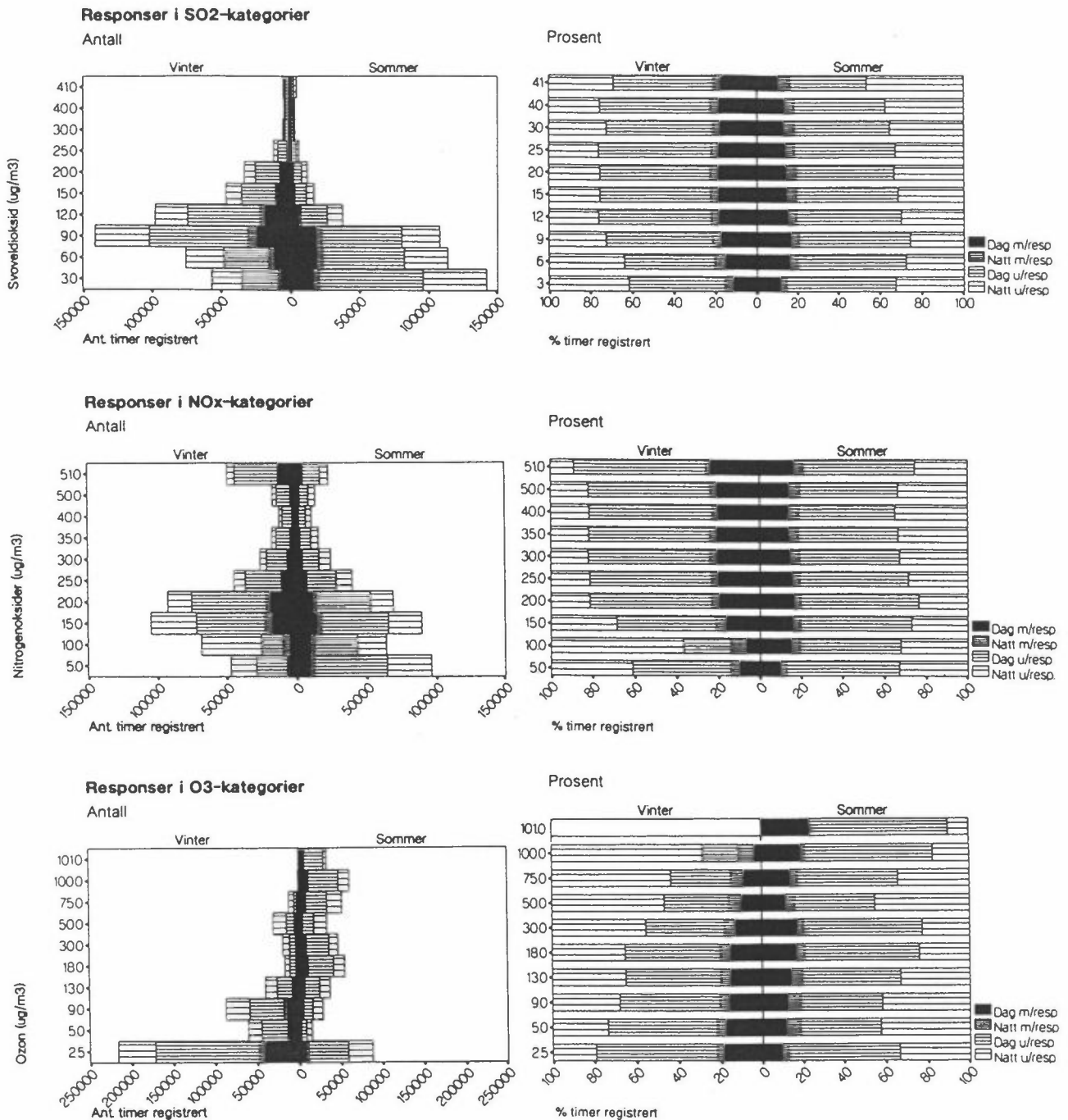


% TIMER MED MINST EN RESPONS

IKKE-RØYKENDE, KI 06.00-24.00



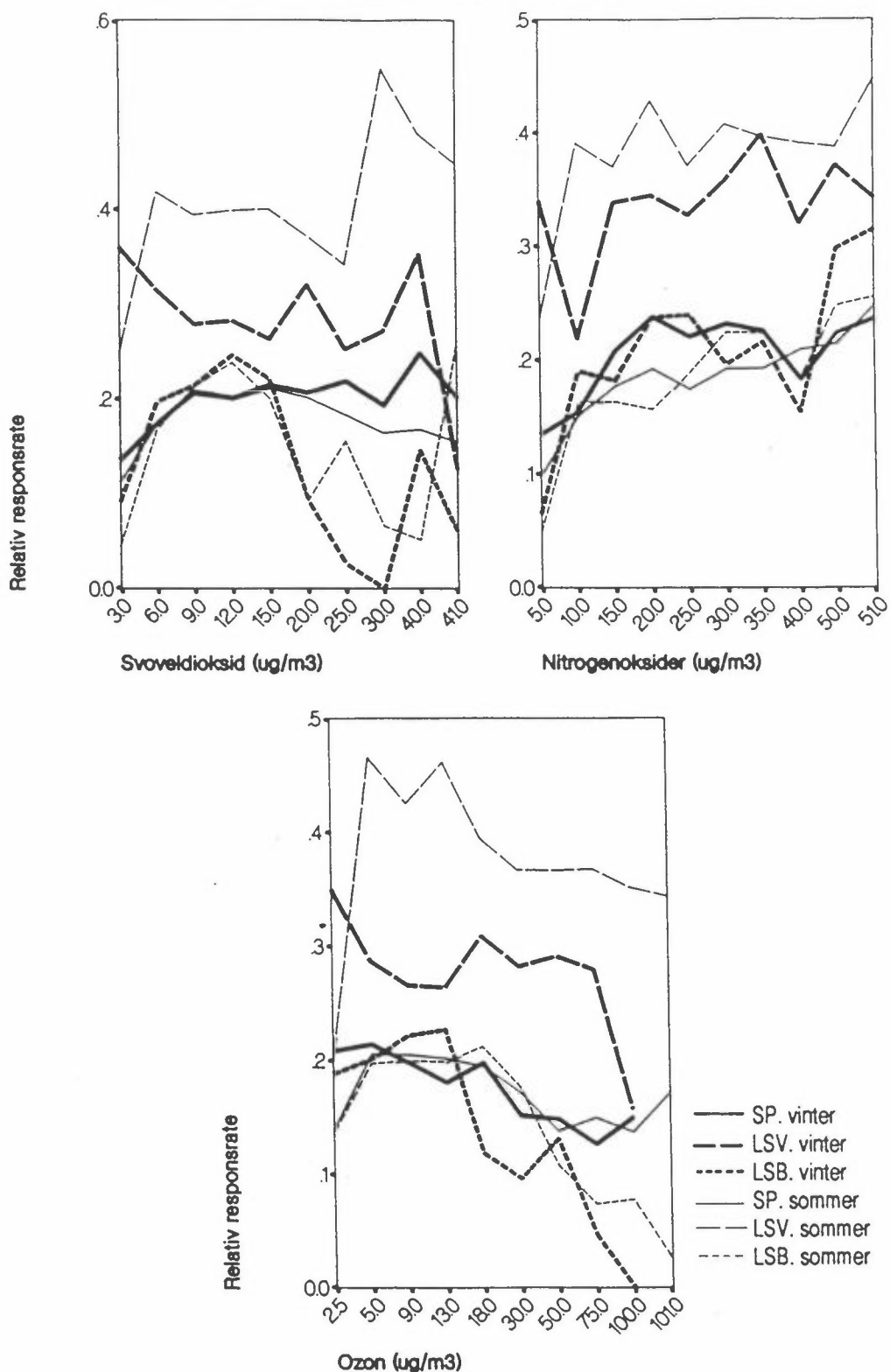
Figur 11.4: Sammenlikning av responsrate (prosent timer med minst én responstype registrert) for røykere og ikke-røykere. Responsrate er beregnet i timer med passiv røyking (Passiv røyk), egen røyking (Egen røyk) eller uten røyking (Uten røyk), med hensyn til undersøkelsesessong. Sammenlikning er vist for de to voksne undersøkelsespopulasjoner: studiepopulasjon (SP), lungesyke voksne (LV) og lungesyke barn (LB). Bare timer mellom 06:00 og 24:00 er med.



Figur 11.5: Oversikt over antall og relativt antall (i prosent) timer med minst én type respons (m/resp) eller uten registrert respons (u/resp) i intervaller av SO₂, NO₂ og O₃ i vinter- og sommersesong i undersøkelsen. Timene er klassifisert som "dag" (07:00 til 22:00) eller "natt" (mellom 23:00 og 06:00). Konsentrasjonsakse gir øvre grense for alle kategorier unntatt den siste, f.eks. det første intervall er 0 til 3, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for SO₂. Den siste kategorien (41,0 for SO₂, 51,0 for NO₂ og 101,0 for O₃) samler alle timer med konsentrasjoner over henholdsvis 40, 50 og 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for SO₂, NO₂ og O₃.

RELATIV RESPONSRATE

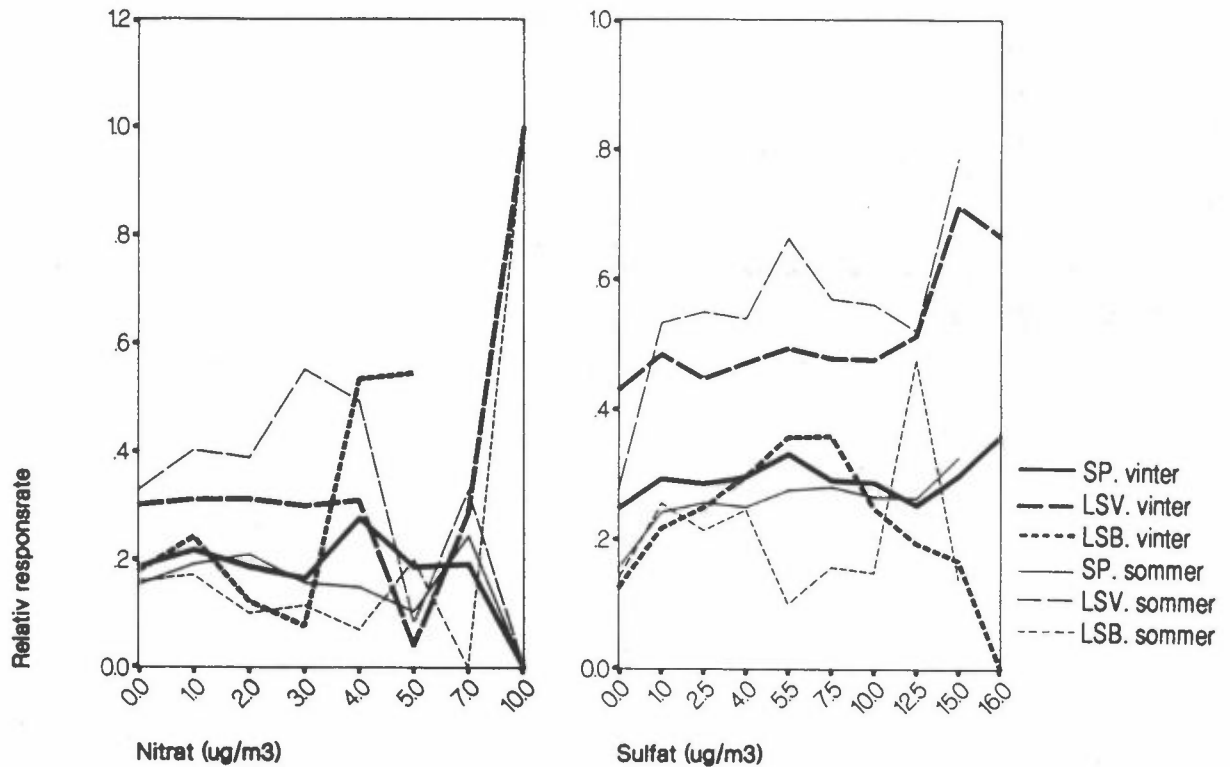
etter deltakerpopulasjon og sesong



Figur 11.6: Relativ responsrate (antall timer med minst et symptom registrert delt på antall timer registrert) i forskjellige intervaller av eksponering for SO_2 , NO_2 , O_3 , nitrat og sulfat. Responsratene er vist for vinter (tykke linjer) og sommer (tynne linjer), sesonger i undersøkelsen for studiepopulasjon (SP), lungesyke voksne (LSV) og lungesyke barn (LSB). Intervaller for eksponering er betegnet med sine øvre grenser, unntatt siste kategori. F.eks. første kategori for SO_2 er fra 0 til $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, for nitrat er det eksponering lik 0. Siste kategori er over 40, over 50, over 100 og over $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for henholdsvis SO_2 , NO_2 , O_3 og sulfat. For nitrat ble det ikke registrert eksponering over $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

RELATIV RESPONSRATE

etter deltakerpopulasjon og sesong



Figur 11.6: forts.

Figur 11.4 viser at rapportering av symptomer av helseeffekt i alle befolkningsgrupper var høyere i den tiden deltakerne ble utsatt for passiv røyking, særlig om vinteren. Røykere rapporterte også symptomer av helseeffekter oftere mens de var eksponert for passiv røyking enn i de periodene de selv røykte eller når de ikke røykte.

Figur 11.5 viser den kumulerte helserespons som funksjon av eksponering til luftforurensningskomponentene SO_2 , ozon og NO_x på to forskjellige måter. Den venstre siden av figuren viser observert antall timer med og uten symptomer både for vinter og sommer (alle deltakere tilsammen). Den høyre siden av figuren viser de samme data som prosent i hver eksponeringskategori. Hver av de tre komponentene er vist separat.

Det kan ikke trekkes konklusjon fra figurer med bare en luftforurensningskomponent om gangen, for andre komponenter kan variere sammen med den viste komponenten.

Figur 11.6 viser den relative responsrate (prosent av tiden deltakere i hver befolkningsgruppe rapporterer minst et symptom) for hver av de gitte konsentrasjonsintervaller av forurensningene for : 1) studiepopulasjonen, 2) lungesyke voksne og 3) lungesyke barn både for vinter og sommer. Figuren viser responsrater i forskjellige eksponeringsintervaller for SO_2 , NO_x , ozon, nitrat og sulfat.

De relative responsratene for rapportering av symptomer av helseeffekter er høyere for lungesyke voksne enn for studiepopulasjonen, og høyere om vinteren enn om sommeren. Antall deltakere hos de lungesyke er betraktelig mindre (rundt 60 voksne og 15 barn, sammenliknet med 290 resp. 260 fra studiepopulasjonen), noe som fører til estimater med høyere usikkerhet.

11.5 RESULTATER AV SAMMENHENGEN MELLOM EKSPONERING FOR LUFTFORURENSNING OG DE INDIVIDUELLE SYMPTOMER AV HELSEEFFEKT

For å kunne beskrive effektene av eksponering for luftforurensning på hver av de 17 helseeffektene ble det besluttet å diskutere symptomene grupperte i 5 biologiske sammenhengende grupper. Disse 5 gruppene er:

- Symptomer på ubehag - sjenerende støy, sjenerende lukt og sjenerende industrirøyk.
- Symptomer fra øvre luftveier - øyeirritasjon, halsirritasjon og nysing.
- Symptomer fra nedre luftveier - hosting, piping i brystet og tungpustethet.

- Symptomer på nedsatt allmenntilstand - hodepine, svimmelhet, kvalme og feberfølelse.
- Symptomer på stress og tretthet - muskelsmerter, magesmerter, følelse av nervøsitet/urolighet og tretthet.

Grupperingen er grov, siden enkelte av symptomene kan plasseres i flere kategorier.

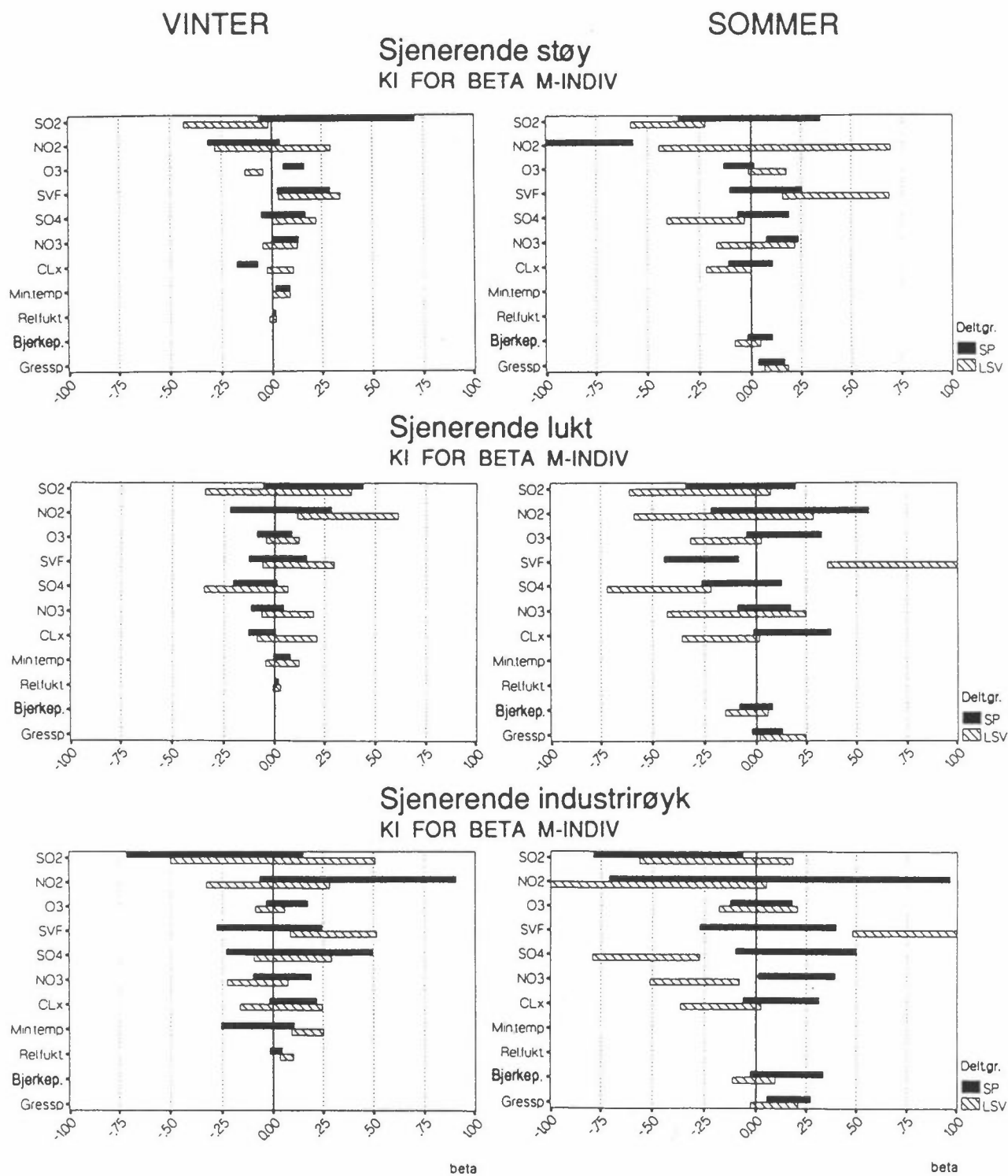
For en beskrivelse av samtidig forekomst av de forskjellige helseparametere, se kapittel 9 (tabellene 9.6-9.7). F.eks. er ofte muskel- og magesmerte forbundet med hodepine og svimmelhet. Hosting er ofte forbundet med halsirritasjon og feberfølelse er ofte forbundet med hosting, halsirritasjon osv.

Resultater, som er gjennomgått i avsnittene nedenfor, vises summarisk i tabellene 11.2 til 11.6 og i figurene 11.7 til 11.11. Regresjonskoeffisientene presentert i tabeller (del A) er representative for hver gitt studiegruppe. Deres t-verdi er angitt separat (del B).

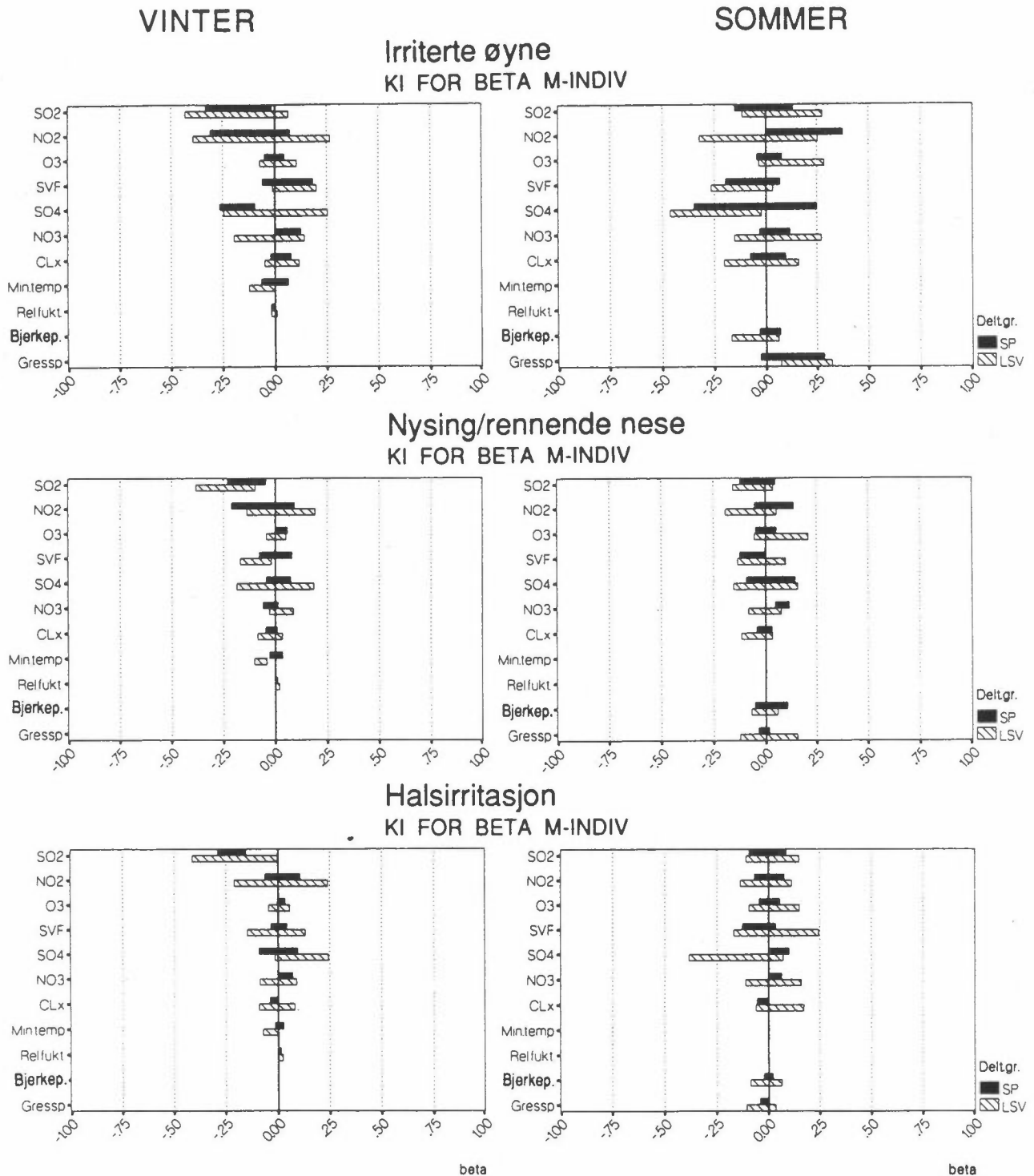
Figurene 11.7 til 11.11 viser konfidensintervaller (KI) for hver regresjonskoeffisient (gjennomsnitt \pm 2 standardavvik). KI-er som ikke omfatter 0 indikerer en signifikant sammenheng mellom luftforurensningskomponent og helseparameter. Den følgende beskrivelse av resultatene vil bare ta hensyn til luftforurensningskomponentene og ikke fokusere på de meteorologiske parametere.

For beskrivelsens skyld må vi gjøre noen forenklinger. La oss ta for oss én symptomgruppe og én komponent. For et symptom oppdager man en signifikant positiv sammenheng, og for et annet symptom signifikant negativ sammenheng. Da antar vi at en klar sammenheng ikke finnes.

