

NILU OR : 35/86
REFERANSE: O-8303
DATO : JUNI 1986

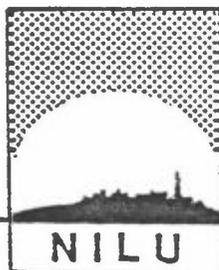
**KORTTIDSSTUDIE AV SAMMENHENGEN MELLOM
LUFTFORURENSNINGER OG
HELSEVIRKNINGER I GRENLAND**

PROSJEKTSKISSE

Jocelyne Clench-Aas*
Trond Bøhler*

Leiv S. Bakketeig**
Tor Haldorsen**

Nils Lid Hjort***



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 130 - 2001 