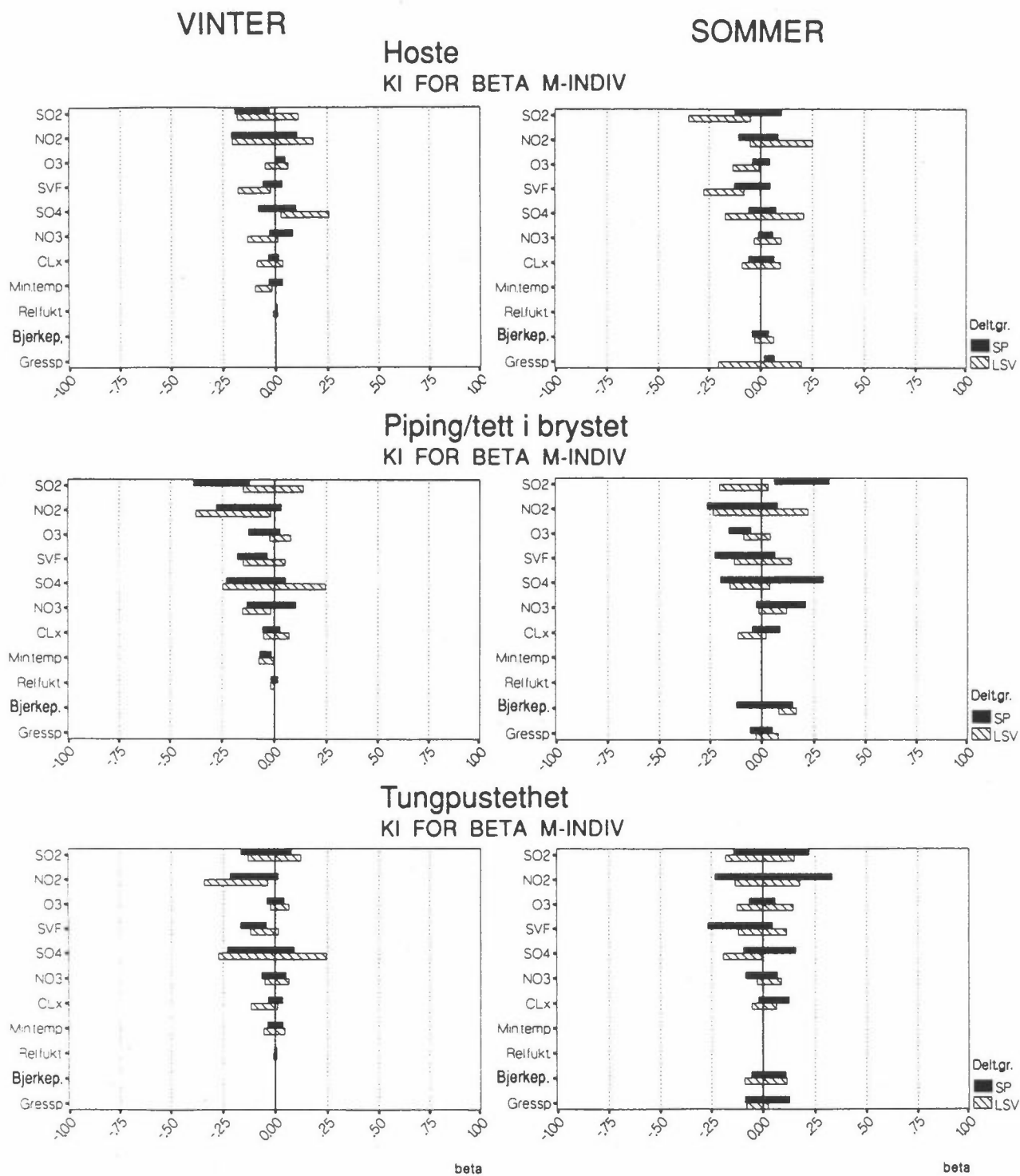
Tabellene 11.2 til 11.6 gir vektet gjennomsnitt av regresjonskoeffisientene beregnet for hvert symptom av helseeffekt for de



Figur 11.7: Symptomer på ubehag. Konfidensintervaller (KI) for grupperesgresjonskoeffisienter (β) analysert ved bruk av M-indiv-modell. Diagrammer for de to undersøkellesesonger viser tilnærmet tosidige konfidensintervaller på 95% nivå for gruppekoeffisienter. Regresjonskoeffisienter i gruppen ble anslått som veiede gjennomsnitt i studiepopulasjonen (SP) og hos lungesyke voksne (LSV). Intervallets bredde regnes ut fra det anslåtte standardavvik. Konfidensintervaller for de regresjonsvariabelene som viser signifikant sammenheng med effektvariabelene omfatter ikke 0. For evt. forklaring av symboler på komponent-aksen se kapittel 15: Forkortelser og definisjoner.



Figur 11.8: Symptomer fra øvre luftveier.
 For øvrig tekst, se figur 11.7.

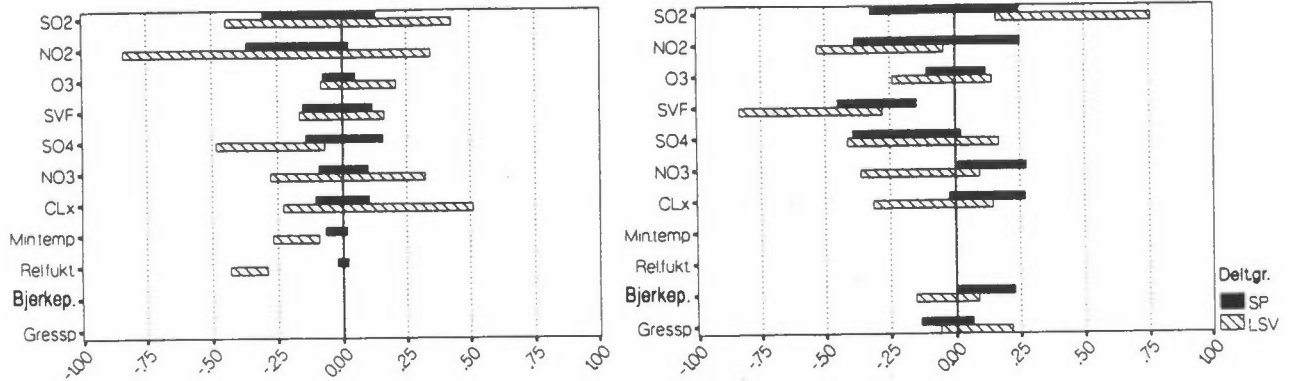


Figur 11.9: Symptomer fra nedre luftveier.
For øvrig tekst, se figur 11.7.

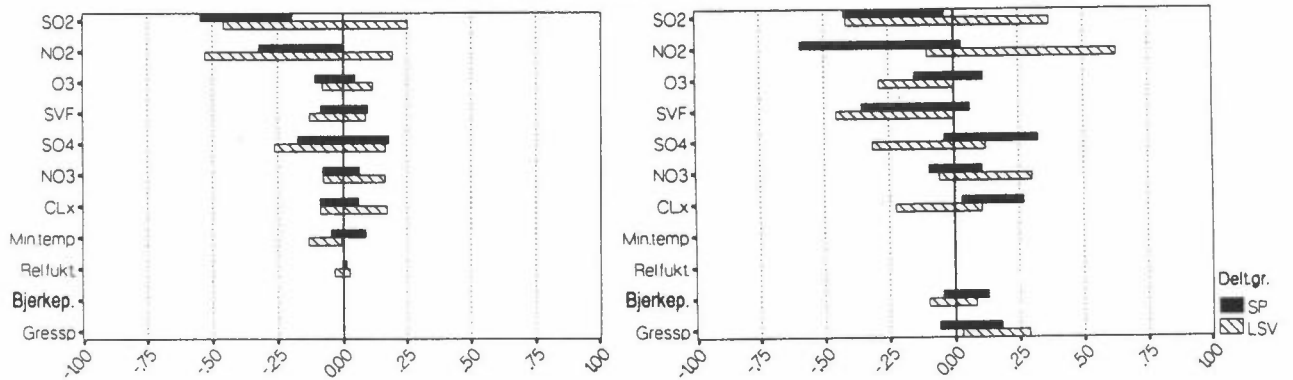
VINTER

SOMMER

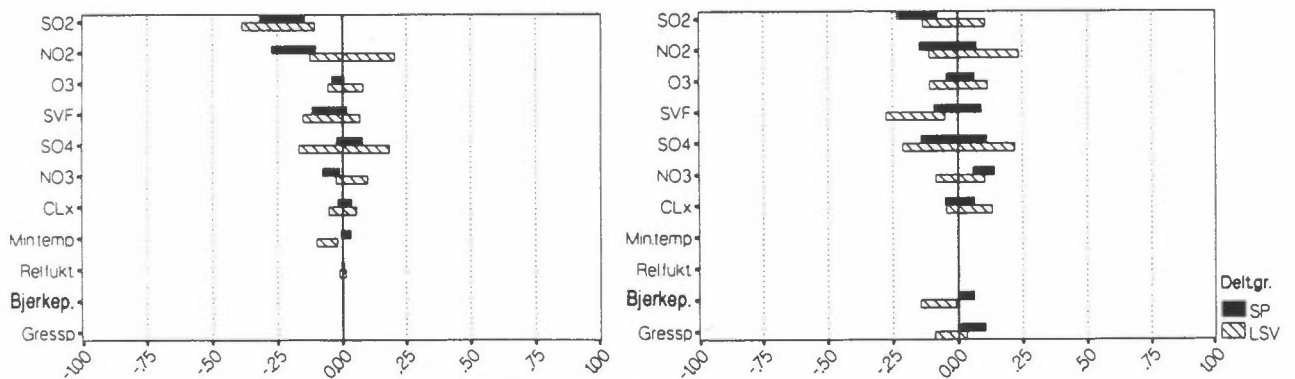
Svimmelhet
KI FOR BETA M-INDIV



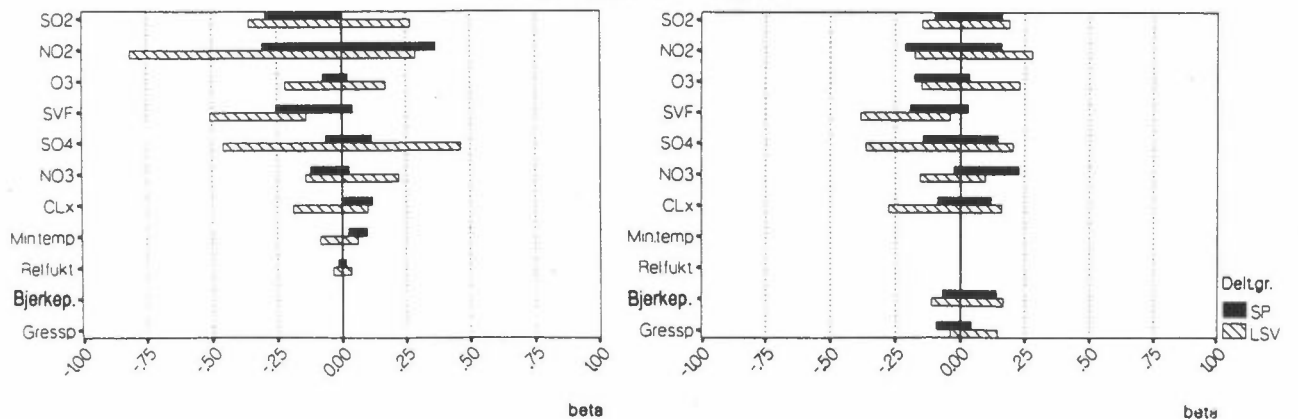
Kvalm/uevel
KI FOR BETA M-INDIV



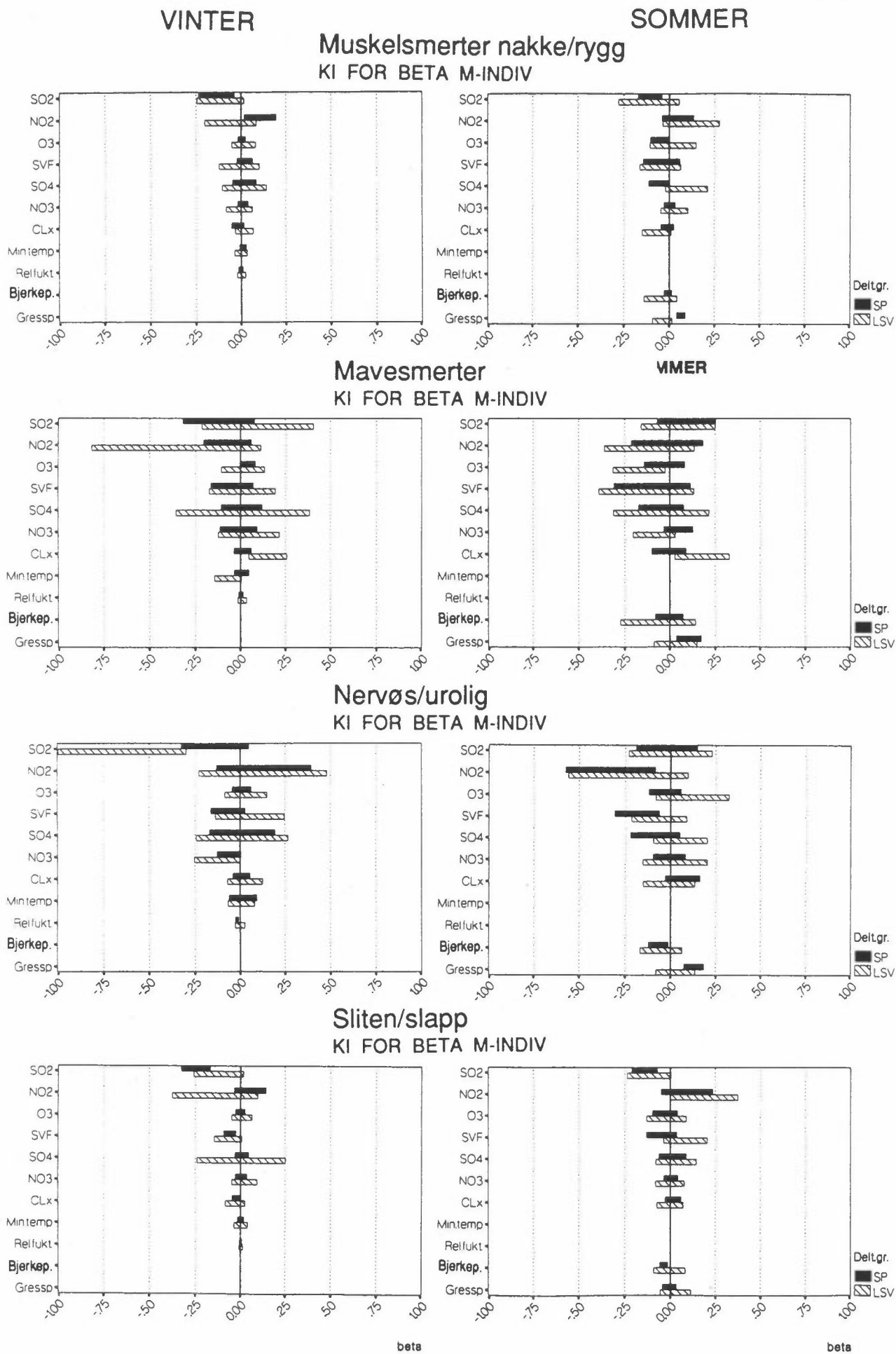
Hodepine
KI FOR BETA M-INDIV



Feberfølelse
KI FOR BETA M-INDIV



Figur 11.10: Symptomer på nedsatt allmenntilstand.
For øvrig tekst, se figur 11.7.



Figur 11.11: Symptomer på stress og tretthet.
For øvrig tekst, se figur 11.7.

angitte befolkningsgruppene og sesonger, i tillegg til verdien av t-statistikken for dette estimatet. t-statistikken ble beregnet som forholdet mellom regresjonskoeffisienten og dens standardavvik.

11.5.1 Symptomer på ubehag

Om vinteren var det positive signifikante sammenhenger mellom symptomer på ubehag og konsentrasjoner av ozon og svevestøv, og negative signifikante sammenhenger med klor i studiepopulasjonen (se tabell 11.2 og figur 11.7). Om sommeren var det positive sammenhenger med nitrat og negative sammenhenger med SO_2 , NO_2 og svevestøv.

I den lungesyke populasjon viste både NO_2 , svevestøv og sulfat om vinteren positive sammenhenger med symptomer av ubehag. Negative sammenhenger ble funnet med SO_2 og ozon. Svevestøv viste også positive sammenhenger om sommeren, mens SO_2 , sulfat og klor viste negative sammenhenger.

11.5.2 Symptomer fra øvre luftveier

I studiepopulasjonen viste nitrat og ozon om vinteren positive sammenhenger med symptomer i de øvre luftveier, mens SO_2 og sulfat viste negative sammenhenger. Om sommeren viste NO_2 , nitrat og sulfat positive sammenhenger mens svevestøv viste negative.

SO_2 og svevestøv viste om vinteren negative sammenhenger hos den lungesyke populasjonen, og om sommeren viste sulfat negative sammenhenger (se tabell 11.3 og figur 11.8).

Tabell 11.2.A: Symptomer på ubehag.
 Gruppe-regresjonskoeffisienter for flervariabel
 logistisk regresjon for voksne. Tabellen viser
 både positive og negative koeffisienter, signi-
 fikante på 5%-nivå.

A)

	Vinter			Sommer		
	Sjenerende støy	Sjenerende lukt	Sjenerende industri- røyk	Sjenerende støy	Sjenerende lukt	Sjenerende industri- røyk
Modell						
M-indiv						
Studiepopulasjon						
Ant. deltakere	40	40	15	23	30	15
Konstant	-9,496	-9,385	-13,980	-4,344	-9,520	-11,325
Aktiv	.551	1,306	1,079	1,489	.986	2,156
Morgen	.549	.687	.	.637	.782	.880
SO ₂	.	.	.	.	.	-.425
NO ₂	.	.	.	-.793	.	.
O ₃	.110	.	.	.	.	.
SVF	.159	.	.	.	-.264	.
SO ₄	.	.	.	.	.	.
NO ₃	.	.	.	.154	.	.203
CL _x	-.122	.	.	.	.	.
Min.temp	.052	.	.	x	x	x
Rel.fuktighet	.010	.012	.	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
Gresspollen	x	x	x	.099	.	.163
Lungesyke voksne	.	.	.	.	.	.
Ant. deltakere	7	13	5	6	8	6
Konstant	-2,371	-12,793	-16,797	.	-17,094	-17,083
Aktiv	.753	1,551	2,072	.	1,905	.
Morgen	.552	.681	.754	.	.	.
SO ₂	-.224	.	.	-.401	.	.
NO ₂	.	.364	.	.	.	.
O ₃	-.087	.	.	.	.	.
SVF	.187	.	.301	.423	.758	1,503
SO ₄	.113	.	.	-.219	-.469	-.532
NO ₃	.	.	.	.	.	-.296
CL _x	.	.	.	-.109	.	.
Min.temp	.045	.	.172	x	x	x
Rel.fuktighet	.	.	.068	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
Gresspollen	x	x	x	.125	.133	.

x-variablen er ikke i modellen.

Tabell 11.2.B: Symptomer på ubehag.

Verdier av t-statistikk for gruppekoeffisienter i flervariabel logistisk regresjon for voksne. t-statistikker regnes ut som koeffisientestimat delt på sitt standardavvik. Tabellen viser t-statistikken for de enkelte variabler i regresjon der t-statistikken i absolutt verdi er større enn to.

B)

	Vinter			Sommer		
	Sjenerende støy	Sjenerende lukt	Sjenerende industri-røyk	Sjenerende støy	Sjenerende lukt	Sjenerende industri-røyk
Modell						
M-indiv						
Studiepopulasjon						
Ant. deltakere	40	40	15	23	30	15
t Konstant	-9,61	-9,93	-4,40	-6,04	-5,49	-6,32
t Aktiv	2,29	3,53	2,32	5,33	2,64	3,86
t Morgen	2,17	4,24	.	1,97	2,62	2,11
t SO ₂	.	.	.	.	.	-2,35
t NO ₂	.	.	.	-7,05	.	.
t O ₃	4,11	.	.	.	.	.
t SVF	2,40	.	.	.	-2,95	.
t SO ₄	.	.	.	.	.	.
t NO ₃	.	.	.	3,87	.	2,13
t CL _x	-4,67	.	.	.	.	.
t Min.temp	2,82	.	.	x	x	x
t Rel.fuktighet	2,63	2,41	.	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
t Gresspollen	x	x	x	3,00	.	3,00
Lungesyke voksne						
Ant. deltakere	7	13	5	6	8	6
t Konstant	-2,16	-7,90	-8,85	.	-5,42	-5,41
t Aktiv	4,21	3,62	5,79	.	2,04	.
t Morgen	2,53	2,25	2,22	.	.	.
t SO ₂	2,15	.	.	-4,48	.	.
t NO ₂	.	2,93	.	.	.	.
t O ₃	-3,90	.	.	.	.	.
t SVF	2,43	.	2,81	3,19	3,77	2,95
t SO ₄	2,10	.	.	-2,34	-3,74	-4,12
t NO ₃	.	.	.	.	.	-2,76
t CL _x	.	.	.	-2,01	.	.
t Min.temp	2,03	.	4,32	x	x	x
t Rel.fuktighet	.	.	4,02	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
t Gresspollen	x	x	x	4,20	2,32	.

x-variablen er ikke i modellen.

Tabell 11.3.A: Symptomer fra øvre luftveier.
 Gruppe-regresjonskoeffisienter for flervariabel
 logistisk regresjon for voksne. Tabellen viser
 både positive og negative koeffisienter, signi-
 fikante på 5%-nivå.

A)

	Vinter			Sommer		
	Irriterte øyne	Nysing	Hals- irritasjon	Irriterte øyne	Nysing	Hals- irritasjon
Modell						
M-indiv						
Studiepopulasjon						
Ant. deltakere	48	111	163	34	100	103
Konstant	-6,048	-6,921	-6,008	-5,950	-5,017	-4,886
Aktiv	1,498	1,167	1,065	1,267	1,152	1,147
Morgen	.	.497	.455	.	.353	.202
SO ₂	-.173	-.137	-.221	.	.	.
NO ₂	.	.	.	.190	.	.
O ₃	.	.033	.	.	.	.
SVF	.	.	.	.	-.063	.
SO ₄	-.179	.	.	.	.	.053
NO ₃	.062	.	.038	.	.081	.035
CL _x	.	.	.	.	.	.
Min.temp	.	.	.	x	x	x
Rel.fuktighet	-.011	.005	.010	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
Gresspollen	x	x	x	.	.	-.023
Lungesyke voksne						
Ant. deltakere	15	28	27	12	27	30
Konstant	-4,747	-6,034	-6,158	-6,786	-3,552	-3,898
Aktiv	1,745	1,390	1,296	1,656	.638	.903
Morgen	.747	1,035	.810	.	.821	.735
SO ₂	.	-.240	-.208	.	.	.
NO ₂	.	.	.	.	.	.
O ₃	.	.	.	.	.	.
SVF	.	-.092	.	.	.	.
SO ₄	.	.	.	-.242	.	.
NO ₃	.	.	.	.	.	.
CL _x	.	.	.	.	.	.
Min.temp	-.060	-.070	.	x	x	x
Rel.fuktighet	.	.011	.012	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
Gresspollen	x	x	x	.196	.	.

x-variablen er ikke i modellen

Tabell 11.3.B: Symptomer fra øvre luftveier.

Verdier av t-statistikk for gruppekoeffisienter i flervariabel logistisk regresjon for voksne. t-statistikker regnes ut som koeffisientestimat delt på sitt standardavvik. Tabellen viser t-statistikken for de enkelte variabler i regresjon der t-statistikken i absolutt verdi er større enn to.

B)

	Vinter			Sommer		
	Irriterte øyne	Nysing	Hals-irritasjon	Irriterte øyne	Nysing	Hals-irritasjon
Modell						
M-indiv						
Studiepopulasjon						
Ant. deltakere	48	111	163	34	100	103
t Konstant	-9,13	-18,42	-21,69	-10,50	-21,67	-25,82
t Aktiv	11,35	15,68	19,58	7,67	16,32	21,54
t Morgen	.	5,30	7,78	.	4,38	2,49
t SO ₂	-2,20	-2,95	-6,50	.	.	.
t NO ₂	.	.	.	2,04	.	.
t O ₃	.	2,64	.	.	.	.
t SVF	.	.	.	.	-2,03	.
t SO ₄	-4,23	.	.	.	.	2,34
t NO ₃	2,07	.	2,39	.	4,77	2,52
t CL _x	.	.	.	.	.	.
t Min.temp	.	.	.	x	x	x
t Rel.fuktighet	-2,79	2,15	5,47	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
t Gresspollen	x	x	x	.	.	-2.24
Lungesyke voksne						
Ant. deltakere	15	28	27	12	27	30
t Konstant	-4,46	-9,39	-7,83	-7,24	-8,85	-8,09
t Aktiv	6,22	10,62	8,27	2,20	4,82	5,60
t Morgen	2,03	6,96	4,20	.	4,46	3,89
t SO ₂	.	-3,35	-2,03	.	.	.
t NO ₂	.	.	.	.	.	.
t O ₃	.	.	.	.	.	.
t SVF	.	-2,47	.	.	.	.
t SO ₄	.	.	.	-2,20	.	.
t NO ₃	.	.	.	.	.	.
t CL _x	.	.	.	.	.	.
t Min.temp	-1,99	-4,56	.	x	x	x
t Rel.fuktighet	.	2,24	2,01	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
t Gresspollen	x	x	x	3,13	.	.

x-variablen er ikke i modellen

Tabell 11.4.A Symptomer fra nedre luftveier. Gruppe-regresjonskoeffisienter for flervariabel logistisk regresjon for voksne. Tabellen viser både positive og negative koeffisienter, signifikante på 5%-nivå.

A)

	Vinter			Sommer		
	Hoste	Piping/ tett bryst	Puste- vansker	Hoste	Piping/ tett bryst	Puste- vansker
Modell						
M-indiv						
Studiepopulasjon						
Ant. deltakere	101	41	56	73	32	35
Konstant	-4,968	-3,594	-3,564	-3,649	-5,057	-5,127
Aktiv	.846	.866	1,098	.767	1,207	.537
Morgen	.739	.671	.441	.485	.	.758
SO ₂	-.110	-.254	.	.	.193	.
NO ₂	.	.	.	.	.	.
O ₃	.025	.	.	.	-.103	.
SVF	.	-.105	-.104	.	.	.
SO ₄	.	.	.	.	.	.
NO ₃	.	.	.	.	.	.
CL _x	.	.	.	.	.	.
Min.temp	.	-.042	.	x	x	x
Rel.fuktighet	.005	.	.	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
Gresspollen	x	x	x	.041	.	.
Lungesyke voksne						
Ant. deltakere	22	25	35	27	24	30
Konstant	-3,487	-2,651	-3,918	-2,503	-2,016	-3,763
Aktiv	.509	.811	1,420	.324	.616	.836
Morgen	1,169	.839	.629	.704	.403	.420
SO ₂	.	.	.	-.200	.	.
NO ₂	.	-.197	-.187	.	.	.
O ₃	.	.	.	-.071	.	.
SVF	-.099	.	.	-.178	.	.
SO ₄	.143	.	.	.	.	-.099
NO ₃	.	-.084	.	.	.	.
CL _x	.	.	.	.	.	.
Min.temp	-.057	-.038	.	.	x	x
Rel.fuktighet	.	.	.	.	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	x	.123	.
Gresspollen	x	x	x	x	.	.

x-variablen er ikke i modellen.

Tabell 11.4.B: Symptomer i nedre luftveier.

Verdier fra t-statistikk for gruppekoeffisienter i flervariabel logistisk regresjon for voksne. t-statistikken regnes ut som koeffisientestimat delt på sitt standardavvik. Tabellen viser t-statistikken for de enkelte variabler i regresjon der t-statistikken i absolutt verdi er større enn to.

B)

	Vinter			Sommer		
	Hoste	Piping/ tett bryst	Puste- vansker	Hoste	Piping/ tett bryst	Puste- vansker
Modell						
M-indiv						
Studiepopulasjon						
Ant. deltakere	101	41	56	73	32	35
t Konstant	-14,96	-4,87	-7,30	-15,91	-10,45	-11,69
t Aktiv	12,66	7,80	11,43	11,38	8,56	4,47
t Morgen	5,86	3,24	3,87	4,29	.	3,56
t SO ₂	-2,65	-3,78	.	.	2,95	.
t NO ₂	.	.	.	.	.	.
t O ₃	-2,65	-3,78	.	.	-3,86	.
t SVF	.	.	.	.	.	.
t SO ₄	2,34	.	.	.	.	.
t NO ₃	.	-2,19	-3,31	.	.	.
t CL _x	.	.	.	.	.	.
t Min.temp	.	-3,03	.	x	x	x
t Rel.fukt	2,28	.	.	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	.	.	.
t Gresspollen	x	x	x	3,38	.	.
Lungesyke voksne						
Ant. deltakere	22	25	35	7	24	30
t Konstant	-4,94	-4,16	-7,04	-6,50	-5,48	-10,83
t Aktiv	2,39	4,00	8,32	2,69	4,90	7,75
t Morgen	6,91	5,20	3,02	4,06	.248	2,91
t SO ₂	.	.	.	-2,65	.	.
t NO ₂	.	-2,20	-2,45	.	.	.
t O ₃	.	.	.	-2,27	.	.
t SVF	-2,56	.	.	-3,64	.	.
t SO ₄	2,50	-2,52	.	.	.	-2,12
t NO ₃	.	.	.	.	.	.
t CL _x	.	-2,16	.	.	.	.
t Min.temp	-2,83	.	.	x	x	x
t Rel.fukt	.	.	.	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	.	5,98	.
t Gresspollen	x	x	x	.	.	.

x-variablen er ikke i modellen.

Tabell 11.5.A: Symptomer på nedsatt allmenntilstand.
 Gruppe-regresjonskoeffisienter for flervariabel
 logistisk regresjon for voksne. Tabellen viser
 både positive og negative koeffisienter, signi-
 fikante på 5%-nivå.

A)

	Vinter				Sommer			
	Hodepine	Svimmel- het	Kvalm/ uvel	Feber- følelse	Hodepine	Svimmel- het	Kvalm/ uvel	Feber- følelse
Model								
M-indiv								
Studiepopulasjon								
Ant. deltakere	163	39	73	68	107	22	38	53
Konstant	-5,923	-4,410	-6,950	-6,866	-6,285	-7,304	-7,573	-6,336
Aktiv	1,285	.699	.607	.	1,152	.659	.530	.523
Morgen	.411	1,042	.605	.565	.302	.	.896	.
SO ₂	-.231	.	-.370	-.147	-.155	.	-.227	.
NO ₂	-.187	.	-.163	.	.	.	.	.
O ₃	.	.	.	.	.	.	.	.
SVF	.	.	.	.	.	-.299	.	.
SO ₄	.	.	.	.	.	.	.	.
NO ₃	-.044	.	.	.	.100	.142	.	.
CL _x	.	.	.	.063	.	.	.148	.
Min.temp	.	.	.	.060	x	x	x	x
Rel.fuktighet	.	.	.	.	x	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	x	.035	.117	.	.
Gresspollen	x	x	x	x	.057	.	.	.
Lungesyke voksne								
Ant. deltakere	41	8	19	15	23	8	6	14
Konstant	-6,112	-4,719	-5,627	-7,931	-6,180	-2,870	-6,164	-5,474
Aktiv	1,136	1,267	.558	.	1,075	.972	1,535	1,054
Morgen	.325	.	.674	.	.	.	.	.
SO ₂	-.246	.	.	.	.	.457	.	.
NO ₂	.	.	.	.	.	-.287	.	.
O ₃	.	.	.	.	.	.	-.144	.
SVF	.	.	.	-.321	-.162	-.556	-.226	-.211
SO ₄	.	-.276	.	.	.	.	.	.
NO ₃	.	.	.	.	.	.	.	.
CL _x	.	.	.	.	.	.	.	.
Min.temp	-.059	-.179	-.070	.	x	x	x	x
Rel.fuktighet	.	-.360	.	.	x	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	x	-.076	.	.	.
Gresspollen	x	x	x	x	.	.	.157	.

x-variablen er ikke i modellen.

Tabell 11.5.B: Symptomer på nedsatt allmenntilstand. Verdier av t-statistikk for gruppekoeffisienter i flervariabel logistisk regresjon for voksne. t-statistikker regnes ut som koeffisientestimat delt på sitt standardavvik. Tabellen viser t-statistikken for de enkelte variabler i regresjon der t-statistikken i absolutt verdi er større enn to.

B)

	Vinter				Sommer			
	Hodepine	Svimmelhet	Kvalm/ uvel	Feberfølelse	Hodepine	Svimmelhet	Kvalm/ uvel	Feberfølelse
Modell								
M-indiv								
Studiepopulasjon								
Ant. deltakere	163	39	73	68	107	22	38	53
t Konstant	-16,40	-4,63	-8,08	-8,1	-20,49	-5,11	-6,33	-11,50
t Aktiv	17,27	3,60	4,41	.	13,19	2,01	2,36	4,15
t Morgen	4,45	4,38	4,11	4,19	2,47	.	3,44	.
t SO ₂	-5,40	.	-4,22	-2,03	-4,00	.	-2,35	.
t NO ₂	-4,44	.	-2,07	.	.	.	.	.
t O ₃	.	.	.	.	.	.	.	.
t SVF	.	.	.	.	.	-3,92	.	.
t SO ₄	.	.	.	.	.	.	.	.
t NO ₃	-2,62	.	.	.	4,77	2,15	.	.
t CL _x	.	.	.	2,29	.	.	2,47	.
t Min.temp	.	.	.	3,32	x	x	x	x
t Rel. fuktighet	.	.	.	.	x	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	x	2,63	2,16	.	.
t Gresspollen	x	x	x	x	2,39	.	.	.
Lungesyke voksne								
Ant. deltakere	41	8	19	15	23	8	6	14
t Konstant	-10,05	-2,52	-4,63	-3,93	-10,68	-2,93	-5,23	-5,74
t Aktiv	7,98	3,12	2,43	.	4,89	2,42	3,32	4,05
t Morgen	2,09	.	3,11	.	.	.	.	.
t SO ₂	-3,51	.	.	.	.	3,04	.	.
t NO ₂	.	.	.	.	.	-2,36	.	.
t O ₃	.	.	.	.	.	.	-2,01	.
t SVF	.	.	.	-3,49	-2,88	-4,00	-2,00	-2,46
t SO ₄	.	-2,66	.	.	.	.	.	.
t NO ₃	.	.	.	.	.	.	.	.
t CL _x	.	.	.	.	.	.	.	.
t Min.temp	-2,94	-4,04	-2,22	.	x	x	x	x
t Rel. fuktighet	.	-10,23	.	.	x	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	x	-2,26	.	.	.
t Gresspollen	x	x	x	x	.	.	2,41	.

x-variablen er ikke i modellen.

Tabell 11.6.A: Symptomer på stress og tretthet.
 Gruppe-regresjonskoeffisienter for flervariabel
 logistisk regresjon for voksne. Tabellen viser
 både positive og negative koeffisienter, signi-
 fikante på 5%-nivå.

A)

	Vinter				Sommer			
	Muskel- smerter	Mage- smerter	Nervøs/ uroilig	Sliten/ slapp	Muskel- smerter	Mage- smerter	Nervøs/ uroilig	Sliten/ slapp
Modell								
M-indiv								
Studiepopulasjon								
Ant. deltakere	121	83	40	154	89	44	28	105
Konstant	-4,172	-5,251	-4,828	-5,246	-5,248	-6,717	-5,909	-6,120
Aktiv	1,307	1,102	1,168	1,332	1,557	.899	1,291	1,375
Morgen	.	.300	.391	-.207	.	.	.377	.
SO ₂	-.136	.	.	-.248	-.106	.	.	-.141
NO ₂	.106	.	.	.	.	.	-.330	.
O ₃	.	.	.	.	-.054	.	.	.
SVF	.	.	.	-.059	.	.	-.184	.
SO ₄	.	.	.	.	-.059	.	.	.
NO ₃	.	.	.	.	.	.	.	.
CL _x	.	.	.	-.025	.	.	.	.
Min.temp	.	.	.	.	x	x	x	x
Rel.fuktighet	.	.	-.018	.	x	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	x	.	.	-.067	-.036
Gresspollen	x	x	x	x	.065	.104	.129	.
Lungesyke voksne								
Ant. deltakere	22	16	9	29	17	11	6	24
Konstant	-3,309	-6,520	-6,446	-5,108	-4,789	.	-4,744	-5,128
Aktiv	1,518	.	1,163	1,393	1,684	1,015	1,463	1,526
Morgen	.	.774	.	.	.753	.	.	.
SO ₂	.	.	-.647	.	.	.	.	.
NO ₂	.	.	.	.	.	.	.	.187
O ₃	.	.	.	.	.	-.169	.	.
SVF	.	.	.	.	.	.	.	.
SO ₄	.	.	.	.	.	.	.	.
NO ₃	.	.	-.127	.	.	.	.	.
CL _x	.	.152	.	.	.	.179	.	.
Min.temp	.	.	.	.	x	x	x	x
Rel.fuktighet	.	.	.	.	x	x	x	x
Bjerkepollen	x	x	x	x	.	.	.	.
Gresspollen	x	x	x	x	.	.	.	.

x-variablen er ikke i modellen.

Tabell 11.6.B: Symptomer på stress og tretthet.

Verdier av t-statistikk for gruppekoeffisienter i flervariabel logistisk regresjon for voksne. t-statistikken regnes ut som koeffisientestimat delt på sitt standardavvik. Tabellen viser t-statistikken for de enkelte variabler i regresjon der t-statistikken i absolutt verdi er større enn to.

B)

	Vinter				Sommer			
	Muskel-smerter	Mage-smerter	Nervøs/urolig	Sliten/slapp	Muskel-smerter	Mage-smerter	Nervøs/urolig	Sliten/slapp
Modell								
M-indiv								
Studiepopulasjon								
Ant. deltakere	121	83	40	154	89	44	28	105
t Konstant	-13,83	-8,19	-6,96	-17,89	-23,78	-7,32	-7,70	-23,56
t Aktiv	21,01	8,85	8,46	21,15	23,96	4,72	2,51	18,00
t Morgen	.	2,37	2,78	-2,89	.	.	1,97	.
t SO ₂	-2,78	.	.	-6,28	-3,26	.	.	-4,08
t NO ₂	2,42	.	.	.	.	.	-2,70	.
t O ₃	.	.	.	.	-2,25	.	.	.
t SVF	.	.	.	-3,55	.	.	-3,01	.
t SO ₄	.	.	.	.	-2,22	.	.	.
t NO ₃	.	.	.	.	.	.	.	.
t CL _x	.	.	.	-2,34	.	.	.	.
t Min.temp	.	.	.	.	x	x	x	x
t Rel.fuktighet	.	.	4,44	.	x	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	x	.	.	-2,46	-3,24
t Gresspollen	x	x	x	x	5,66	3,09	4,72	.
Lungesyke voksne								
Ant. deltakere	22	16	9	29	17	11	6	24
t Konstant	-5,73	-3,65	-4,69	-7,82	-10,25	.	-4,33	-11,65
t Aktiv	12,17	.	3,76	9,37	3,72	3,22	3,36	9,91
t Morgen	.	2,55	.	.	3,45	.	.	.
t SO ₂	.	.	-3,71	.	.	.	.	.
t NO ₂	.	.	.	.	.	.	.	1,99
t O ₃	.	.	.	.	.	2,34	.	.
t SVF	.	.	.	.	.	.	.	.
t SO ₄	.	.	.	.	.	.	.	.
t NO ₃	.	.	-2,03	.	.	.	.	.
t CL _x	.	2,87	.	.	.	2,38	.	.
t Min.temp	.	.	.	.	x	x	x	x
t Rel.fuktighet	.	.	.	.	x	x	x	x
t Bjerkepollen	x	x	x	x	.	.	.	.
t Gresspollen	x	x	x	x	.	.	.	.

x-variablen er ikke i modellen.

11.5.3 Symptomer fra nedre luftveier

Hos studiepopulasjonen viste ozon om vinteren positive sammenhenger med symptomer i de nedre luftveier, mens svevestøv og SO₂ viste negative sammenhenger. Om sommeren viste SO₂ positive sammenhenger mens ozon viste negative.

Hos de lungesyke viste svevestøv, NO₂ og nitrat om vinteren negative sammenhenger med nedre luftveissymptomer, mens sulfat viste positive. Om sommeren viste SO₂, ozon, svevestøv og sulfat negative sammenhenger (se tabell 11.4 og figur 11.9).

11.5.4 Symptomer på nedsatt allmenntilstand

Hos studiepopulasjonen viste SO₂, NO₂ og nitrat om vinteren negative sammenhenger med symptomer på nedsatt allmenntilstand, mens klor viste positiv sammenheng. Om sommeren viste nitrat og klor positive sammenhenger, mens svevestøv og SO₂ viste negative.

Om vinteren viste SO₂, sulfat og svevestøv negative sammenhenger hos lungesyke. Om sommeren viste svevestøv en markert negativ sammenheng i tillegg til at NO₂ og ozon viste negativ sammenheng, mens SO₂ viste positive sammenhenger (se tabell 11.5 og figur 11.10).

11.5.5 Symptomer på stress og tretthet

Om vinteren viste NO₂ hos studiepopulasjonen positive sammenhenger med symptomer på stress og tretthet, mens SO₂, svevestøv og klor viste negative sammenhenger. Om sommeren viste SO₂, NO₂, ozon, svevestøv og sulfat negative sammenhenger.

Om vinteren viste SO₂ og nitrat hos de lungesyke negative sammenhenger, mens klor viste positive sammenhenger. Om sommeren viste NO₂ og klor positive sammenhenger, mens SO₂ og ozon viste negative (se tabell 11.6 og figur 11.11).

11.6 ANALYSE AV HELSEEFFEKT AV LUFTFORURENSNINGER VED Å BRUKE M-MIKRO-KOMPRIMERINGSMETODEN

Som tidligere diskutert hadde M-mikro-metoden for komprimering av data den fordel at den glatter ut estimater av eksponering for luftforurensning. Den førte til færre dataenheter pr. individ, noe som gjorde analysen enklere å utføre. I tillegg ble de timer slått sammen hvor eksponeringsestimatet var belastet med samme type feil. Denne feilen er knyttet til algoritmer som brukes ved beregning av eksponering i mikromiljøer. Figurene 11.12 sammenlikner responsresultatene estimert ved å anvende de forskjellige metodene av komprimering på data. Mange av de negative sammenhengene i M-indiv, f.eks. med SO_2 , forsvinner med M-mikro komprimeringsmetoden. De positive sammenhenger i M-indiv med ozon blir forsterket i M-mikro om vinteren. En oppsummering av antall positive og negative sammenhenger (de med t-verdi over 2) er vist i tabell 11.7.

11.7 RESULTATER AV SAMMENHENGEN MELLOM EKSPONERING FOR LUFTFORURENSNING DET SISTE DØGN OG INDIVIDUELLE HELSEEFFEKTER

For symptomer på ubehag, var det hos studiepopulasjonen ingen signifikante positive sammenhenger om vinteren, og om sommeren fant man positiv sammenheng med ozon og klor. Derimot viste NO_2 og klor negative sammenhenger om vinteren, og SO_2 og svevestøv om sommeren.

For symptomer på ubehag, var det hos lungesyke positiv signifikant sammenheng med klor om vinteren, og om sommeren fant man positiv sammenheng med svevestøv. Derimot viste NO_2 , ozon, sulfat og klor negative sammenhenger om sommeren.

Hos studiepopulasjonen var det signifikant positiv sammenheng mellom symptomer fra øvre luftveier og svevestøv både om vinteren og om sommeren. SO_2 , sulfat og nitrat viste negative sammenhenger om vinteren, og NO_2 og ozon om sommeren.

Hos lungesyke var det positivt signifikant sammenheng mellom symptomer fra øvre luftveier og nitrat om sommeren. SO_2 , NO_2 , ozon og sulfat viste negative sammenhenger om vinteren og svevestøv om sommeren.

Hos studiepopulasjon, med symptomer fra nedre luftveier, fant man signifikant positiv sammenheng med SO_2 og ozon om sommeren. SO_2 , nitrat og klor viste negative sammenhenger om vinteren, og NO_2 og klor om sommeren.

Hos lungesyke, med symptomer fra nedre luftveier, fant man positivt signifikant sammenheng med NO_2 og sulfat om sommeren. SO_2 og NO_2 viste negative sammenhenger om vinteren og SO_2 og svevestøv om sommeren.

Hos studiepopulasjon, med symptomer på nedsatt allmenntilstand, fant man signifikant positiv sammenheng med NO_2 om vinteren. Ozon, svevestøv og nitrat viste negative sammenhenger om vinteren, og sulfat om sommeren.

Hos lungesyke, fant man positivt signifikant sammenheng med sulfat om sommeren. NO_2 , sulfat, nitrat og klor viste negative sammenhenger med symptomer på nedsatt allmenntilstand om vinteren og svevestøv og klor om sommeren.

Hos studiepopulasjon, med symptomer på stress og tretthet, fant man signifikant positiv sammenheng med ozon om sommeren. Nitrat og klor viste negative sammenhenger med stress- og tretthets-symptomer om vinteren, og SO_2 , svevestøv og sulfat om sommeren.

Hos lungesyke, med symptomer på stress og tretthet, fant man positivt signifikant sammenheng med NO_2 både om vinteren og om sommeren, hvor det også var funnet positiv sammenheng med ozon. SO_2 , svevestøv og nitrat viste negative sammenhenger om vinteren, og svevestøv om sommeren.

Tabell 11.7: forts.

A)	Positive assosiasjoner	Sommer															
		Ubehags- følelser			Nedsatt all- menntilstand			Øvre luftvei			Nedre luftvei			Stress/ tretthet			
		IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	
	Studiepopulasjon																
	SO ₂							1	1			1	2	1		1	2
	NO ₂													1			1
	O ₃			1										1			
	SVF								1					1			
	SO ₄							1	1								
	NO ₃	2			2	1		2	2			1	1				
	CL _x			1	1	1		2	2								
	Bjærkepollen				2	1				1			1				
	Gresspollen	2	2		1	2			1	1	1		1	3	2	1	
	Lungesyke voksne																
	SO ₂				1												
	NO ₂					1							1				1
	O ₃																1
	SVF	3	1	1					1								
	SO ₄						1						1				1
	NO ₃								1	1			1				
	CL _x													1			1
	Bjærkepollen		2								1	1					
	Gresspollen	2			1	1		1	1						1		
	B)																
	Negative assosiasjoner	Sommer															
		Ubehags- følelser			Redusert all- menntilstand			Øvre luftvei			Nedre luftvei			Stress/ tretthet			
		IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	IND	MIK	24H	
	Studiepopulasjon																
	SO ₂	1		1	2									2	1	1	
	NO ₂	1	1							1			1	1			
	O ₃		1							1		1		1	2		
	SVF	1	1	1	1	2		1	1			3	1	1	2	1	
	SO ₄						1							1			2
	NO ₃												1				
	CL _x												1				
	Bjærkepollen						1							2			2
	Gresspollen						1	1		1							
	Lungesyke voksne																
	SO ₂	1										1		1			
	NO ₂			1	1	1							1				
	O ₃			1	1							1		1			
	SVF				3		2			1		1	1	1			1
	SO ₄	3	2	1				1	2			1					1
	NO ₃	1	2														
	CL _x	1	1	1			1										2
	Bjærkepollen				1		1								1		1
	Gresspollen																

IND - modell M-indiv
MIK - modell M-mikro
24H - modell M-24h

Tabell 11.8: Sammenlikning av resultater fra kammerforsøk og kohortstudier med målte utendørskonsentrasjoner i Grenland.

Studietyper	Midlingstid	Komponenter				
		SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	Sulfat (µg/m ³)	Nitrat (µg/m ²)
<u>Kammerforsøk</u> (forskjellige forf.)	Minutter til flere timer	650* ^A	200* ^A 500 ^H	200-700* A - H		
<u>Kohort-studier</u> Perry et al., 1982	Månedsmidler	8-36		12-60	f: 1,65-4.0 g: 0.30-0.64	f: 0,26-3.33* g: 0,01-0,33
Freziéres et al., 1982	Månedsmidler				t: 4,3-25,7*	
Holguin et al., 1985	Månedsmidler	10	40-60	110*		
Silverman et al., 1982 a,b) Moseholm og Taudorf, 1990 (maks døgn) Clench-Aas et al., 1991 (maks time)	3 mnd. middel	9+13 81*	31+22* 110* 250-300*			
Verdier målt i Grenland 1988	Mnd.middel	2-36	10-66	36-84	2-5	0-2,5
	Maksimum - time	2027	192	185		
	Maksimum - døgn	320	84	179	17,8	12,7

*Observerte signifikante effekter på helse

^Ahos astmatikere

^Hhos friske mennesker

f: finfraksjon

g: grovfraksjon

t: totalt

11.8 DISKUSJON

I denne undersøkelsen ble alle forurensningskomponentene tatt inn i regresjon samtidig. Dette førte til flere negative sammenhenger, dvs. til konklusjon at økende luftforurensningsnivå gir mindre effekter. Undersøkelsene beskrevet av Schwartz et al. (1991), eller Holguin et al. (1985), prøvde å påvise sammenhengen mellom forurensning og effektvariable for én forurensningskomponent av gangen. Derfor ble det ikke rapportert eller diskutert negative sammenhenger.

Det er vanskelig å forklare den fysiologiske betydningen av en negativ sammenheng og dens forskjell fra et null-resultat i en undersøkelse av kortvarige helseeffekter. En fortolkning kan være at høyere nivåer av eksponering til en viss luftforurensningskomponent fører til at utviklingen av et symptom blir hindret. Selv om dette teoretisk kan skje, er det nokså usannsynlig. En mer fornuftig forklaring er at interaksjoner mellom luftkomponenter kan føre til negative sammenhenger. De negative sammenhengene er rapportert, men antas uten biologisk betydning.

Følgende diskusjon er basert på vurderinger av resultatet oppnådd med M-indiv, M-mikro og M-24h, og presentert i tabell 11.7. Tabell 11.8 sammenlikner luftforurensningskonsentrasjoner målt i Grenlandsområdet med konsentrasjoner målt i lignende undersøkelser. I denne undersøkelsen var eksponeringen til luftforurensning generelt lav, muligens med unntak av ozon og svevestøv.

Blant de 17 barna med lungesykdom i undersøkelsen var det for få med registrerte enkeltsymptomer på helseeffekter til å tillate en pålitelig statistisk analyse. Derfor er de ikke representert i de fleste tabeller og figurer. Som beskrevet i del 11.5 må også resultatene for den voksne lungesyke gruppen regnes som usikre. Som indikert i tabell 12.1, brukte de fleste voksne lungesyke steroider (37 deltakere) eller annen lunge-medisin (11 deltakere), mens bare 12 ikke brukte noen lunge-medikamenter. Som beskrevet i kapittel 3 var det få spesifikke utvelgelseskriterier for denne gruppen, bortsett fra at alle hadde sykdom påvist i de siste tre år. Korttidseffekter i luftveiene kan bare ventes hos individer med en reversibel lungesykdom. Derfor kan fravær av positive utfall med samtidig eksponering hos lungesyke muligens tilskrives medikamentforbruk eller utvelgelseskriterier. Med det siste døgns eksponering (M-24h) vises det imidlertid hos lungesyke voksne sammenheng mellom NO_2 og sulfat og symptomer fra nedre luftveier, og mellom ozon og NO_2 og tretthet. Dette kan være forbundet med

kjent, økt rapportering av symptomer i nedre luftveier tidlig om morgenen hos astmatikere.

Resultatene er basert på analysene av de deltakerne som indikerte at de var plaget av gitte symptomer på helseeffekter. Hvis f.eks. 48 deltakere rapporterte å ha irriterte øyne er det disse 48 deltakerne som danner gruppen som regresjonskoeffisientene og signifikanstestene er basert på. Antall deltakere brukt for å beregne gruppekoeffisient i hver av befolkningsgruppene og for hvert symptom, er gitt i tabell 11.9. Tabellen gir tall også for lungesyke barn.

De fleste symptomer viste negative sammenhenger med svoveldioksid ved bruk av M-indiv. Disse negative sammenhenger forekom ikke ved bruk av M-mikrometoden. Det var vanskelig ved bruk av spredningsmodeller å forsikre seg at forurensningsplumen fra bedriften med størst SO₂-utslipp (Union Bruk A/S) ble observert akkurat den timen og på det stedet hvor den var beregnet å være. M-mikro-metoden jevnet ut noe av tidsusikkerheten i de høyeste eksponeringskonsentrasjonene.

Om sommeren angir begge metoder effekt av SO₂ i de nedre luftveier hos studiepopulasjonen og på allmenntilstanden hos de lungesyke. Det siste døgns eksponering for SO₂ (M-24h) ble om sommeren knyttet til symptomer fra nedre luftveier hos studiepopulasjonen. Dette tyder på en effekt av SO₂ i nedre luftveier. Dette synes å være en bekreftelse på det en har funnet i dyre- og kammerforsøk. Arbeid gjort av Boushay (1984) antyder større effekter om vinteren.

NO₂ i luft kommer fra kilder på Herøya samt bil- og båttrafikk. Beliggenhet nær en sterkt trafikkert vei førte til økt konsentrasjon av NO₂ i eksponeringsmodellen. Eksponering for NO₂ viste positive sammenhenger med symptomer på stress og tretthet og symptomer fra de øvre luftveier og nedsatt allmenntilstand. Lignende resultater er også funnet i en undersøkelse i et trafikkert område i Oslo i Norge (Clench-Aas et al., 1991).

Ozon viste positive sammenhenger med økt forekomst av symptomer i øvre og nedre luftveier om vinteren. Dette var et interessant resultat siden ozonkonsentrasjonene vanligvis er høyere om sommeren enn om vinteren. Mulig forklaring kan være at en eventuell helseeffekt av ozon forsterkes av lavere temperaturer. Disse resultater er i samsvar med funnene i kammerforsøk. Det er rapportert at effekter av ozon blir forsterket med eksponering til andre komponenter (Hazucha et al., 1975; Kagawa og Tsuru, 1979; Kleinman et al., 1981; og Mustafa og Tierney, 1978). Positive sammenhenger ble funnet om sommeren mellom symptomer på stress og tretthet og symptomer fra nedre luftveier og det siste døgns eksponering for ozon. Ozonkonsentrasjoner målt i Grenland var ikke så høye som de målt i Houston, (Holguin et al., 1985), hvor det ble funnet signifikant samvariasjon mellom ozon og helseeffekter. Ozonkonsentrasjonene var høye i flere dager om sommeren og høyere enn om vinteren (se kapittel 4). Dette kunne ha ført til at individet tilpasser seg ozon om sommeren, mens dette ikke kan skje om vinteren når høyere konsentrasjoner forekommer i kortere perioder.

I beregning av eksponering til svevestøv finfraksjon, ble det gitt tillegg til dem som var eksponert for; a) sigarettøyk eller b) sterk trafikk. Dette førte til at svevestøvet var den eneste komponent som ofte var høyere innendørs enn utendørs. Symptomer på ubehag viste positive sammenhenger med eksponering for svevestøv. For andre symptomer ble det derimot estimert stort sett negative sammenhenger, både for M-indiv- og M-mikro-kompresjon. Når det i regresjon var inkludert en parameter for å ta hensyn til det å være innendørs forsvant de fleste negative sammenhenger med svevestøv. Siste døgns eksponering for svevestøv (M-24h) viste samvariasjon med symptomer på nedsatt allmenntilstand og i øvre og nedre luftveier. Eksponerings-estimatet var summen av forskjellige kilder til svevestøv. Det kan tenkes at partikler fra forskjellige kilder, som fra sigarettøyk eller trafikk, har egenskaper som fører til forskjellige biologiske effekter. Enkelte effekter kommer til syne først etter lengre tid med høyere eksponering.

Det finnes både sure og alkaliske former av nitrater og sulfater. Det er de sure komponentene som er mest biologisk aktive. Et særtrekk i Grenlandsområdet er at kilden på Herøya slipper ut både nitrat, sulfat og en god del ammoniakk som kan føre til en nøytralisering av syreelementet. Nitrat og sulfat, til dels sur, er også en hovedkomponent i langtransport. Nitrat, og i mindre grad sulfat samvarierte med symptomer fra øvre og nedre luftveier og symptomer på nedsatt allmenntilstand, noe som særlig var synlig om sommeren. Faktoranalysen av målte konsentrasjoner av forskjellige komponenter tyder på at nitrattet i hovedsak skyldes utslipp fra Herøya om vinteren og med langtransport om sommeren. Konsentrasjoner av nitrat i Grenland var på samme nivå som de som ble målt hos Perry et al. (1982), hvor det var avdekket samvariasjon. Målte sulfatkonsentrasjoner derimot var lavere enn de som var målt i undersøkelsen til Frezières et al. (1982).

Klorkonsentrasjoner ble beregnet basert på grunnlag av utslipp fra en fabrikk på Herøya. Estimater bør derfor regnes som en indikator for utslipp fra fabrikkene i stedet for å representere de virkelige konsentrasjoner. Klor viste positive sammenhenger med symptomer på nedsatt allmenntilstand og på stress og tretthet, og med sjenerende lukt.

Om sommeren viste eksponering for pollen positive sammenhenger med mange helseeffektsymptomer både hos studiepopulasjonen og hos de lungesyke. Regresjonskoeffisienten var nesten to ganger høyere hos de lungesyke enn i studiepopulasjonen, noe som tyder på en lavere toleranse overfor pollen hos disse enn hos mennesker i studiepopulasjonen.

Et av undersøkelsens mål var å finne mulige effekter av interaksjoner mellom forskjellige forurensningskomponenter. Som vist i kapittel 8 var forurensninger stort sett uavhengige av hverandre hos de fleste deltakerne. Dette reduserte muligheten for å se på interaksjoner av komponentene. Frekvensfordeling av timer i forskjellige kategorier av forurensningseksponering før komprimering viste få situasjoner med mer enn en komponent klassifisert som høy (se kapittel 8, tabell 8.8).

Tidligere undersøkelser har vist at ikke alle individer er følsomme for en gitt forurensningskomponent. Det siteres ofte at mellom 5 til 15 prosent av astmatikere viser signifikante samvariasjoner mellom lav til moderat luftforurensningseksponering (ved verdiene f.eks. indikert i tabell 11.8) og helseeffekter.

Det antas at målbare effekter kan ventes ved eksponeringer til luftforurensning hos følsomme individer. Følsomme individer er de med økt mottakelighet for forurensning. Den økte mottakeligheten kan imidlertid være forårsaket av mange faktorer, for eksempel av skifte fra pusting gjennom nesen til pusting gjennom munnen, av svekket immunforsvar, av genetisk betingete egenskaper, osv. (jfr. Brunekreef et al. 1991).

Regresjonskoeffisienter ble brukt for å identifisere populasjonen som var følsom for luftforurensning. Videre prøvde man å undersøke undergrupper av studiepopulasjonen og lungesyke voksne basert på kjønn, alder, yrkeseksponering og røyking. Man klarte imidlertid ikke å identifisere noen tydelig risikogruppe basert på disse faktorer. Etter kategorisering var antall deltakere i undergruppen lite.

Selv om det foreløpig ikke var mulig å finne, ut fra våre data, noen biologisk måte å skille ut de individer eller grupper som er følsomme overfor luftforurensning generelt eller dens enkelte komponenter, er problemet av sentral betydning. Derfor ble denne gruppen definert ut fra statistisk signifikans. De deltakere som viste signifikant positiv sammenheng med enkelte luftforurensningskomponenter, ble definert som følsomme. Gruppen er definert særskilt for hvert symptom og komponent.

Denne undersøkelsen gir grunnlag for å si at opp til 38% av deltakerne som rapporterte symptomer, hadde signifikante positive sammenhenger mellom en luftforurensningskomponent og et helseeffektsymptom (se tabell 11.10). Hvis en derimot ser på det totale antall individer som hadde positive sammenhenger med minst én av luftforurensningskomponentene, uansett hvilken (ant.m.PS i tabell 11.9), øker prosenten til over 50%.

Tabell 11.9: Oversikt over antall deltakere med positiv signifikant sammenheng mellom luftforurensning og responser. Tabellen er delt etter sesong og studiegrupper. Antall deltakere med respons og estimert regresjonskoeffisienter (Ant.m resp.), antall deltakere med minst én positiv signifikant sammenheng mellom luftforurensningskomponent og respons (Ant.m. PS). Modell M-indiv er brukt, bare koeffisienter ved luftforurensningskomponenter er vurdert (syv komponenter).

	Vinter		Sommer	
	Ant.m. resp.	Ant.m. PS	Ant.m. resp.	Ant.m. PS
Responstype				
Sjener. støy				
Studiepopulasjon	40	18	23	10
Lungesyke voksne	7	4	6	5
Sjener. lukt				
Studiepopulasjon	40	17	30	11
Lungesyke barn	1		1	1
Lungesyke voksne	13	7	8	2
Sjener. industrirøyk				
Studiepopulasjon	15	8	15	8
Lungesyke barn	1	1		.
Lungesyke voksne	5	3	6	1
Hodepine				
Studiepopulasjon	163	75	107	50
Lungesyke barn	8	2	6	3
Lungesyke voksne	41	18	23	11
Svimmelhet				
Studiepopulasjon	39	10	22	8
Lungesyke barn	5		3	
Lungesyke voksne	8	1	8	2
Kvalm/uvel				
Studiepopulasjon	72	21	37	9
Lungesyke barn	6	2	5	3
Lungesyke voksne	19	10	6	4
Irriterte øyne				
Studiepopulasjon	48	22	34	16
Lungesyke barn	3	1	2	1
Lungesyke voksne	14	2	12	4
Nysing				
Studiepopulasjon	111	59	100	58
Lungesyke barn	6	5	9	7
Lungesyke voksne	28	15	27	15
Feberfølelse				
Studiepopulasjon	67	33	53	23
Lungesyke barn	2		6	4
Lungesyke voksne	15	6	13	6
Halsirritasjon				
Studiepopulasjon	163	88	103	70
Lungesyke barn	10	6	7	6
Lungesyke voksne	27	12	30	18
Hoste				
Studiepopulasjon	100	55	73	36
Lungesyke barn	10	5	10	7
Lungesyke voksne	22	11	27	14
Piping/tett i brystet				
Studiepopulasjon	41	23	32	18
Lungesyke barn	12	6	7	4
Lungesyke voksne	25	14	24	11

Tabell 11.9: forts.

	Vinter		Sommer	
	Ant.m. resp.	Ant.m. PS	Ant.m. resp.	Ant.m. PS
Responstype				
Tungpustethet				
Studiepopulasjon	56	25	35	22
Lungesyke barn	5	2	6	4
Lungesyke voksne	35	16	30	17
Muskelsmerter				
Studiepopulasjon	121	73	89	57
Lungesyke barn	5	1	.	.
Lungesyke voksne	22	13	17	9
Magesmerter				
Studiepopulasjon	81	36	44	20
Lungesyke barn	6	1	1	.
Lungesyke voksne	16	6	10	2
Nervøs/urolig				
Studiepopulasjon	38	18	28	9
Lungesyke voksne	9	4	6	4
Sliten/slapp				
Studiepopulasjon	154	80	103	52
Lungesyke barn	8	2	6	4
Lungesyke voksne	29	16	24	11

Det er vanlig i epidemiologiske undersøkelser å referere til relativ risiko eller "odds ratio". Relativ risiko i denne sammenheng er et mål for økt sannsynlighet til å rapportere symptomer av helseeffekt med økt eksponering for luftforurensning. De beregnede regresjonskoeffisienter kan brukes til å beregne relativ risiko. For å kunne gi en type dose-respons beskrivelse bruker vi de regresjonskoeffisientene gitt tidligere i dette kapitlet. Det antas at en bestemt relativ risiko er av helsemessig betydning. En relativ risiko på 1,5 ble valgt å være av helsemessig betydning. Dette representerer en økning på 50% i sannsynlighet for å rapportere et bestemt effektsymptom. Man må også velge referansenivå for forurensning, dvs et nivå som svarer til relativ risiko lik én. Man kan velge dette referansenivået i nærheten av observert 10-prosentil for eksponering (se tabell 8.9). Deretter kan vi beregne de nivåene av

Tabell 11.10: Prosent deltakere i studiepopulasjon med koeffisienter ved enkelte luftforurensninger som er signifikant større enn null (5%-nivå av to-sidig test), vinter og sommer. Antall deltakere med regresjonsestimater gis i første kolonne.

Effektvariabel	Vinter							
	Antall med symptom	SO ₂	NO ₂	O ₃	SVF	SO ₄	NO ₃	Cl _x
Sjenerende støy	40	18	5	18	18	8	13	3
Sjenerende lukt	40	8	13	10	15	5	3	13
Sjenerende industrirøyk	15	7	7	13	7	7	13	13
Hodepine	163	1	6	17	4	15	12	14
Svimmelhet	39	3	5	8	3	10	3	5
Kvalm/uvel	72	1	6	7	6	11	8	3
Øyeirritasjon	48	2	6	8	10	17	17	15
Nysing	111	5	9	15	16	26	22	9
Feberfølelse	67	7	10	7	9	24	15	12
Halsirritasjon	163	6	15	15	17	25	25	10
Hoste	100	9	6	17	14	23	18	13
Piping/tett bryst	41	12	10	24	15	15	12	15
Tungpustethet	56	9	11	11	14	13	9	11
Muskelsmerter	121	8	14	24	14	29	15	17
Magesmerter	81	5	6	12	4	23	7	10
Nervøs/urolig	38	5	11	16	3	24	13	21
Sliten/slapp	154	5	10	14	13	22	18	14

Effektvariabel	Sommer							
	Antall med symptom	SO ₂	NO ₂	O ₃	SVF	SO ₄	NO ₃	Cl _x
Sjenerende støy	23	13	9	4	30	4	17	4
Sjenerende lukt	30	7	10	13		10	10	10
Sjenerende industrirøyk	15		13	7	7	13	20	20
Hodepine	107	3	7	17	11	15	21	7
Svimmelhet	22		9	5	5	14	27	
Kvalm/uvel	37		5	5	5	8		8
Øyeirritasjon	34		12	12	6	24	12	9
Nysing	100	5	12	14	5	27	25	9
Feberfølelse	53	6	4	6	4	15	21	9
Halsirritasjon	103	12	9	26	8	38	36	4
Hoste	73	10	12	22	5	26	21	7
Piping/tett bryst	32	16	6	6	6	19	25	6
Tungpustethet	35	14	20	14	11	29	9	11
Muskelsmerter	89	7	18	11	12	33	15	10
Magesmerter	44	9	5	7	5	16	18	2
Nervøs/urolig	28	11	4	4		11	11	7
Sliten/slapp	103	10	12	9	4	23	14	6

eksponering for de forskjellige luftforurensningskomponenter som er nødvendig for å nå denne relative risikoen på 1,5. For hver komponent er denne eksponeringsverdi basert på den største signifikante positive koeffisient innen hver symptomgruppe for studiepopulasjon (se tabell 11.2 til 11.6). Beregnete eksponeringsnivåer er oppsummert i tabell 11.11 og figur 11.13.

Som vist i del a) av tabellen 11.11 kan eksponeringsverdier for SO_2 og NO_2 under anbefalte retningslinjer føre til en 50% økning i relativ risiko for rapportering av symptomer fra de øvre og nedre luftveiene for hele studiepopulasjonen. Svevestøv i kolonnen for symptomer for ubehagsfølelse ligger rundt retningslinjene for luftkvalitet, og for nitrat er de beregnete verdiene i to grupper symptomer innenfor de verdiene som er målt i Grenlandsområdet.

For de samvariasjoner som er vist i tabell 11.11 del a) beregnet vi også for den følsomme gruppen det forurensningsnivå som fører til 50% økt risiko for å rapportere symptomene i tabell 11.11b. Det fremgår av sammenlikning mellom a) og b) at nivåer som førte til økt risiko er mye lavere i den "følsomme" gruppen. Imidlertid står både definisjon av "følsomme" individer og av referansenivåer nokså sentralt i disse beregninger.

Denne undersøkelsen gir grunnlag for å si at rapportering av subjektive helseeffektsymptomer er knyttet til konsentrasjoner av nitrat og sulfat, og til en viss grad ozon, NO_2 , SO_2 . Samvariasjon mellom helseeffekter og disse komponenter har også vært implisert i andre undersøkelser (se 11.2.3).

Tabell 11.11: Beregnete konsentrasjoner av eksponering for luftforurensninger som er knyttet til med relativ risiko på 1,5 for å registrere et gitt symptom. Referansenivå av forurensning (representativ for relativ risiko lik 1) er gitt i siste kolonne. Beregningene for hver komponent var basert på den største koeffisienten som var signifikant positiv i hver gruppe av effektvariabler.

- a) beregnede konsentrasjoner for deltakere med symptomer
 b) beregnede konsentrasjoner for deltakere med signifikant sammenheng mellom luftforureningskomponent og effektvariablen ("følsomme" individer).

a)	Grupper av effektvariabler					Referansenivå for eksponering	
	Luftforureningskomponent	Ubehagsfølelse	Uspesifikke tegn på nedsatt allmentilstand	Symptomer fra øvre luftveier	Symptomer fra nedre luftveier		Symptomer relatert til stress
SO ₂ (µg/m ³)					40		5
NO ₂ "				42		229	5
O ₃ "	199			#	#		5
SVF "	64						5
SO ₄ "				1051			0,5
NO ₃ "	0,7	1,7		15			0,1
Cl _x "		15,5					1
Pollen (ant.)	2,6	3,5			10	3,2	0

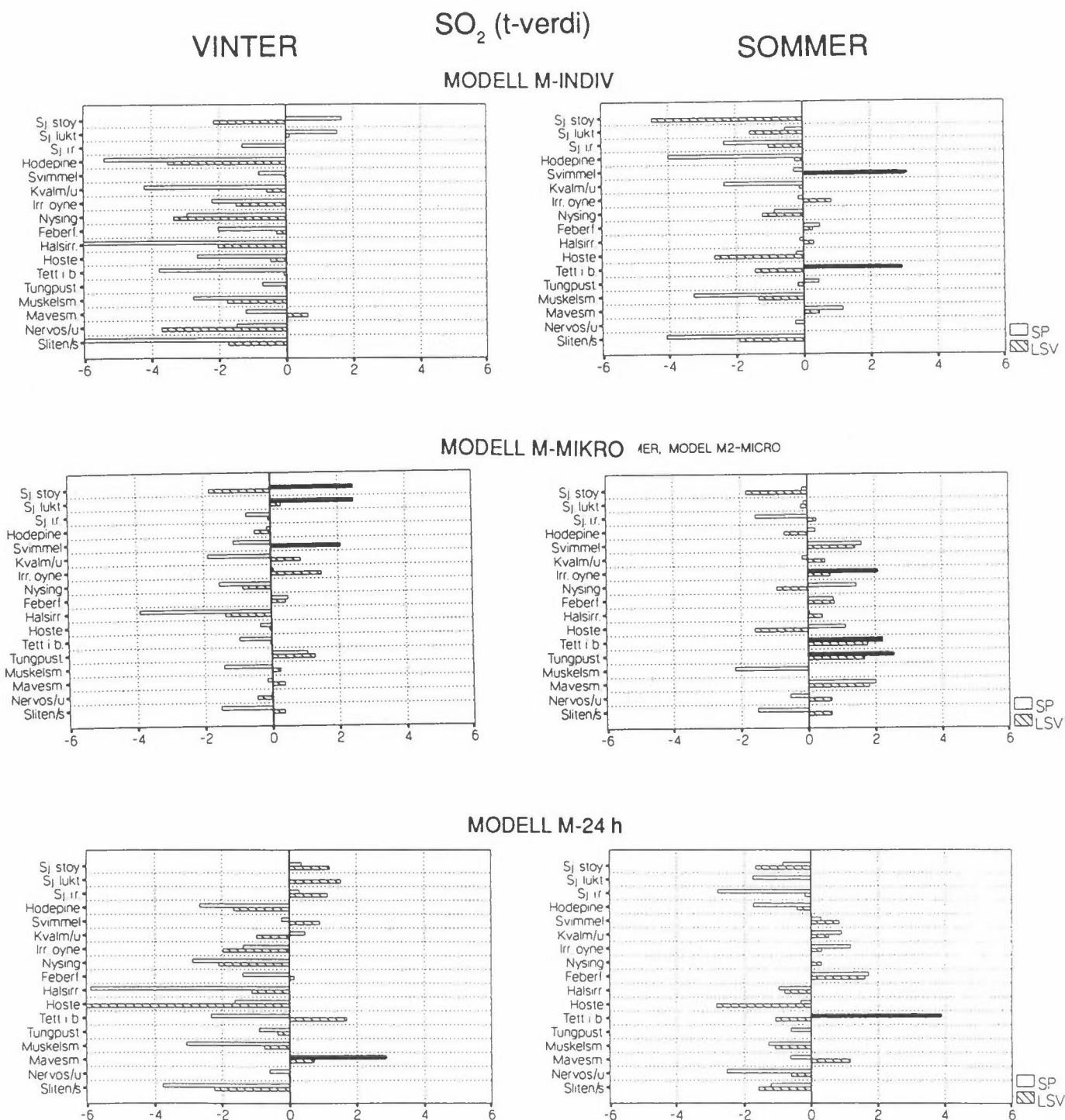
b)	Grupper av effektvariabler					Referansenivå for eksponering	
	Luftforureningskomponent	Ubehagsfølelse	Uspesifikke tegn på nedsatt allmentilstand	Symptomer fra øvre luftveier	Symptomer fra nedre luftveier		Symptomer relatert til stress
SO ₂ (µg/m ³)					7		5
NO ₂ "				6		7	5
O ₃ "	27			19	29		5
SVF "	6						5
SO ₄ "				0,7			0,5
NO ₃ "	0,2	0,3		0,3			0,1
Cl _x "		2,4					1
Pollen (ant.)	1,5	1,6			1,5	1,5	0

Overstiger høyeste observerte konsentrasjonsverdier.

Beregningsmåten for eksponeringsverdi X i tabellen:

(Relativ risiko lik 1,5, referansenivå R, regresjonskoeffisient β)

Forurensningene: $X = \exp((\ln 1,5)/\beta + \ln R)$ Pollen: $X = (\ln 1,5)/\beta + R$



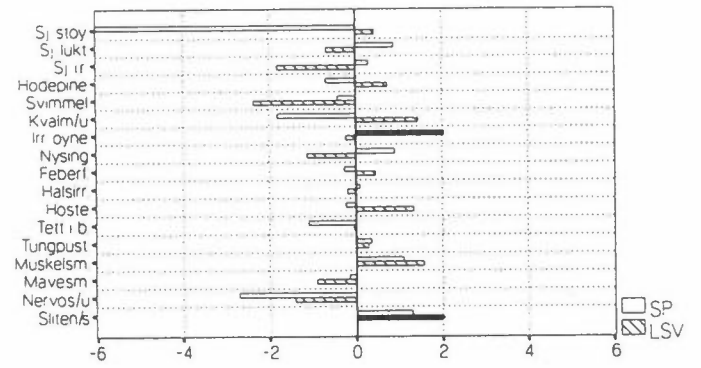
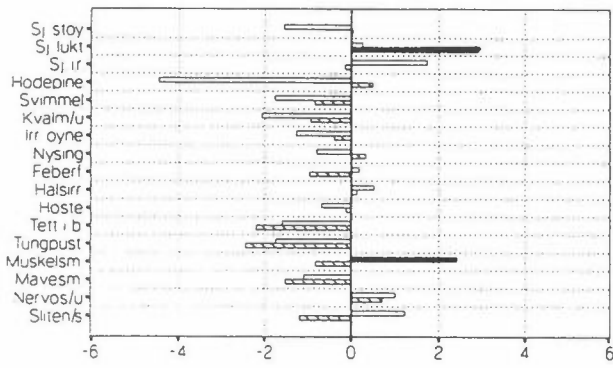
Figur 11.12: Grafisk fremstilling av t-verdier ved luftkomponentene for alle effektvariabler, etter undersøkelses sesong (vinter, sommer) og undersøkelsespopulasjon (SP: studiepopulasjon, LSV: lungesyke voksne). t-verdiene svarer til gruppekoeffisientestimer i modellenen M-indiv, M-mikro og M-24h. Søyer for t-verdier som i absolutt verdi er større enn to er svartlagt som i fremheve effektvariable som viser signifikant sammenheng med luftkomponent.

NO₂ (t-verdi)

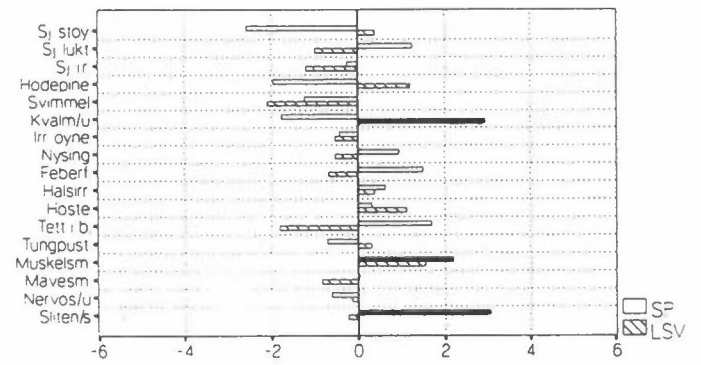
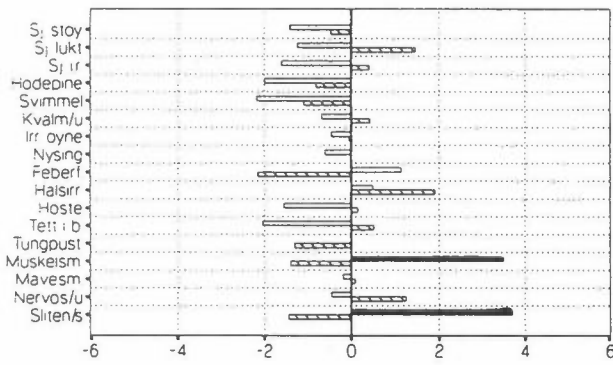
VINTER

SOMMER

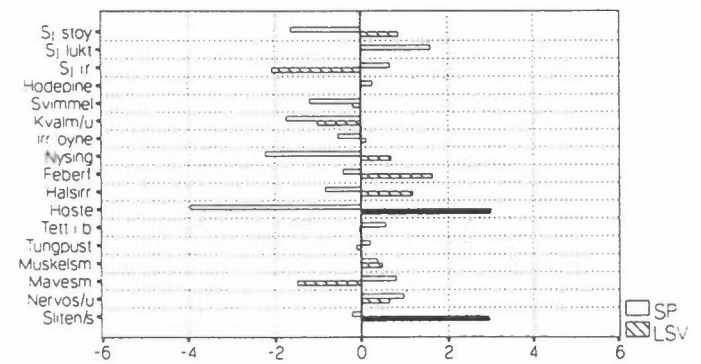
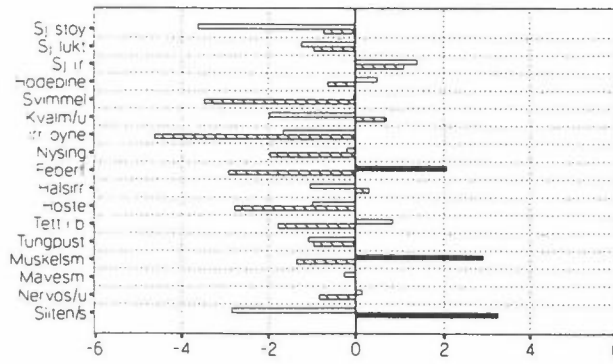
MODELL M-INDIV



MODELL M-MIKRO



MODELL M-24 h



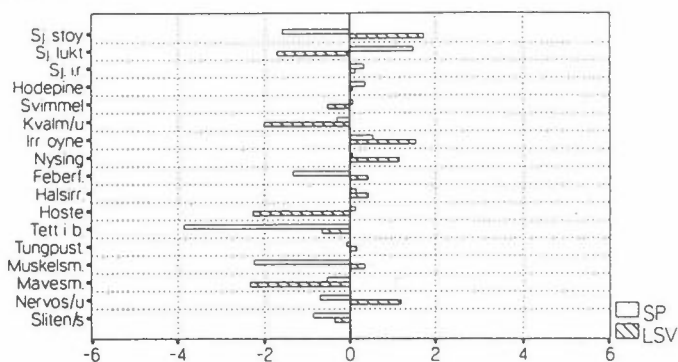
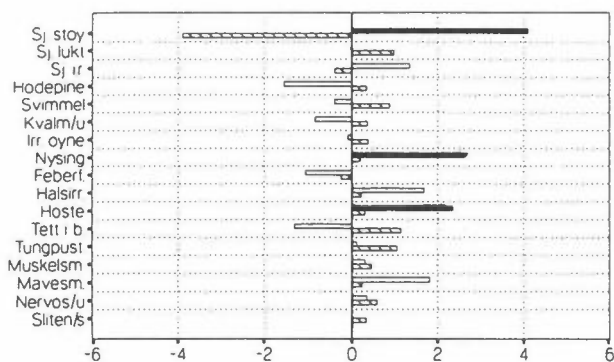
Figur 11.12 forts.

O₃ (t-verdi)

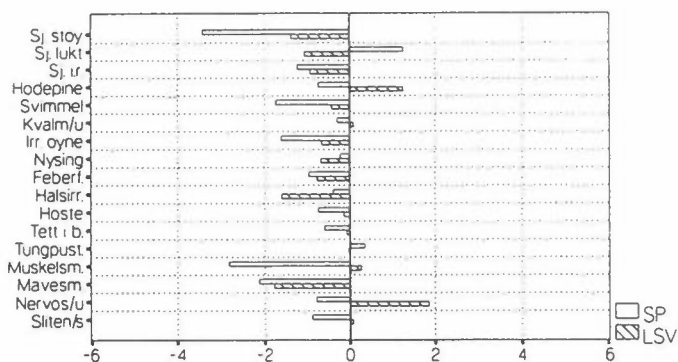
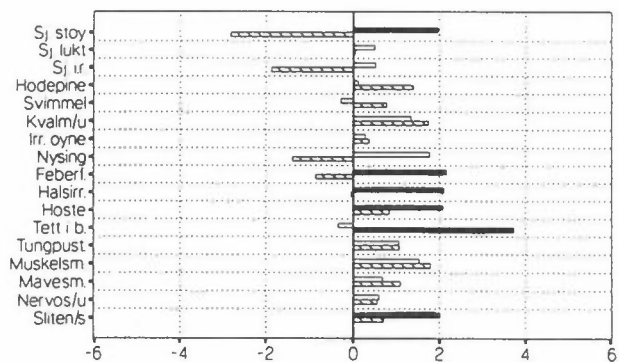
VINTER

SOMMER

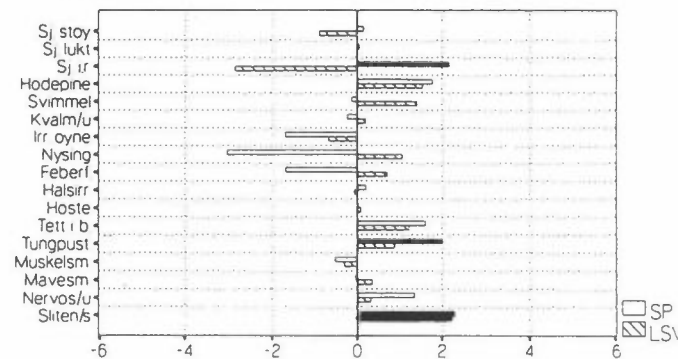
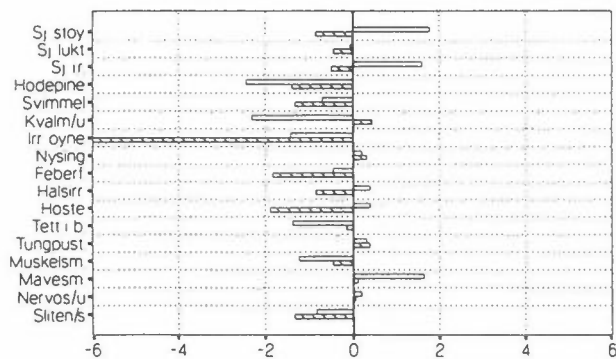
MODELL M-INDIV



MODELL M-MIKRO



MODELL M-24 h



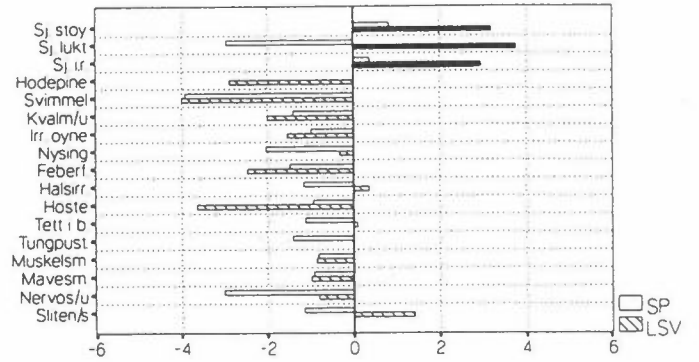
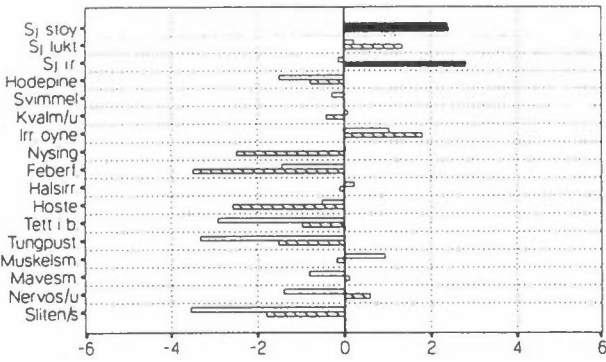
Figur 11.12 forts.

Svevestøv, fin fr. (t-verdi)

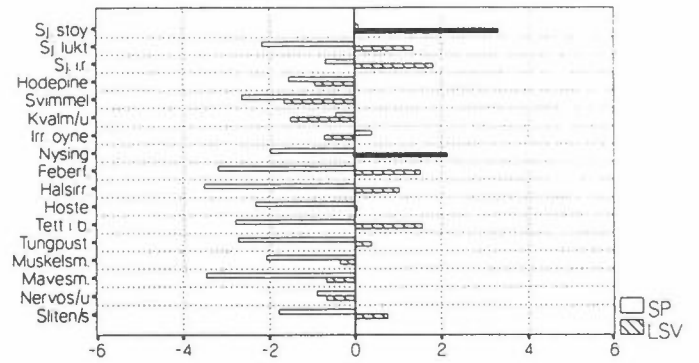
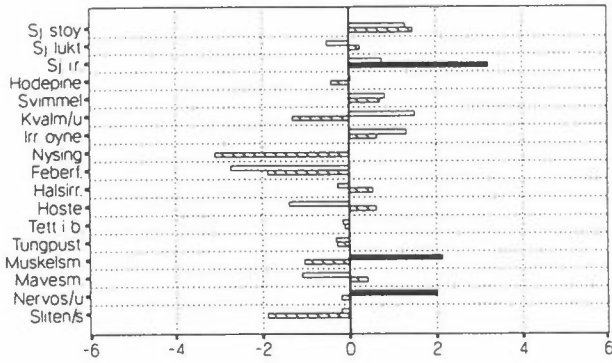
VINTER

SOMMER

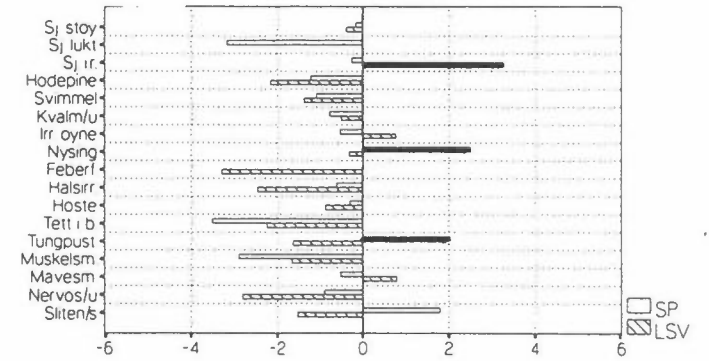
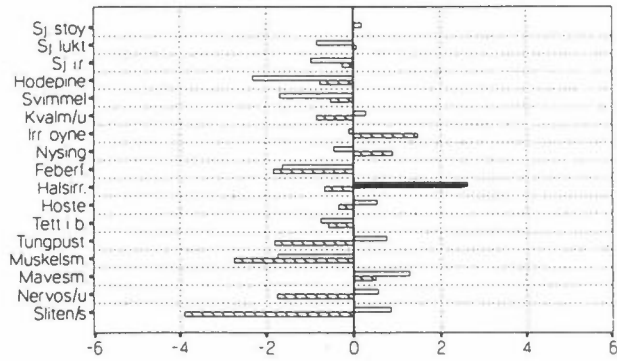
MODELL M-INDIV



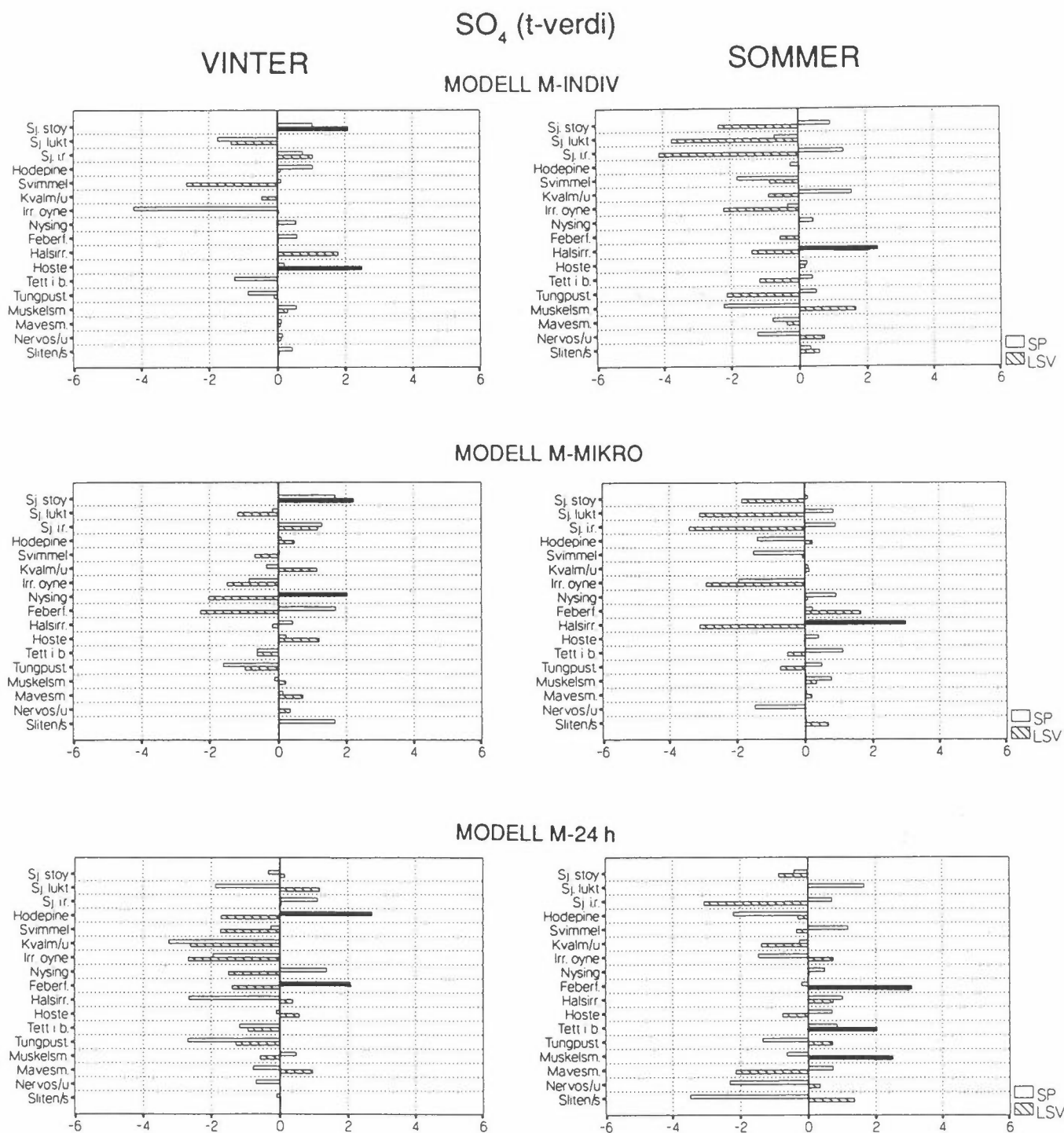
MODELL M-MIKRO



MODELL M-24 h



Figur 11.12 forts.



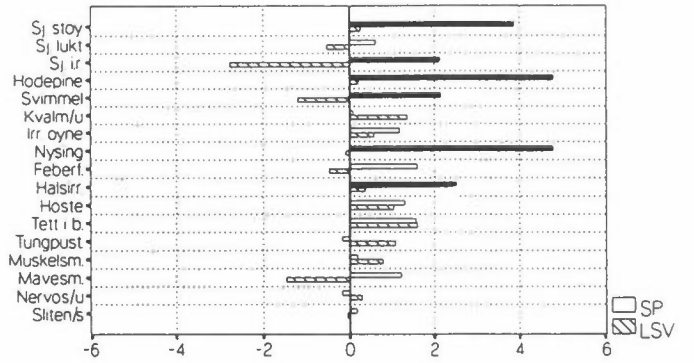
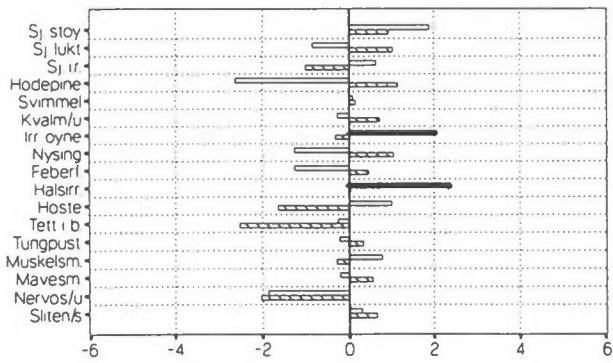
Figur 11.12 forts.

NO₃ (t-verdi)

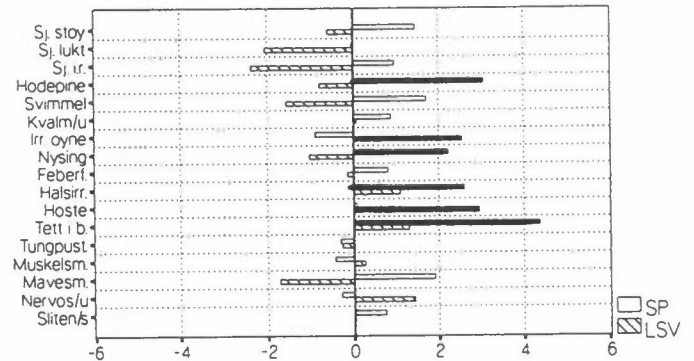
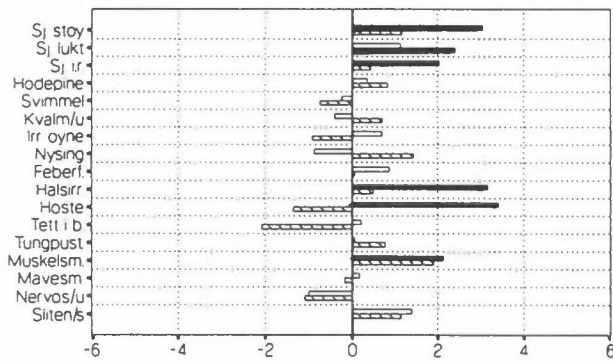
VINTER

SOMMER

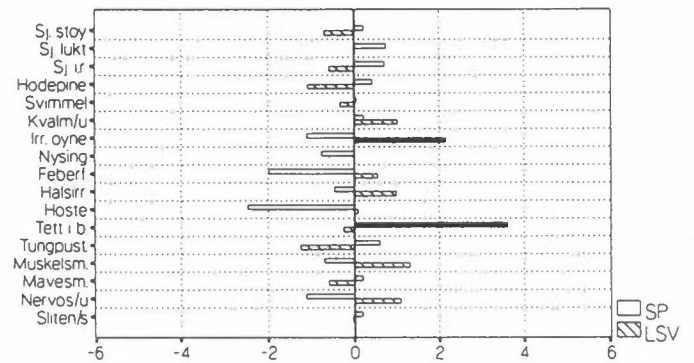
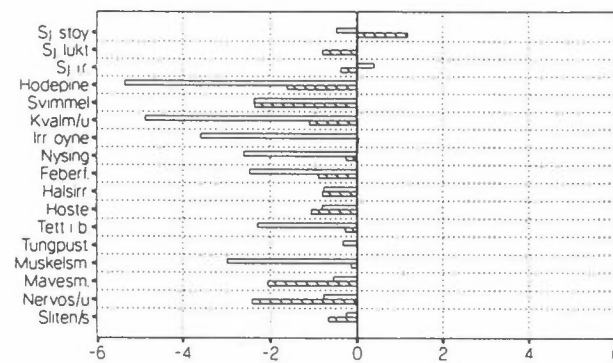
MODELL M-INDIV



MODELL M-MIKRO



MODELL M-24 h



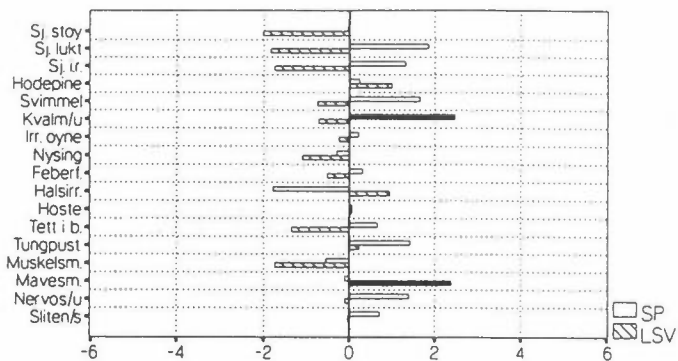
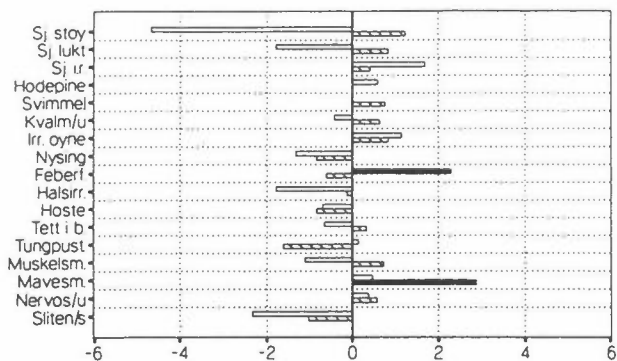
Figur 11.12 forts.

Clx (t-verdi)

VINTER

SOMMER

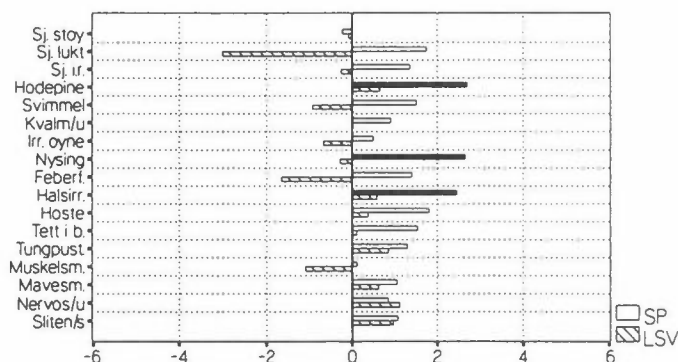
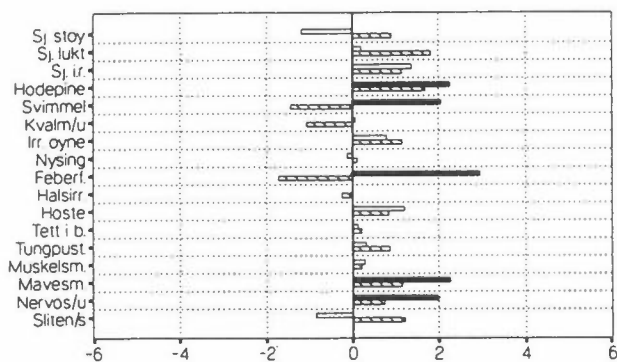
MODELL M-INDIV



t-verdi

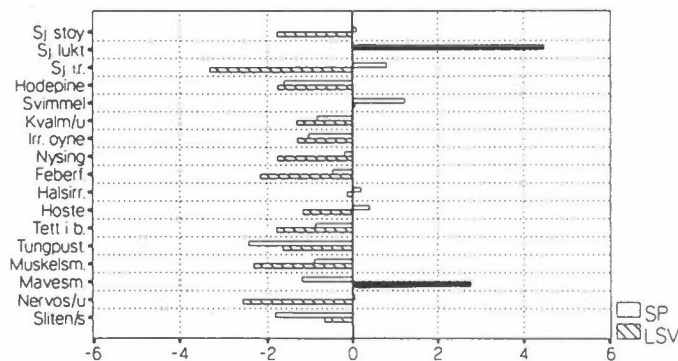
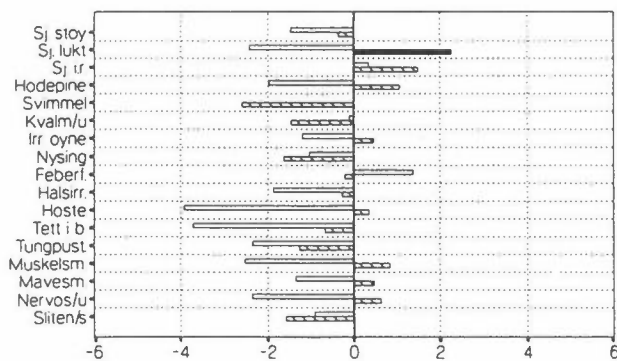
MODELL M-MIKRO

DEL M2-MICRO



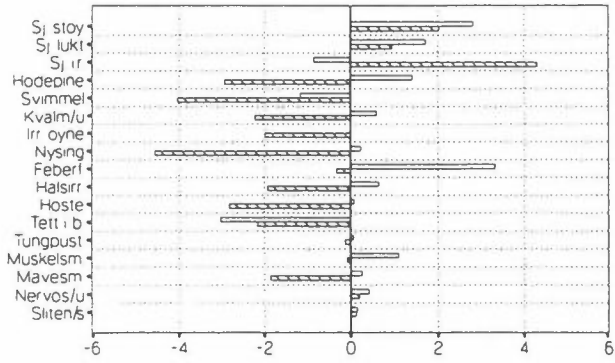
t-verdi

MODELL M-24 h



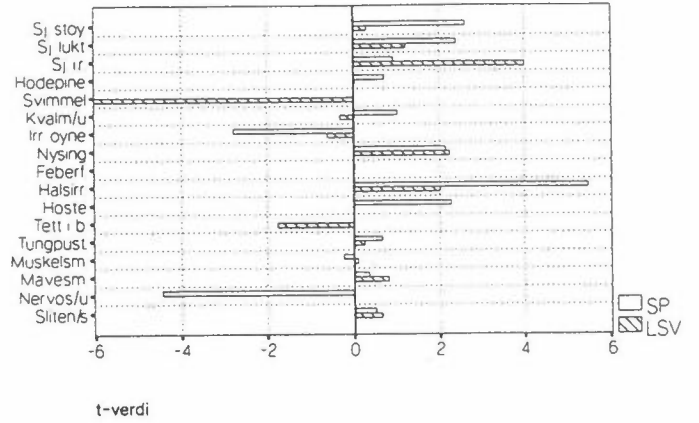
Figur 11.12 forts.

Min. temperatur (t-verdi)
VINTER

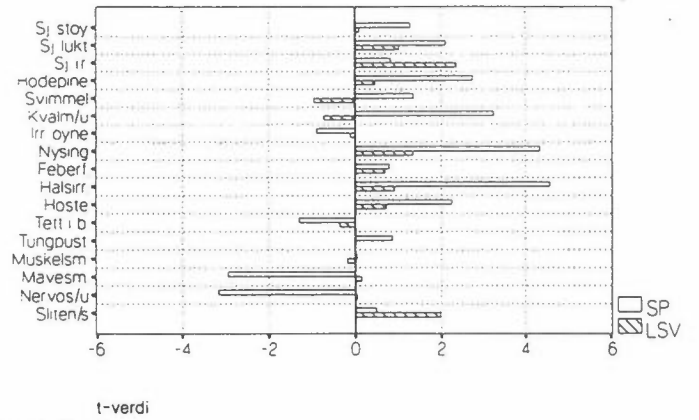
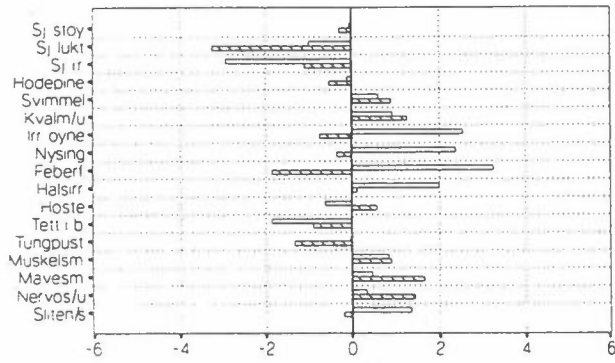


Rel. fuktighet (t-verdi)
VINTER

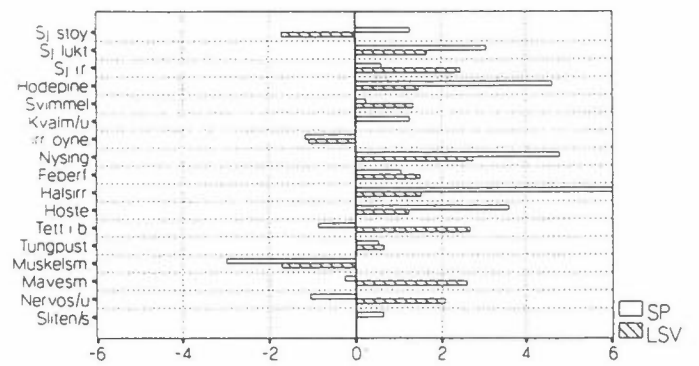
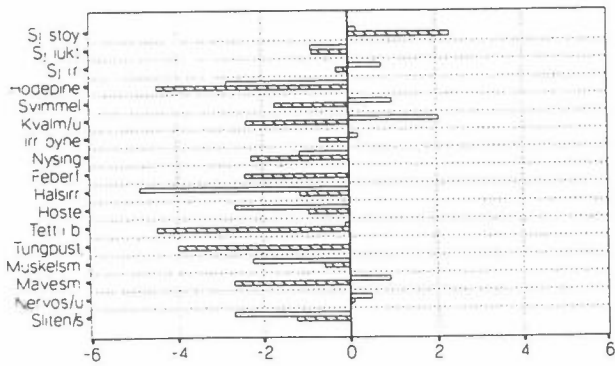
MODELL M-INDIV



MODELL M-MIKRO



MODELL M-24 h

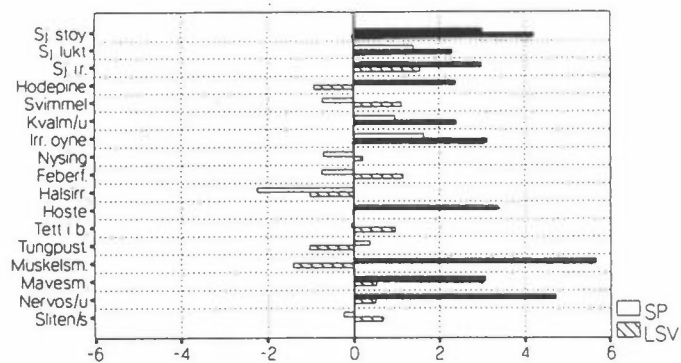
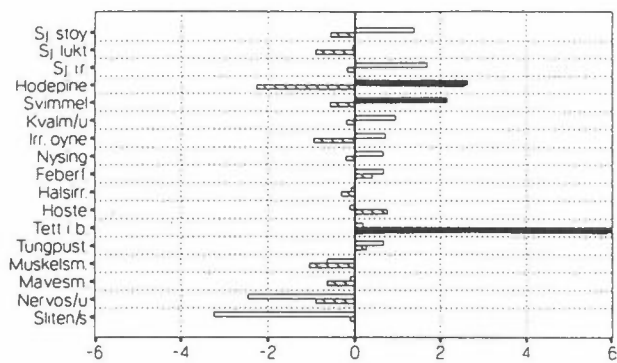


Figur 11.12 forts.

Bjerkepollen (t-verdi)
SOMMER

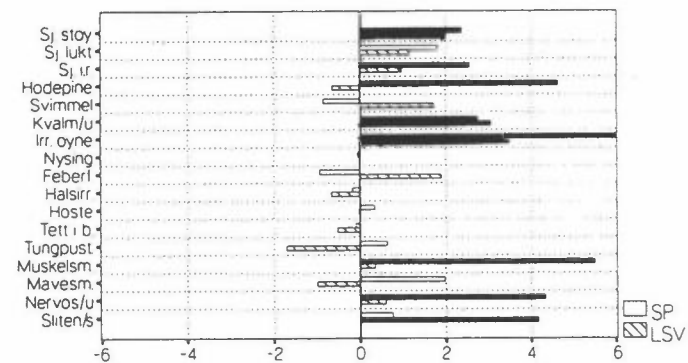
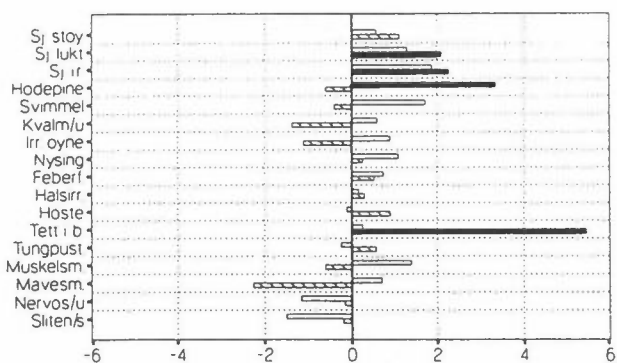
Gresspollen (t-verdi)
SOMMER

MODELL M-INDIV

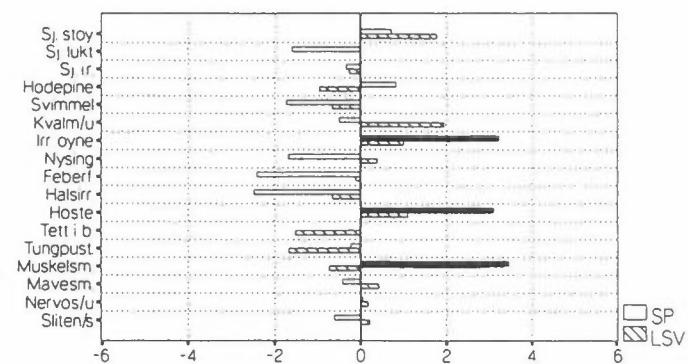
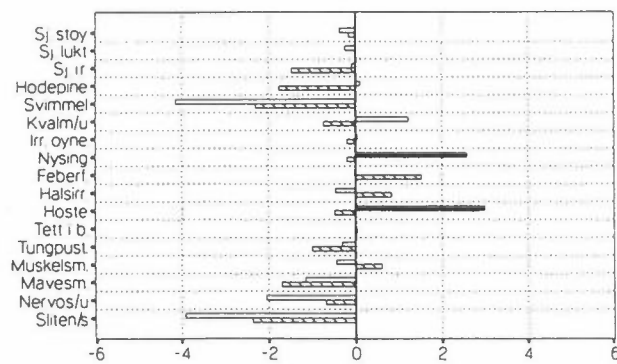


t-verdi

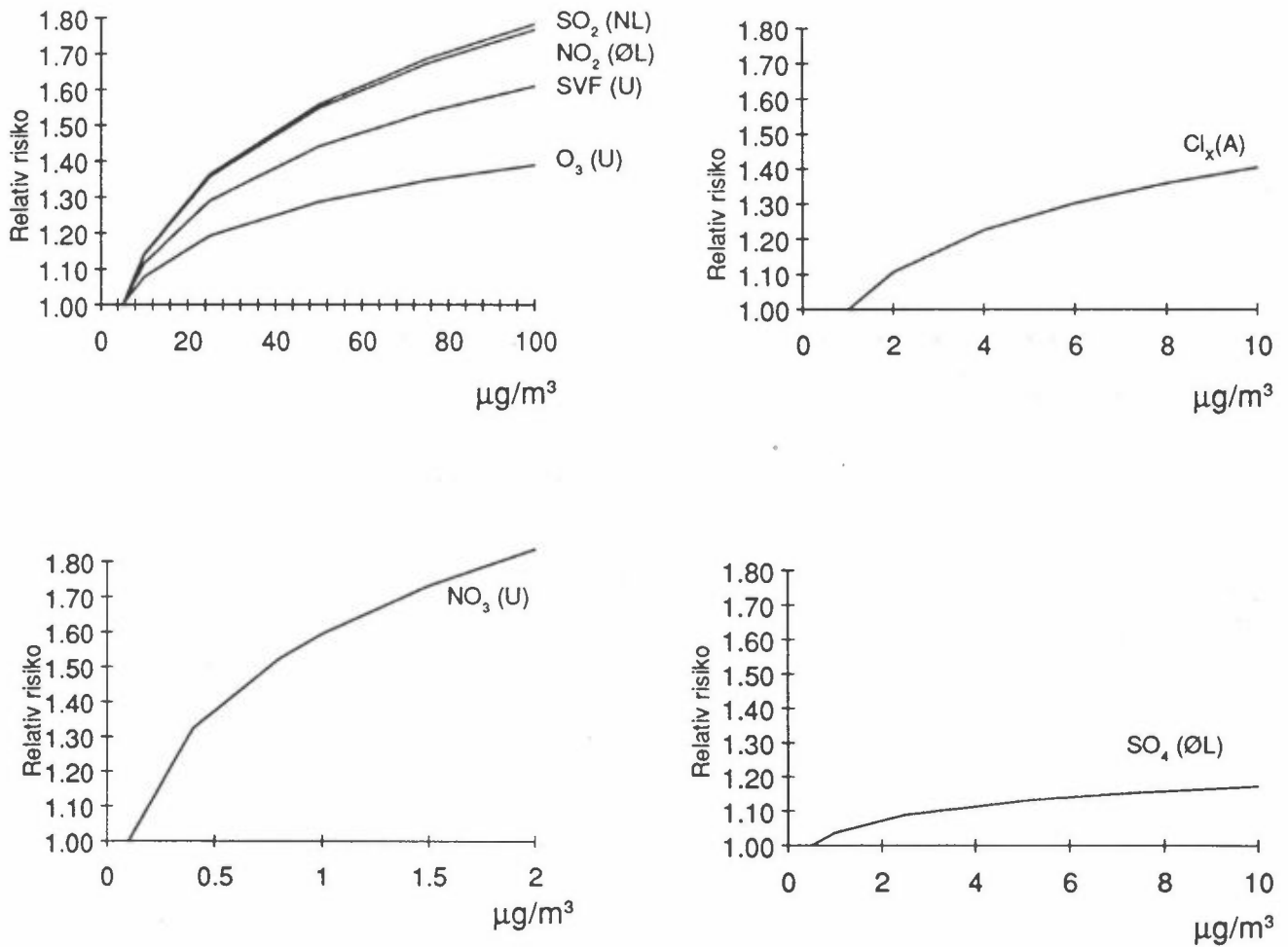
MODELL M-MIKRO



MODELL M-24 h



Figur 11.12 forts.



Figur 11.13: Største observerte relative risiko for å rapportere enkeltsymptomer (maksimum over alle symptomer). Maksimum ble funnet i disse grupper:
 A : symptomer for nedsatt allmenntilstand
 ØL: symptomer for øvre luftveier
 NL: symptomer for nedre luftveier
 U : symptomer på ubehag.

11.9 KONKLUSJON

Grenlandsområdet har en relativt unik luftforurensningssituasjon når det sammenliknes med områder undersøkt i andre tidligere publiserte studier. På grunn av bidrag fra flere geografisk adskilte kilder, kan flere luftforurensningskomponenter vise til dels høye konsentrasjoner uavhengig av hverandre. SO_2 -nivåene skyldes stort sett utslipp fra en industriell kilde i Skien, mens klor kom fra en industriell kilde i Porsgrunn. Nitrat og sulfat kom både fra en industriell kilde i Porsgrunn og fra langtransport. Ozon var som oftest knyttet til langtransportperioder, mens NO_2 var mest forbundet med trafikkforurensning. Forholdet mellom utendørs og innendørs forurensningsnivåer ble tatt hensyn til gjennom et nokså omfattende måleprogram.

Luftforurensningskomponenter fra hver av hovedkildene i området synes å vise sammenhenger med selvrapporterte symptomer på helseeffekter. Industrielle utslipp (som fører til SO_2 -, klor- og nitrateksposering), bil- og båttrafikkutslipp (som gjenpeiles i NO_2 -eksposering) og langtransport (som bidrar til nitrat-, sulfat- og ozoneksposering) viste alle sammenhenger med økt rapportering av indikasjoner på helseeffekter. Det ble ikke funnet samvariasjon mellom alle komponenter og alle helseindikatorer. De mest tydelige sammenhengene var mellom ozon (om vinteren) og nitrat (begge sesonger) og rapportering av symptomer fra de øvre og nedre luftveier.

Disse sammenhenger ble antydnet selv om eksponeringskonsentrasjonene stort sett var under angitte retningslinjer for luftkvalitet. Konsentrasjonene av luftforurensninger i området i undersøkelsesperioden var oftest lave i løpet av de valgte måleperiodene.

Studiepopulasjonen viser flere assosiasjoner mellom luftforurensningseksposering og rapportering av indikatorer på helseeffekt enn de lungesyke voksne. Denne gruppen av lungesyke var muligens ikke ensartet nok for å oppdage effekter p.g.a. lite

stringente utvelgelseskriterier. Medisinforbruk kunne også ha skjermet effekter i denne gruppen. Konklusjonen omfatter derfor bare studiepopulasjonen.

Statistiske analyser av selv-rapporterte opplysninger om symptomer viser om vinteren en sammenheng mellom symptomer fra de øvre luftveier og nitrat. Om sommeren tyder data på en sammenheng mellom nitrat og ubehagsfølelse, symptomer fra øvre og nedre luftveier, og tegn på mulig nedsatt allmenntilstand.

Tegn på mulig nedsatt allmenntilstand om vinteren og symptomer fra øvre luftveier om sommeren synes å være assosiert med sulfat.

Symptomer på ubehagsfølelse fra øvre luftveier viste i begge sesonger sammenheng med finfraksjonen av svevestøv. Om sommeren symptomer fra nedre luftveier også samvarierte med svevestøvet.

Symptomer i nedre luftveier om sommeren viser en viss samvariasjon med svoveldioksid.

Nitrogenoksider synes om vinteren å være forbundet med uspesifikke tegn på nedsatt allmentilstand og symptomer som stress, og om sommeren med symptomer fra øvre og nedre luftveier.

Om vinteren synes ozon å samvariere med symptomer fra både øvre og nedre luftveier, og om sommeren med symptomer fra nedre luftveier, tretthet og ubehagsfølelse.

Klor synes å være forbundet med tegn på nedsatt allmentilstand begge sesonger.

I tillegg var det utslag på alle helseparametere fra pollen om sommeren.

I resultatene som er funnet ser det ut til å være en gruppe individer som har en signifikant sammenheng mellom symptomforekomst og eksponering for luftforurensning. Disse individer kan

betraktes som mer følsomme enn andre for luftforurensningen i Grenland. Samlet utgjør de fra én til femten prosent av studiepopulasjonen, avhengig av effektvariabel og forurensningsstoff. Videre arbeid er nødvendig for å kunne beskrive denne gruppen mer tilfredsstillende.

Ved å bruke gjennomsnittet av regresjonskoeffisienter kan en regne ut det eksponeringsnivået for luftforurensning som forbindes med en helseeffekt. For å karakterisere denne effekten ble det valgt en 50% økning av sjansen for å registrere et symptom.

Nivåene som er forbundet med denne økningen er beregnet for de forskjellige forurensninger. Hele populasjonen og de spesielt følsomme personene er studert, og de beregnede nivåene (konsentrasjonene) er sammenliknet med norske og internasjonale forslag til retningslinjer for luftkvalitet.

Resultatene viser at det registreres visse symptomene spesielt for den følsomme gruppen allerede på eksponeringsnivåer en del under de anbefalte retningslinjer.

12 VIRKNINGER AV LUFTFORURENSNINGER PÅ OBJEKTIVE HELSE-PARAMETERE

S.O. Samuelsen, G. Bjercknes-Haugen, J. Clench-Aas, A. Bartonova, N.L. Hjort, L.S. Bakketeig

12.1 INNLEDNING

De daglige PEF-målingene står på mange måter i en mellomstilling mellom de subjektivt rapporterte plagene og resultatene av 14-dagers kontrollene. På den ene side er de selvrapporterte, men på den andre side bør de regnes som objektive variable ettersom verdiene gjelder registrering av en lungefunksjonsparameter. Verdiene er direkte relatert til lungefunksjon, men PEF-målinger er noe mindre spesifikke enn FVK og FEV_{1.0}, som begge måler lungevolument direkte. PEF er et mål for største luftstrøms hastighet og i så måte et uttrykk for ventilatorisk kapasitet.

Når slimhinnene i luftveiene utsettes for påvirkning av irriterende stoffer, kan det etter lang tid dannes både sekret (slim) og ødem (hevelse). Irriterende stoffer kan også utløse sammen trekning av muskulaturen i luftrørsforgreiningene. Disse virkningene kan føre til at passasjeåpningen i luftrøret innsnevres og derved redusere luftstrømmen. PEF-målingene er foretatt fire ganger om dagen, og dette antas å være tilstrekkelig hyppig til at man kan bedømme mulige straks virkninger av luftforurensning på lungefunksjon. Det er også mulig å gjennomføre en analyse, analogt med den i kapittel 11, i to trinn: (1) Individuelle analyser av effekt, på den måte at hver enkelt person fungerer som sin egen kontroll; (2) Analyse av effektvariable eller respons på populasjonsnivå av de individuelle resultatene i trinn (1).

I dette kapitlet gjøres det rede for resultater fra analyser av sammenhengen mellom luftforurensning og selvrapportert PEF. Luftforurensningen i timen før PEF-målingen er brukt som eksponering. Analysene som presenteres er multivariate, dvs. at ef-

fekten av flere faktorer studeres samtidig. På samme måte som for de subjektive plagene kan man vente avhengighet mellom påfølgende PEF-målinger, dvs. seriekorrelasjon. Dette problemet er angrepet ved å benytte PEF-verdi for gårsdagen og to dager tilbake som uavhengige variable. Andre faktorer som er trukket inn i analysen er tiden på døgnet, tid siden oppvåkning, dagsform, ute-temperatur, røyking og passiv røyking.

12.2 STATISTISK METODE

Den statistiske analysen er gjennomført i to trinn, analogt med Korn-Whittemore-modellen.

- (1) En lineær regresjonsmodell på individnivå der man trekker inn luftforurensningsvariablene en time før PEF-målingen, røyking, passiv røyking, temperatur, tid på døgnet og gårsdagens PEF som forklaringsvariable, er benyttet.
- (2) For hver person får man et sett av parameterestimer fra regresjonene, tilhørende t-verdier, etc. Det testes om senteret i fordelingen av t-verdiene ligger over null med tegntester og Wilcoxon-tester. Forkastning av disse testene indikerer effekt av de uavhengige variablene. Disse testene kan også utføres innen subgrupper av deltakerne, f.eks. i studiepopulasjonen, voksne med kjent lungesykdom og barn med kjent lungesykdom, eller i kategorier av medisinbrukere. Man kan videre beregne størrelsen av effekten kvantitativt for alle individer eller i subgrupper.

Den statistiske analysen avviker i noen grad fra Korn-Whittemore-modellen. For det første bygger Korn-Whittemore på logistisk regresjon i trinn (1). Dette var unaturlig i denne situasjonen fordi PEF-målinger er kontinuerlige. Tilsvarende trinn består (2) i Korn-Whittemore av en mer formell varianskomponentanalyse. Vår innfallsport er noe enklere, men likevel klart i tråd med hovedtrekkene i Korn-Whittemore-modellen. Ikke-para-

metriske metoder brukes, da disse har den fordel at ekstreme verdier får liten effekt.

Seriekorrelasjonen er ivaretatt ved at PEF-målingene for gårsdagen trekkes inn som uavhengige variable. En mer formell tidsseriemodell kunne ha vært å foretrekke spesielt hvis man ønsker å studere seriekorrelasjon i PEF. Det synes imidlertid usannsynlig at effekten av forurensning og andre risikofaktorer kan ha blitt visket ut ved vår noe intuitive tilnærming.

I trinn (2) gjøres det ikke-parametriske tester på de estimerte regresjonsparametrene eller mer korrekt på deres t-verdier. t-verdien til en parameter β_i for individ nr. i er gitt ved

$$T_i = \hat{\beta}_i / \text{sd}(\hat{\beta}_i)$$

der $\hat{\beta}_i$ er estimatet for β_i og $\text{sd}(\hat{\beta}_i)$ standardfeilen i dette. Vi har at variansen til T_i ,

$$\text{Var}(T_i) = \text{Var}(\hat{\beta}_i) / \text{sd}(\hat{\beta}_i)^2 = 1 ,$$

dvs. t-verdiene har samme varians for alle individer. Videre vil t-verdiene under nullhypotesen (at det ikke er noen effekt av den uavhengige variabelen) ha ventet verdi lik 0. Det er et poeng for benyttelse av Wilcoxon-testen at størrelsen man studerer kommer fra den samme fordelingen. Ved å se på t-verdiene har man i hvert fall garantert at de to første momentene er like.

Den første av de to testene vi benytter er tegntesten. Der teller man opp antall positive og negative t-verdier og ser om antallet avviker i så stor grad fra halvparten at man ikke kan tilskrive avviket tilfeldigheter. For benyttelse av tegntesten spiller det ikke noen rolle om man ser på t-verdier eller parameterestimaterne siden disse har samme fortegn. Derimot, når man bruker Wilcoxon-testen, som baserer seg på rangeringen av absoluttverdien av størrelsene, er det viktig å benytte t-verdiene.

Hvis således mange t-verdier er litt mindre enn 0, mens alle de store absoluttverdiene av t-verdiene kommer fra positive t-verdier, vil Wilcoxon-testen avdekke en effekt av den avhengige variabelen som tegntesten ikke ville ha avdekket. Wilcoxon-testen gir generelt sett større utsagnskraft enn tegntesten.

For å få estimater på populasjonsnivå av effekten av en avhengig variabel for PEF-verdien, har vi gått fram på følgende måte.

Det regnes ut et veid gjennomsnitt $\hat{\beta}$ av $\hat{\beta}_i$ -ene der vektene er, med $v_i = \text{Var}(\hat{\beta}_i)$,

$$W_i = (1 / v_i) / \sum_{i=1}^n (1 / v_i).$$

Variansen til estimatoren $\hat{\beta}$ er gitt ved

$$\text{Var}(\hat{\beta}_{(2)}) = 1 / \sum_{i=1}^n w_i.$$

Dermed er det mulig å ta hensyn til at noen personer har gjort færre PEF-målinger enn andre og at noen personer kan ha større variasjon i PEF eller avhengige variable.

Etter å ha gjort de individuelle regresjonene, har vi konstruert en individorientert fil med alle regresjonsresultatene. Det var dermed enkelt å gjøre alternative grupperinger av deltakerne for å se hvordan effekten av de avhengige variabelene er i ulike subgrupper. Problemet i så måte består bare i at subgruppene raskt blir små, og at man derfor ikke er i stand til å luke trender ut fra tilfeldig støy.

Vi presenterer resultater på to ulike sett av subgrupper. Den ene er oppsplittingen i studiegrupper: Studiepopulasjonen, voksne med kjent lungesykdom og barn med kjent lungesykdom beskrevet i kapittel 3.

Den andre oppsplittingen i grupper går på forbruk av lunge- medisiner. Individene i undersøkelsen oppga medisinformbruk på to måter:

- 1) Fastmedisinering på omslaget til dagbokskjemaet.
- 2) Medisiner tatt hver enkelt dag på baksiden av hvert enkelt dagbokskjema.

Lungemedisinene er for enkelthets skyld delt inn i 2 grupper: Steroider og andre lungemedisiner. Hvis en person har brukt steroider (oppgitt på omslaget eller mer enn 1 gang på dagbokskjemaene) klassifiseres personen som steroidebruker. Hvis personen aldri har brukt steroider, men har oppgitt bruk av annen lungemedisin (på omslaget eller mer enn 1 gang på dagbokskjemaene) klassifiseres personer som bruker av annen lunge- medisin. Personer som ikke har oppgitt bruk av lungemedisin plasseres i en tredje kategori.

Tabell 12.1 viser hvordan medisinkategoriseringen fordeler seg etter de tre studiegruppene.

Tabell 12.1: Fordeling av medisinkategorier i studiegruppene.

	Steroider	Annen lungemedisin	Ingen lungemedisin	Totalt
Studiepopulasjonen	6	8	275	289
Voksne med kjent lungesykdom	37	11	12	60
Barn med kjent lungesykdom	7	5	4	16
Totalt	50	24	291	365

12.3 REGRESJONSMODELLEN

En serie på ialt 16 modeller som atskiller seg på hvilke variabler som er i modellen, på om noen variabler er logaritme-transformert og separate analyser på sommer- og vinterperiodene, ble analysert, men kun den som ble antatt å være best ut fra en total vurdering, presenteres i denne rapporten.

De ulike regresjonsmodellene ga bare marginale forskjeller.

I den rapporterte regresjonsmodellen er følgende variabler med:

- 1) Estimert CO-eksponering timen før PEF-målingen.
- 2) Estimert Cl_x-eksponering timen før PEF-målingen.
- 3) Estimert O₃-eksponering timen før PEF-målingen.
- 4) Estimert SO₂-eksponering timen før PEF-målingen.
- 5) Estimert NO_x-eksponering timen før PEF-målingen.
- 6) Estimert svevestøveksponering timen før PEF-målingen.
- 7) Estimert SO₄-eksponering timen før PEF-målingen.
- 8) Estimert NO₃-eksponering timen før PEF-målingen.
- 9) Antall sigaretter røykt timen før PEF-målingen.
- 10) Indikator for eksponering for passiv røyking timen før PEF-målingen.
- 11) Temperatur timen før PEF-målingen.
- 12) Gårsdagens gjennomsnittlige PEF-verdi.
- 13) Indikator for morgen, dvs. klokkeslett mindre enn 10, da PEF-målingen er foretatt.
- 14) Indikator for kveld, dvs. klokkeslett større enn 19, da PEF-målingen er foretatt.
- 15) Selvrappertert dagsform, skala fra 1 (dårlig) - 5 (utmerket).
- 16) PEF-måling foretas på tidspunkt individet også oppgir å sove.
- 17) PEF-måling foretas en time etter at individet sto opp.

Variabel 16) kan synes urimelig, men er akseptabel hvis en person f.eks. sto opp kl. 7.50 og straks blåste PEF. Da har vedkommende rimeligvis oppgitt både å sove og å blåse PEF i åttende time. Det kan også ha vært tilfeller av at personer sto opp midt på natten for å blåse PEF.

12.4 RESULTATER

I tabell 12.2 gjengis t-verdiene til tegntestene og de tilsvarende t-verdier for Wilcoxon testen for alle variable inkludert i regresjonsmodellen. Tabellen skal leses på følgende måte: En positiv t-verdi indikerer at PEF øker med den tilsvarende variabel og en negativ at den avtar, dvs. henholdsvis forbedret og forverret lungefunksjon. Hvis absoluttverdien av t-verdiene er store, indikerer dette en ikke tilfeldig sammenheng med PEF-målingene. For å unngå forvirring påpekes det at dette er t-verdiene til tester av t-verdiene fra regresjonsresultatene. Det synes å være en positiv sammenheng mellom PEF og temperatur, gårsdagens PEF og dagsform, mens det er en negativ sammenheng mellom PEF og tid på dagen (morgen og kveld, første time etter oppvåkning og "under søvn"). Passiv røyking er i grenselandet for utsagnskraftig sammenheng, men for alle de andre forurensningsvariabelene kan man ikke påvise noen slik sammenheng.

I tabell 12.3 og 12.4 gis t-verdiene for Wilcoxon-testene innen de tre studiegruppene av medisinbrukere. For eksponeringsvariabelen synes bildet ganske likt resultatene i den individuelle regresjonsmodellen (tabell 12.2), men for variablene temperatur, gårsdagens PEF, dagsform og døgnvariasjonsvariablene er det tilsynelatende mindre effekt blant medisinbrukerne og de med kjent lungesykdom. Dette skyldes imidlertid at antall individer i disse gruppene er små.

Tabell 12.2: T-verdiene til tegntestene og Wilcoxon-tester for alle variabelene.

Variable	Tegntester	Wilcoxon
CO	+ 0,12	+ 0,42
CL _x	0,00	- 0,36
O ₃	+ 0,63	+ 1,86
SO ₂	- 0,52	+ 0,89
NO _x	- 0,21	+ 0,38
Svevestøv	+ 1,36	+ 1,73
SO ₄	+ 1,05	+ 1,43
NO ₃	+ 0,63	+ 0,62
Røyk	+ 1,51	+ 1,62
Passiv røyk	- 1,98	- 2,04
Temperatur	+ 4,09	+ 4,58
Lag-PEF	+17,85	+16,41
Morgen	- 5,84	- 7,33
Kveld	- 5,88	- 7,12
Dagsform	+11,93	+13,61
Time 1	-11,93	-12,64
Sover	-10,73	-13,54

Tabell 12.3: T-verdiene for Wilcoxon-testene innen de tre studiegruppene.

Variabel	Studiepopulasjon	Lungesyke voksne	Lungesyke barn
CO	+ 0,92	- 1,78	+ 2,04
CL _x	- 1,73	- 0,28	+ 1,76
O ₃	+ 1,70	+ 0,78	- 0,05
SO ₂	+ 0,89	+ 1,20	- 1,86
NO _x	+ 0,14	+ 1,03	- 0,67
Svevestøv	+ 1,48	+ 1,37	- 0,57
SO ₄	+ 0,88	+ 0,18	+ 2,43
NO ₃	+ 1,51	- 1,10	- 1,34
Røyk	+ 0,73	+ 2,25	-
Passiv røyk	- 1,48	- 1,97	+ 0,70
Temperatur	+ 3,67	+ 2,69	+ 1,14
Lag-PEF	+14,67	+ 6,48	+ 3,46
Morgen	- 5,94	- 4,15	- 1,42
Kveld	- 6,40	- 2,69	- 1,55
Dagsform	+11,70	+ 5,94	+ 3,46
Time 1	-12,16	- 5,48	- 3,26
Sover	-10,97	- 6,02	- 2,59

Tabell 12.4: T-verdiene for Wilcoxon-testene innen de tre gruppene av medisinbrukere.

Variabel	Steroider	Medisiner for øvrig	Ingen medisiner
CO	- 1,90	+ 1,35	+ 1,06
CL _x	+ 0,88	- 1,46	- 1,36
O ₃	- 0,07	+ 0,06	+ 2,05
SO ₂	- 0,05	- 0,06	+ 1,02
NO _x	+ 0,60	- 0,09	+ 0,21
Svevestøv	- 0,19	+ 0,09	+ 1,97
SO ₄	+ 1,73	+ 1,09	+ 0,58
NO ₃	+ 1,36	- 0,74	+ 1,42
Røyk	+ 0,77	+ 1,86	+ 1,07
Passiv røyk	- 1,91	+ 0,52	- 1,75
Temperatur	+ 3,57	+ 1,31	+ 3,28
Lag-PEF	+ 6,05	+ 4,26	+14,67
Morgen	- 4,23	- 1,41	- 6,02
Kveld	- 2,57	- 1,51	- 6,57
Dagsform	+ 5,48	+ 3,57	+11,88
Time 1	- 4,68	- 4,00	-12,24
Sover	- 4,69	- 4,17	-11,15

I tabell 12.5 presenteres estimerte totaleffekter samt standardfeil av disse for de uavhengige variabelene i den individuelle regresjonsmodellen ved veing av parameterestimatene.

Tabell 12.5: Totalbefolkningsanslag for effekten av de uavhengige variable i regresjonsmodellen.

Variabel	Veide anslag		Antall basert på
	Estimat	St.feil	
CO	0,253	0,192	295
CL _x	-0,015	0,013	363
O ₃	0,003	0,002	363
SO ₂	0,004	0,004	363
NO _x	-0,000	0,002	363
Svevestøv	0,006	0,002	363
SO ₄	0,029	0,015	363
NO ₃	0,033	0,015	143
Røyk	0,275	0,050	143
Passiv røyk	-0,339	0,245	229
Temperatur	0,075	0,007	363
Lag-PEF	0,549	0,003	363
Morgen	-2,619	0,161	348
Kveld	-1,709	0,095	363
Dagsform	-6,549	0,210	359
Time 1	-5,047	0,189	358
Sover	3,573	0,074	348

Tolkningen av f.eks. estimatet 3,573 for dagsform er at ved en økning i selvrapportert dagsform på ett poeng tilsvarer en anslått økning i PEF-verdi den dagen på nettopp 3,573. Ved å ta hensyn til standardfeilen i estimatet (0,074) finner en at økningen bare kan sies å ligge mellom ca. 3,4 og 3,7. En økning på to poeng på selvrapportert dagsform gir tilsvarende en gjennomsnittlig økning mellom 6,8 og 7,4. Videre finner man en effekt av å sove eller nettopp å ha stått opp på ca. -6.

Dersom tidspunktet for å stå opp er før kl 09, må man også ta hensyn til at det er morgen, PEF-målingene vil derfor i middel ligge ca. -8 under målingene midt på dagen. Videre dersom gårdsdagens PEF-måling lå 10 poeng under gjennomsnittet vil man predikere at dagens verdi ligger ca. 5,5 ($10 \cdot 0,549$) poeng under gjennomsnittet. Effektene av eksponeringsvariabelene er jo gjengående ikke signifikante, men tolkninigen av estimatene for effektene av disse variabelene er tilsvarende. Hvis en forureningskomponent endres med ett poeng (relativt til oppgitt enhet) vil verdien av PEF i middel endres tilsvarende med det oppgitte parameterestimatet.

I tabell 12.6 og 12.7 er det oppgitt veide effektestimater tilsvarende tabell 12.5 for henholdsvis personer med kjent lungesyke og kategorier av medisinbrukere. Det kan synes som om effekten av døgnvariasjon og dagsform er sterkere blant medisinbrukere og de lungesyke.

Tabell 12.6: Totalanslag innen studiegruppene av effekten av de uavhengige variabelene i den individuelle regresjonsmodellen (veide anslag).

Variabel	Studiepopulasjon		Barn med kjent lungesykdom		Voksne med kjent lungesykdom	
	Estimat	St. feil	Estimat	St.feil	Estimat	St.feil
CO	0,299	0,200	4,755	3,001	-0,519	0,682
CL _x	-0,017	0,013	0,090	0,113	-0,005	0,048
O ₃	0,003	0,002	0,024	0,013	0,003	0,006
SO ₂	0,003	0,004	-0,055	0,035	0,024	0,014
NO _x	-0,000	0,002	-0,007	0,015	0,005	0,005
Svevestøv	0,006	0,002	-0,004	0,023	0,017	0,008
SO ₄	0,017	0,016	0,551	0,126	0,061	0,051
NO ₃	0,073	0,053	-0,572	0,431	-0,319	0,176
Røyk	0,226	0,117	-	-	1,820	0,674
Passiv røyk	-0,337	0,264	3,963	2,790	-0,609	0,677
Temperatur	0,071	0,008	0,050	0,055	0,125	0,023
Lag-PEF	0,565	0,004	0,538	0,014	0,465	0,008
Morgen	-2,427	0,170	-1,776	1,528	-4,732	0,548
Kveld	-1,534	0,100	-3,267	0,737	-3,187	0,319
Sover	-6,146	0,221	-6,973	1,719	-10,580	0,706
Time 1	-4,740	0,199	-7,386	1,521	-8,031	0,664
Dagsform	3,190	0,078	8,952	0,511	6,542	0,265

Tabell 12.7: Totalanslag for ulike grupper av lungemedisinbrukere av effekten av uavhengige variable i den individuelle regresjonsmodellen (veide anslag).

Kategorier Variabel	Steroidebrukere		Brukere av annen lungemedisin		Personer som ikke bruker lungemedisin	
	Estimat	St. feil	Estimat	St.feil	Estimat	St.feil
CO	-0,483	0,764	1,242	0,818	0,244	0,204
CL _x	0,041	0,056	-0,059	0,089	-0,017	0,013
O ₃	-0,001	0,006	0,002	0,008	0,004	0,002
SO ₂	0,003	0,014	-0,045	0,022	0,005	0,004
NO _x	0,004	0,006	-0,004	0,008	-0,000	0,002
Svevestøv	-0,000	0,010	-0,004	0,009	0,007	0,002
SO ₄	0,141	0,056	0,104	0,072	0,016	0,016
NO ₃	-0,454	0,194	-0,076	0,254	0,074	0,053
Røyk	0,563	0,780	0,995	0,432	0,212	0,121
Passiv røyk	-1,619	0,790	4,913	1,497	-0,359	0,261
Temperatur	0,211	0,026	0,058	0,036	0,064	0,008
Lag-PEF	0,479	0,009	0,544	0,012	0,561	0,004
Morgen	-4,806	0,601	-3,765	0,887	-0,400	0,171
Kveld	-3,032	0,353	-0,555	0,453	-1,658	0,101
Sover	-9,456	0,779	-11,532	1,163	-6,133	0,222
Time 1	-7,453	0,713	-10,208	1,034	-4,667	0,199
Dagsform	7,910	0,318	6,187	0,394	3,212	0,078

12.5 DISKUSJON

Undersøkelser av effekter av ulike forurensningskomponenter på mennesker som er referert i litteraturen (WHO-1987, Låg, 1991), viser store variasjoner i reaksjon mellom forsøkspersoner. Gjennomgående opererer man med lavere verdier for effekt ved epidemiologiske undersøkelser sammenlignet med kontrollerte eller eksperimentelle forsøk. For de epidemiologiske undersøkelser er det større sannsynlighet for at forurensningskomponenten virker sammen med andre etiologiske faktorer. For NO_2 er det funnet effekt på lungefunksjon i kontrollerte forsøk ved $460 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og ved $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved epidemiologiske studier. For svevestøv (finfraksjon mindre enn $2,5 \mu\text{g}/\text{m}$) varierer verdiene for rapportert effekt på lungefunksjon fra $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved kontrollerte forsøk til årsmiddel på $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved epidemiologiske studier. SO_2 avsettes hovedsakelig i de øvre luftveier, men kan få økt helsevirkning ved kraftigere pusting og med svevestøv samtidig til stede. For enkelte astmatikere er det påvist nedsatt lungefunksjon ved $725 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 . En undersøkelse på sykелighet hos barn har vist en økning ved så lave årsmidler som fra $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av henholdsvis partikler ($<10 \mu\text{m}$) og SO_2 . Sure aerosoler (SO_4) påvirket lungefunksjonen i dyreforsøk ved mellomom 100 og $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens økt sykdomsfrekvens synes påvist ved konsentrasjoner på over $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For ozon er det for konsentrasjoner på $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eller høyere rapportert nedsatt lungefunksjon.

De aktuelle verdier i Grenland ligger for de fleste komponentenes vedkommende under de verdier hvor man fra litteraturen har funnet sikre effekter på lungefunksjon.

Anvendelse av PEF som uttrykk for lungefunksjon eller motstand i luftveiene, har klare praktiske og ressursmessige fordeler, selv om det ikke gir like fullverdig informasjon om spiometri. Det er nå utviklet små og relativt billige apparater som forsøkspersoner kan ha med seg for gjentagne og hyppige registreringer. PEF er derfor anvendt i flere tidligere epidemiologiske undersøkelser (Frezières, R.G. et al., 1982; Perry, G.B. et al., 1983; Wagner, C.J. et al., 1983; Holguin, A.H. et al., 1985). Det synes som de

fleste har benyttet PEF som en av flere muligheter for å fastslå om en person har hatt et astmaanfall. For kontinuerlig å følge graden av luftveisobstruksjon synes PEF å være mindre benyttet, da de eksperimentelle kammerforsøk overveiende benytter spirometri.

I Grenlandsundersøkelsen søker en å finne ut om det er en sammenheng mellom luftforurensninger og lungefunksjon, uttrykt ved PEF-målinger (se kapittel 10), og ikke primært å finne 0-effektnivået.

Hvor store testenenes t-verdier skal være for at man vil erkjenne en statistisk signifikant sammenheng er vanskelig å svare på siden vi ikke har satt opp veldig eksplisitte hypoteser på forhånd. Imidlertid er det et krav at de (i absolutt-verdi) må være større enn 2 for at vi har oppnådd utsagnskraftig resultat. t-verdiene vil oppvise en naturlig variasjon, og når man gjør mange sammenlikninger bør man derfor øke kravet til signifikans en del. t-verdier som er større enn 3,0 (i absoluttverdi) burde indikere en sammenheng. Dersom t-verdiene overstiger f.eks. 5,0 er det ingen tvil om at det er en sammenheng.

Selv om man har signifikante sammenhenger behøver naturligvis ikke dette bety at det er en kausal sammenheng mellom den uavhengige variabelen og PEF-målingen. Det er f.eks. mulig at sammenhengen skyldes at den uavhengige variabelen bare er korrelert med en kausal faktor som ikke er med i regresjonsmodellen.

Sammenlikner man kolonnene i tabell 12.2 finner man gjennomgående noe større effekter i den til høyre. Dette er hva man skulle vente, jfr. tidligere kommentarer om sammenlikning av styrken til Wilcoxon- og tegntester.

Fra tabellene 12.3 og 12.4 ses for variabelene temperatur, gårsdagens PEF, dagsform og døgnvariasjonsvariabelene en tilsynelatende mindre effekt blant medisinerbrukere og de med kjent lunge-syke. Dette kan skyldes at medisiner utvisker effekter eller at det er langt færre individer i disse gruppene enn blant de som

ikke bruker medisiner eller er i studiepopulasjonen. Faktisk, hvis det er den samme effekten i to grupper med henholdsvis n_1 og n_2 individer vil man vente at forholdet mellom t-verdiene for de to gruppene er i størrelsesorden lik $\sqrt{(n_1/n_2)}$. Grovt sett holder denne sammenhengen mellom t-verdiene for de nevnte variable mellom de ulike gruppene.

Tabellene 12.6 og 12.7 synes å vise en sterkere effekt av døgnvariasjon og dagsform blant medisinbrukere og de med kjent lunge sykdom enn de øvrige. Formelle tester for slike forskjeller får man ved å se på differansen mellom estimatene delt på roten av summen av kvadratene av deres standardfeil. Denne størrelsen er tilnærmet normalfordelt hvis antall observasjoner i begge grupper er stort nok. I disse tilfellene bør man være forsiktig med å bruke denne testen fordi antall individer blant de lungesyke er lite.

12.6 KONKLUSJON

Vi har funnet en klar seriekorrelasjon i selvrapportert PEF. Videre er det funnet sterke sammenhenger mellom PEF og døgnvariasjon, temperatur og selvrapportert dagsform. Estimerte effekter av eksponeringsvariabelene inkludert røyking og passiv røyking på PEF var ikke signifikante. Med unntak av passiv røyking og klorforbindelser er de estimerte effektene positive. Det må derfor konkluderes med at vi ikke har funnet noen sammenheng mellom eksponering og lungefunksjon målt ved PEF.

Dette betyr ikke at en slik ikke eksisterer. Det er mulig at effekten er så liten at denne undersøkelsen ikke er stor nok til å oppdage sammenhengen. Det er også mulig at fravær av assosiasjon skyldes usikkerheten i beregnet eksponering eller oppgitte PEF-målinger. På den annen side kan det bety at forurensningsnivået i de to aktuelle tidsperiodene var under de terskelverdier som skal overstiges for at lungefunksjonen påvirkes.

13 ETTERORD

L.S. Bakketeig og O.F. Skogvold.

Formålet med Grenlandsprosjektet har vært å undersøke om luftforurensningskomponenter enkeltvis eller i kombinasjon kan ha virkninger på folks helse.

Grenlandsområdet er velegnet for en slik undersøkelse. Forurensningskomponentene stammer fra til dels geografisk adskilte kilder. Det kan derfor stedvis opptre høye konsentrasjoner av enkelte luftforurensninger uavhengig av hverandre.

Vi valgte en såkalt kohortdesign, hvor en gruppe personer ble fulgt i detalj gjennom 2 to-måneders perioder. Gruppen besto av friske og lungesyke personer i alderen 4 til 75 år.

Luftforurensningsnivået ble fulgt fra time til time gjennom de to periodene, og deltakernes oppholdssted og deres helseplager ble registrert tilsvarende omhyggelig. I tillegg til egenrapporterte plager inngikk også endel objektive helseparametre i prosjektet.

Prosjektet ble vellykket gjennomført. Ialt 397 personer deltok i registreringen. Den ene gruppen deltakere skulle ideelt sett være representative for befolkningen i Grenlandsområdet. Av ialt 800 personer som ble tilfeldig uttrukket fra folkeregisteret, var det 312 som aksepterte invitasjonen og som deretter gjennomførte prosjektdeltagelsen. Denne gruppen er selv sagt i noen grad preget av selvseleksjon. Vi mener likevel at funnene fra undersøkelsen med rimelighet kan generaliseres til hele befolkningen i Grenlandsområdet.

Ialt 85 lungesyke deltakere var alle rekruttert via lungepoliklinikken ved sykehusene i Porsgrunn og Skien. Disse anses representative for kronisk lungesyke personer.

Forurensningsmålingene ble foretatt i to vintermånedene og i to vårmånedene. De to vintermånedene var mildere enn vanlig, og forurensningsnivået var lavere enn i tilsvarende perioder i tidligere år. Vårmånedene var mer representative for en "normal" vårperiode.

Hva med undersøkelsesmetodene?

Luftforurensninger ble målt basert på den mest moderne teknologi innen feltet. Målinger foregikk ved ialt 9 målestasjoner, og et beregningsprogram gjorde det mulig å beregne forurensningsbelastning hvor forsøkspersonene oppholdt seg.

Prosjektdeltakerne registrerte kontinuerlig sitt oppholdssted. På denne måten ble det mulig å beregne hver persons forurensningsbelastning. Helseeffekter ble målt på basis av selvrapportert plager. Dette er en velprøvet metode i endel andre land, spesielt USA, men metoden har vært lite benyttet i Norge. Erfaringene fra Grenlandsprosjektet tilsier at viktig helseinformasjon lar seg innhente på dette tidkrevende vis, i hvertfall i en sterkt motivert befolkning. Enkelte objektive helseparametre inngikk også i undersøkelsen, herunder selvmålt lungefunksjon fire ganger daglig (PEF-målinger). Ved disse målingene ble det funnet internt konsistente resultater, døgnvariasjoner og klare sammenhenger med temperatur og selvrapportert dagsform. Dette skulle tilsi at slike målinger av lungefunksjonen er ganske pålitelige og egnet til å fange opp visse effekter av luftforurensning, forutsatt at nivåene er høye nok.

Hva er hovedfunnene ved undersøkelsen?

I undersøkelsesområdet er svoveldioksid og klor typiske lokale industrielle forurensninger. Nitrogendioksid skyldes for en stor del trafikkforurensning. Nitrat og sulfat stammer både fra lokale kilder og langtransporterte luftforurensninger med kilder utenfor landet, mens ozon hovedsakelig skyldes langtransporterte forurensninger. Alle typer viste visse sammenhenger med selvrapporterte plager. Mest uttalt var sammenhengen

mellom ozon og nitrater og symptomer fra luftveiene. Bortsett fra ozon var de påviste sammenhenger mest uttalt i sommermånedene, til tross for lavere forurensningsnivå. Dette mener man til dels kan reflektere forskjeller i mottakelighet uavhengig av klimatiske forhold. De påviste effekter synes å ha oppstått selv om eksponeringene stort sett var under de anbefalte luftkvalitetskriterier for de ulike forurensningene.

Ved undersøkelsen har det ikke vært mulig å påvise noen sikker sammenheng mellom luftforurensningskomponentene og målt lunges funksjon hos deltakerne. Dette var tilfelle både blant de lungesyke og "normalbefolkningen". Dette er i kontrast til de opplevde helseplager hos de som deltok, hvilket tyder på at lunges funksjonsmåling er en mindre følsom metode enn systematisk, gjentatt registrering av subjektive helseplager.

Undersøkelsen har fokusert på umiddelbare helseeffekter. Mulige langtidseffekter er ikke undersøkt. Selv om nedsatt trivsel og ubehag må sies å være mindre alvorlig enn for eksempel kreft, så vil det kunne berøre desto flere mennesker. Andre korttids helsevirkninger enn de påviste kan selvsagt finnes uten at vi i denne undersøkelsen har vært i stand til å oppdage dem. Dette fordi effekten kan være av annen type enn de som har inngått i undersøkelsen, eller at effektene er små.

Undersøkelsen viste at Grenlandsområdet har langt lavere forurensningsnivå enn tidligere. Men selv om forurensningsnivået for det meste er lavere enn anbefalte luftforurensningskriterier, så påvises det sammenhenger med subjektive helseplager. De fleste personer i området plages riktignok sjelden og i forholdsvis liten grad, men det finnes en følsom gruppe som reagerer oftere enn gjennomsnittet. Denne gruppen bør kartlegges nærmere og er en utfordring for fremtidig forskning.

Grenlandsundersøkelsen har vært en storstilt satsing fra myndighetene og de deltakende institusjonenes side, og befolkningen i området har vært meget samarbeidsvillig. Undersøkelsen har vært så grundig og omfattende som mulig med de under-

søkelsesmetoder som i dag er tilgjengelige. Det vil i fremtiden bli mulig å forbedre slike undersøkelser blant annet med bruk av personbåret måleutstyr for å forbedre eksponeringsestimatene. Det vil trolig også bli forbedringer i metoder til å påvise tidlige skadelige effekter av luftforurensninger, inklusive bruk av molekylærbiologiske metoder. Ved revidering av de anbefalte luftkvalitetskriterier bør funnene i denne undersøkelsen også tas med i vurderingen.

14 MEDARBEIDERE I PROSJEKTET

Folkehelsa	
Leiv S. Bakketeig Gunnar Bjerknæs-Haugen Annie Dahlstrøm Lilian Henske Sven Ove Samuelsen Odd Aalen	Ledelsen, Folkehelsa Prosjektleder Sekretær Sekretær Statistiker, databearbeidelse og analyse Rådgiver, statistikk
Lokale medarbeidere for Folkehelsa	
Marit Sande Debbie Carlsen Jorunn Klock Andreassen Kari Hvidsten Jane Krane Ingrid Baasland Kari Nossen Sandvei Gro Tveita Ingvill Arvesen Peder Bjerkeseth Eirin Bråthen Toril Kaalstad Vigdis Knudsen Synnøve S. Kristiansen Vibeche Skau Jonassen Merriam Sundberg Liv Marion Svindland Helge Søreboe Björg Bakkeland Grete Halvorsen Johanne Kringebu Sunniva Odden	Sykepleier, kontorleder Respirasjonsterapeut Bioingeniør, leder for prøvetaking og prøveanalysearbeidet Administrering av prøver og transport-tjeneste Bioingeniør - prosjektmedarbeider Student - prosjektmedarbeider Sykepleier - prosjektmedarbeider Prosjektmedarbeider Lege Lege Kontorhjelp Bioingenør Bioingenør Kontorhjelp, puncharbeid Kontorhjelp Bioingeniør Bioingeniør Bioingeniør Kontor Bioingeniør Bioingeniør Bioingeniør
Norsk regnesentral	
Nils Lid Hjort Kjetil Halvorsen	Seniorforsker, statistikk Forsker, statistikk

NILU	
Odd F. Skogvold	Ledelsen, NILU
Jocelyne Clench-Aas	Prosjektleder
Ole-Anders Braathen	Prosjektleder for målinger av luftkvalitet i innemiljø i boliger
Leif O. Hagen	Prosjektleder for målinger av luftkvalitet og meteorologiske forhold
Knut E. Grønskei	Prosjektleder for modellberegninger av luftkvalitet
Trond Bøhler	Seniorforsker, planlegging av undersøkelser
Audun Harstad	Datasjef
Alena Bartonova	Statistiker, databearbeiding og analyse
Mona Johnsrud Aarnes	Prosjektmedarbeider, administrering av og arbeide med dagboksjema og PEF-målere, databearbeidelsen og analyse
Ivar Haugsbakk	Prosjektmedarbeider, utslippskartlegging
Sam E. Walker	Modellberegningene for romlige konsentrasjoner av luftkvalitet
Frederick Gram	Modellberegningene for romlige konsentrasjoner av luftkvalitet
Kari Hoem	Prosjektmedarbeider, bearbeiding av luftkvalitetsdata og meteorologiske data
Poul Sørensen	UNIX-systemansvarlig, databehandling
Geir W. Gustavsen	Prosjektmedarbeider, programmeringsarbeid
Edel Nilsen	Sekretær
Kristine Aasarød	Sekretær
Eva Nitter	Sekretær
May Aamodt	Sekretær
Kirsten Gram	Tegnekontor
Anne Slorbak	Trykkeri
Jane Østnes Hansen	Punching av data, feilsøking, korrigerering av feil og komplettering av datasettet
Astrid Friberg	Kontroll av PEF-målere og korrekturlesing av dagbokdata
Reidar Heggen	Utarbeidelse av apparatur for kontroll av PEF-målere, instruksjon av lokale medarbeidere i dette arbeidet
Monica Fredriksen	Første instruksjon av deltakerne i dagbokføring
Kari Arnesen	Utarbeidelse av programvare for maskinell feilsøking i datamaterialet
Lisbeth Finne	Punching av data
Gro Tveita	Koding av dagbokdata

NILU	
Oddvar Røyset	Avdelingsleder, Uorganisk Analyse
Lars Torp	Laboratorieleder
Arve Bjerke	Analyser
Gertrud Lund	Analyser
Elisabeth Pacyna	Analyser
Åse Irene Skjelmoen	Utsendelse og mottak av prøver
Viktor Dahl	Automatstasjoner for målinger av meteorologiske parametere (AWS)
Tov Eikebrekke (lokalt ansatt, engasjert for undersøkelsen)	Daglig drift av mobil enhet for målinger av luftkvalitet ute og inne (målebussen) og prøvetaking for døgnmiddelverdier av luftkvalitet (FK)
Tore Hansen	Vedlikehold av mobil enhet (målebussen)
Reidar Heggen	Kontinuerlige målinger av luftkvalitet og denuderprøvetaking
Nils Einar Ladegård	Kontinuerlige målinger av luftkvalitet og denuderprøvetaking
Jan Henrik Wasseng	Målinger av svevestøv (DICO) og vind, temperatur og relativ fuktighet (Woelfle og termograf)
Harald Willoch	SODAR-målinger og målinger av dis (nephleometer)

15 FORKORTELSER OG DEFINISJONER

- Aktiv - Indikator-variabel i logistisk regressjonsmodell.
Aktiv = 1 når man sover, Aktiv = 2 når man er våken.
- Astma - Astma er en symptomgivende tilstand som kjennetegnes av luftveisinnsnevring som varierer i betydelig grad på relativt kort tid. Bakenforliggende årsaksfaktorer kan være allergiske og ikke-allergiske. Objektive kriterier for astmadiagnose er her 10-15% reversibilitet av spirometriverdier ved bruk av lokal bronkodilatator - ved bruk av spray, puster man 10-15% bedre.
- ATPS - Ambient Temperature and Pressure, Saturated - verdiene for lungefunksjonsprøving er avlest i forhold til omliggende temperatur og trykk og fullmetning av vanndamp.
- BTPS - Body Temperature and Pressure, Saturated - verdier for lungefunksjonsprøving er justert ved å ta hensyn til kroppstemperatur og fullmetning av vanndamp.
- Cl_x - Klor, totalchlor analysert på partikler.
- COHb - Karboksihemoglobin - CO bundet til hemoglobin som konkurrerer med oksygen (O₂) og derved kan fortrenge O₂ fra hemoglobin.
- delt - Antall deltakere; brukes i tabeller og figurer i kapittel 9.
- FVK - Forsert VitalKapasitet er den luftmengde man klarer å puste ut fra full innånding til full utånding og angitt i såkalte BTPS-verdier.
- FEV_{1.0} - Forsert Ekspiratorisk Volum er et uttrykk for motstand i luftveiene - den mengde luft man klarer å puste ut så raskt som mulig av lungene det første sekundet fra full innånding, også i BTPS-verdier.

- Hb - Hemoglobin eller blodfargestoff, konsentrasjonen av Hb i blod angis som "blodprosent" i dagligtale.
- KOLS - Kronisk Obstruktiv LungeSykdom ble diagnostisert hvis reduserte spirometerverdier og ellers kliniske funn over mer enn to år ikke lot seg reversere ved bruk av lokal bronkodialator.
- LPER - Lengde av én sammenhengende periode med respons (i timer). Brukes for beskrivelse av perioder med sammenhengende rapportering av subjektive effektvariabler (symptomer) i kapittel 9).
- Morgen - Indikatorvariabel for første tidsintervall (tidsblokk) etter at man har våknet. Morgen = 1 hvis man har stått opp i dette intervallet, eller Morgen = 0.
- NO - Nitrogenoksid, gass.
- NO₂ - Nitrogendioksid, gass.
- NO₃⁻ - Nitrat; i teksten også NO₃. Finnes på partikler.
- NO_x - Sum av nitrogenoksider.
- NPER - Antall perioder med sammenhengende rapportering av subjektive effektvariable (symptomer) Brukes i kapittel 9.
- O₃ - Ozon, gass.
- Partikler - I teksten også svevestøv; partikler med diameter under ca 10 µm.
- PM₁₀ - Partikler med diameter under 10 µm.
- PM_{2.5} - Partikler med diameter under 2,5 µm, såkalte inhalerbare partikler.

- PEF - Peak Expiratory Flow (toppstrømsfløde) er et uttrykk for motstand i luftveiene - den maksimale luftstrøms hastighet omregnet til liter pr minutt man er i stand til å puste ut.
- Poisson modell - Matematisk modell for antall tilfeller, under forutsetning av at tilfellene skjer i rekkefølge uavhengig av hverandre, og med uendret rate i tiden.
- SCL-90 - Psykologisk test brukt for å klassifisere psykopatologiske tegn i personer.
- SO₂ - Svoveldioksid, gass.
- SO₄²⁻ - Sulfat, finnes på partikler; i teksten også SO₄.
- Sommer - Undersøkellesperiode 15.4.-24.6.1988.
- SR - SedimentasjonsRate, SenkningsReaksjon eller "senkning" i dagligtale.
- Studiepopulasjon- Voksne deltakere i alderen 18-75 år. De ble rekruttert fra 800 personer tilfeldig trukket ut fra Folkeregisteret. Ialt ble det 312 personer.
- SVF - Svevestøv fin-fraksjon, dvs partikler med diameter under ca 2,5 µm.
- Vinter - Undersøkellesperiode 1.1.-15.3.1988.

16 REFERANSER

- Ahmed, T., Danta, I., Dougherty, R.L., Schreck, R. and Sackner, M.A. (1983) Effect of nitrite (0.1 ppm) on specific bronchial reactivity to ragweed antigen in subjects with allergic asthma. Am. Rev. Respir. Dis., suppl. 4 part 2, 127, 160.
- Ahmed, T., Marchette, B., Danta, I., Birch, S., Dougherty, R.C., Schreck, R. and Sackner, M.A. (1982) Effect of 0.1 ppm NO₂ on bronchial reactivity in normals and subjects with bronchial asthma. Am. Rev. Respir. Dis., suppl. 4 part 2, 125, 152.
- American Thoracic Society (1985) Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect with special reference to epidemiologic studies of air pollution. Am. Rev. Respir. Dis., 131, 666-668.
- Anonymous (1989) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Arbeid i felt, datainnsamling og klargjøring av data. Lillestrøm (NILU OR 57/89).
- Bjartveit, K., Foss, O.P. and Gjervig, T. (1983) The cardiovascular disease study in Norwegian counties - results from first screening. Acta Med. Scand.; Suppl. 675.
- Boushey, H.A. (1984) Determinants of airway responses to sulphur dioxide. In: Indoor Air, Vol. 3. Sensory and Hyper-reactivity Reactions to Sick Buildings. Ed. by B. Berglund, T. Kindvall, J. Lundell. Stockholm, Swedish Council for Building Research, pp. 203-209.
- Brinton, H.P. (1949) Morbidity and mortality. In: Air Pollution in Donora Pennsylvania. Washington (Public Health Bulletin, 306).
- Brunekreef, B. (ed.) (1991) Methods of assessment of health effects of air pollution in epidemiologic studies. Draft report. COST 613/2 Air pollution Epidemiology. Basel (in preparation).
- Clark and Hetzel (1977) Diurnal variation of asthma. Br. J. Dis. Chest, 71, 87.

Claussion, B. og Oland, G. (1981) En studie av luftveissykdommer og luftforurensninger i Skien, 1980. Skien, Helsegruppa i Folkeaksjonen mot luftforurensning og støy i Grenland.

Clench-Aas, J., Bøhler, T., Bakketeig, L.S., Haldorsen, T. og Hjort, N.L. (1986) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland - Prosjektskisse. Lillestrøm (NILU OR 35/86).

Clench-Aas, J., Larssen, S., Bartonova, A. og Johnsrud, M. (1989) Virkninger av luftforurensninger fra veitrafikk på menneskers helse. Resultater fra en undersøkelse i Vålerenga/Gamlebyenområdet i Oslo, 1987. Lillestrøm (NILU OR 70/89).

Clench-Aas, J., Larssen, S., Bartonova, A., Aarnes, M.J., Myhre, K., Christensen, C.C., Neslein, I. L., Thomassen, Y. and Levy, F. (1991) The health effects of traffic pollution as measured in the Vålerenga area of Oslo. Lillestrøm (NILU OR 7/91).

Contant, C.F.Jr. (1989) Personlig meddelelse.

Cox, D.R. and Snell, E.J. (1989) Analysis of binary data. 2nd edition. London, Chapman and Hall.

Derogatis, L.R., Lipman, R.S., Rickels, K., Uhlenhuth, E.H. and Covi, L. (1974) The Hopkins Symptom Checklist (HSCL). A measure of primary symptom dimensions. Mod. Probl. Pharmacopsychiatry, 7, 79-110.

Duan, N. (1983) Models for human exposure to air pollution. Environ. Int., 8, 305-9.

EPA (1981) Interim Procedures for Evaluating Air Quality Models. Research Triangle Park, N.C. OAQPS, EPA.

EPA (1984) Interim Procedures for Evaluating Air Quality Models (revised). Research Triangle Park, N.C. OAQPS, EPA. (EPA-450/4-84-023).

EPA (1986) Air Quality Guidelines for Ozone and Other Photochemical Oxidants. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency (Report No. EPA-608/8-84-020F).

- Ericsson, G. and Camner, P. (1983) Health effects of sulfur oxides and particulate matter in ambient air. Scand. J. Work Environ. Health, 9, Suppl. 3, 52 pp.
- Frezières, R.G., Coulson, A.H., Katz, R.M., Detels, R., Siegel, S.C. and Rachelefsky, G.S. (1982) Response of individuals with reactive airway disease to sulfates and other atmospheric pollutants. Ann. Allergy, 48, 156-165.
- Fugas, M. (1976) Assessment of total exposure to an air pollutant. In: Proc. of the International Conference on Environmental Sensing and Assessment. Las Vegas 1975. N.Y., IEEE. Vol. 2, paper no. 38-5.
- Fürst, V. (1983) Laboratoriehåndbok Fürst.
- Gram, F., Knudsen, S. og Semb, A. (1990) Disdannede utslipp fra Hydro Porsgrunn 1985-1988. Lillestrøm (NILU OR 6/90).
- Grønskei, K.E., Walker, S.E. og Gram, F. (1990) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Beregning av romlige konsentrasjonsfordelinger basert på timevise målinger. Datagrunnlag for eksponering. Lillestrøm (NILU OR 65/90).
- Gulsvik, A. (1985) Spirometri - Metoder og referanseverdier i 1980-årene. Tidsskr. Nor. Lægeforen., 105, 2240.
- Hackney, J.D., Thiede, F.C., Linn, W.S., Pedersen, E.E., Spier, C.E., Law, D.L. and Fischer, D.A. (1978). Experimental studies on human health effects of air pollutants IV. Short-term physiological and clinical effects of nitrogen dioxide exposure. Arch. Environ. Health, 33, 176-181.
- Hackney, J.D., Linn, W.S., Shamoo, D.A. and Alvol, E.L. (1989) Responses of selected native and non-native volunteers to ozone exposure in high and low pollution seasons. In: Atmospheric Ozone Research and its Policy Implications. Ed. by T. Schneider et al. Amsterdam, Elsevier 311-318.
- Hazucha, M. and Bates, D.W. (1975) Combined effect of ozone and sulfur dioxide on human pulmonary function. Nature, 257, 50-51.

- Hazucha, M.J., Ginsberg, J.F., McDonnel, W.F., Haak, E.D., Pimmel, R.L., Saloan, S.A., House, D.E. and Bromberg, P.A. (1983) Affects of 0.1 ppm nitrogen dioxide on airways of normal and asthmatic subjects. J. Appl. Physiol., 54, 730-739.
- Hjort, N.L. (1989) Further considerations regarding statistical power and sample size. In: Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Arbeid i felt, datainnsamling og klargjøring av data. Lillestrøm (NILU OR 57/89).
- Holguin, A.H., Buffler, P.A., Contant, C., Glock, T.H., Kotchmar, D.J., Hsi, B., Jenkins, D.E., Gehan, B.M., Noel, K. and Mey, N. (1985) The effects of ambient ozone exposure in the probability of asthmatic attack. In: Proceedings of APCA Speciality Conference on ozone-oxidants standards. Houston, November 1984.
- Hov, Ø. (1983) Fotokjemiske oksidanter i Nedre Telemark. Virkningen av molekylært klor. Lillestrøm (NILU OR 52/83).
- Irwin, J.S. (1983) Estimating Plume Dispersion - A Comparison of Several Sigma Schemes. J. Climate Appl. Meteor., 22, 92-114.
- Kagawa, J. and Tsuru, K. (1979) Respiratory effect of 2-hour exposure with intermittent exercise to ozone and sulfur dioxide and in combination in normal subjects. Japan J. Hyg., 34, 690-696.
- Kleinman, M.T., Bailey, R.M., Chang, Y.C., Clark, K.W., Jones, M.P., Linn, W.S. and Hackney, J.D. (1981) Exposures of human volunteers to a controlled atmospheric mixture of ozone, sulfur dioxide and sulfuric acid. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 42, 61-69.
- Korn, E.L. and Whittemore, A.S. (1979) Methods for analyzing panel studies of acute health effects of air pollution. Biometrics, 35, 795-802.
- Lindvall, T. (1985a) Recommendations for air quality standards for nitrogen dioxide and ozone. Scand. J. Work Environ. Health, 11, suppl. 3, 28 pp.

- Lindvall, T. (1985b) Health effects of nitrogen dioxide and oxidants. Scand. J. Work Environ. Health, 11, suppl. 3, 28 pp.
- Linn, W.S., Chang, Y.T., Julin, D.R., Spier, C.E., Anzar, U.T., Mazur, S.F., Trim, S.C., Alvol, E.L. and Hackney, J.D. (1982) Short term human health effects of ambient air in a pollutant source area. Lung, 160, 219-27.
- Linn, W.S. and Hackney, J.D. (1985) Air pollution exposure studies in smokers and people with chronic obstructive pulmonary disease. In: Inhalation Toxicology of Air Pollution: Clinical Research Considerations. Ed. by R. Frenk et al. Philadelphia, Amer. Soc. for Testing and Materials (ASTM STP 872), 92-99.
- Låg, M., Schwarze, P. (1991) Personlig meddelelse. Seksjon for luftforurensning ved Miljømedisinsk avdeling. Oslo, Folkehelse.
- Morrow, P.E. (1984) Toxicological data on NO_x: An Overview. J. Toxicol. Environ. Health, 13, (2-3) 205-227.
- Moseholm, L. and Tandorf, E. (1990) Effects of Air Pollution and Weather on asthmatics and persons suffering from chronic bronchitis in four Danish cities. An 8 months prospective study. Copenhagen (COWIConsult - report).
- Mustafa, M.G. and Tierney, D.F. (1978) Biochemical and metabolic changes in the lung with oxygen, ozone and nitrogen dioxide toxicity. Am. Rev. Resp. Dis., 118, 1061-1090.
- Orehek, J., Massari, J.P., Gayrard, P., Grimaud, C. and Charpin, J. (1976) Effect of short-term low level nitrogen dioxide exposure on bronchial sensitivity of asthmatic patients. J. Clin. Invest., 57, 301-307.
- Ott, W.R. (1985) Total human exposure. Environ. Sci. Technol., 19, 880-886.
- Perry, G.B., Chai, H., Dickey, D.W., Jones, R.H., Kinsman, R.A., Morill, C.G., Spector, S.L. and Weiser, P.C. (1982) Effects of particulate air pollution on asthmatics. Am. J. Public Health, 73, 50-56.

- Schrenk, H.H., Heimann, H.J., Clayton, G.D., Gafafer, W.M., and Wexler, H. (1949) Air pollution in Donora, Pennsylvania: Epidemiology of Unusual Smog Episode of October 1948. Washington (Public Health Bulletin, 306).
- Schwartz, J., Wypif, D., Dockery, D., Ware, J., Zeger, S., Spengler, J. and Ferris, B. (1991) Daily diaries of respiratory systems and air pollution: Methodological issues and results. Environ. Health Persp., 90, 181-187.
- Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport nr. 38).
- Semb, A. (1984) Disdannelse i Grenland. Lillestrøm (NILU OR 51/84).
- Siem, H. og Skogvold, O.F. (1981) Helseundersøkelsen i Grenland 1979 - En sammenlikning av luftforurensning og helse i Porsgrunnområdet og Larvikområdet. Lillestrøm (NILU OR 34/81).
- Silverman, F., Corey, B., Mintz, S., Olver, P. and Hosein, R. (1982-a) A study of effects of ambient urban air pollution using personal samplers; a preliminary report. Environ. Internat., 8, 311-316.
- Silverman, F., Pengelly, L.D., Mintz, S., Kerigan, A.T., Hosein, H.R., Corey, P. and Goldsmith, C.H. (1982-b) Exposure estimates in assessing health effects of air pollution. Environ. Monit. Assess., 2, 233-245.
- Slooff, W., van Aalst, R.M., Heijna-Merkus, E. and Thomas, R. (1987) Integrated Criteria Document Ozone. Bilthoven, Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieuhygiene (RIVM - Report 758474008).
- Spengler, J.D., Brauer, M. and Kontrakis, P. (1990) Acid air and health. Environ. Sci. Technol., 24, 946-956.
- Van Loveren, H., Rombout, P.J., Wagenaar, S.S., Walvoort, H.C. and Vos, J.G. (1988) Effects of ozone on the defence to a respiratory listeria monocytogenes infection in the rat. Suppression of macrophage function and cellular immunity and aggravation of histopathology in lung during infection. Toxicol. Appl. Pharmacol., 94, 374-93.

- Venkatram, A., Strimaitis, D. and Dicristofaro, D. (1984) A semi-empirical model to estimate vertical dispersion of elevated releases in the stable boundary layer. Atmos. Environ., 18, 923-928.
- Wagner, C.J., Danziger, R.E., Nelson, H.S. (1983) Relation between positive small air ions, weather front and pulmonary functions in patients with bronchial asthma. Ann. Allergy, 51, 430-435.
- Wilkins, E. T. (1954) Air pollution and the London fog of December, 1952. Royal Sanitary Institute, 74, 1.
- Willmott, C.J. (1982) Some comments on the evaluation of model performance. Bull. Am. Meteorol. Soc., 63, 1309-1313.
- World Health Organization (1985) Targets for health for all: targets in support of the European regional strategy for health for all. Copenhagen (European Health for All Series No. 1), 201 pp.
- World Health Organization (1987) Air quality guidelines for Europe. Geneva (WHO regional publications. European series; No. 23).
- Wright, E.S., Dziedzic, D. and Wheeler, C.S. (1990) Cellular, biochemical and functional effects of ozone: New research and perspectives on ozone health effects. Toxicol. Lett., 51(2), 125-45.

PUBLIKASJONER OM GRENLANDSPROSJEKTET

Anonymous (1989) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Arbeid i felt, datainnsamling og klargjøring av data. Lillestrøm (NILU OR 57/89).

Braathen, O.-A. (1989) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Inne/ute-målinger, Grenland 1988. Lillestrøm (NILU OR 60/89).

Braathen, O.-A. (1989) Indoor air pollutants in Norway. In: Man and his Ecosystem. Proceedings of the 8th World Clean Air Congress, The Hague, The Netherlands, 1989. Ed. by L.J. Brassier and W.C. Mulder. Amsterdam, Elsevier. Vol. 1; pp. 283-287.

Braathen, O.-A. (1991) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Forholdet mellom konsentrasjoner av luftforurensninger inne i og utenfor boliger i Grenland. Lillestrøm (NILU OR 8/91).

Grønskei, K.E., Walker, S.E. og Gram, F. (1990) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Beregning av romlige konsentrasjonsfordelinger basert på timevise målinger. Datagrunnlag for eksponering. Lillestrøm (NILU OR 65/90).

Hagen, L., Hoem, K. (1989) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Målinger av meteorologiske forhold og luftkvalitet. Lillestrøm (NILU OR 40/89).

Haugsbakk, I., Grønskei, K.E. (1989) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Luftforurensede utslipp. Lillestrøm. NILU (OR 7/89).

Hjort, N.L. (1988) Estimating the logistic regression equation when the model is incorrect. Technical Report. Oslo, Norwegian Computing Center.

PLANLAGTE NILU-RAPPORTER

Bartonova, A. og Clench-Aas, J. (1991) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Sammenhengen mellom individuelle selvrapporterte helsesyntomer og individuell eksponering. Analyse på tverrsnittsbasis. Lillestrøm, NILU.

Bartonova, A. og Clench-Aas, J. (1991) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Beskrivelse av selv-rapporterte helsedata. Lillestrøm, NILU.

Clench-Aas, J., Harstad, A., Johnsrud, M., Bartonova, A., Braathen, O.-A., Grønskei, K.E. and Hagen, L.O. (1991) Short term investigation of the relationship between air pollution and health effects in Grenland - Estimating individual air pollution exposure in an industrial area in Norway. Lillestrøm, NILU.

Clench-Aas, J., Bjerknes-Haugen, G., Hjort, N.L., Bartonova, A., Halvorsen, K., Samuelsen, S.O. and Bakketeig, L.S. (1992) Short term investigation of the relationship between air pollution and health effects in Grenland - The relationship between self-reported health response and air pollution. Lillestrøm, NILU.

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

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 58/91	ISBN-82-425-0289-7	
DATO SEPTEMBER 1991	ANSV. SIGN. <i>P. Bui</i>	ANT. SIDER 293	PRIS NOK 325,-
TITTEL Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland - Hovedrapport		PROSJEKTLEDER Fra NILU: J. Clench-Aas Fra Folkehelsa: G. Bjerknæs-Haugen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8747	
FORFATTER(E)		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Miljøverndepartementet Statens forurensningstilsyn Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd			
STIKKORD Luftforurensning Helseeffekter Kohortundersøkelse			
REFERAT Rapporten oppsummerer forskjellige deler av kohortundersøkelsen om korttidshelseeffektene av luftforurensninger i et industriområde. For hvert individ ble det på timebasis beregnet eksponering for SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , sulfater, nitrater, finfraksjonert støv, basert på informasjonen fra de enkeltes dagbøker kombinert med geografiske modeller av luftforurensninger, kontinuerlige målinger på 5 stasjoner og målinger utført innendørs/utendørs. Selvrapporterte subjektive og objektive helsedata ble samlet fra 400 deltagere med og uten lungesykdom. Forandringer i lungefunksjonen (PEF) knyttet til forurensning ble ikke påvist. Sammenhenger ble funnet mellom subjektive helseplager og nitrat, O ₃ , og til dels sulfat, NO ₂ og SO ₂ .			
TITLE Short term cohort study of the relationship between health and air pollution in Grenland, Norway - Main report.			
ABSTRACT The report is also written in English.			

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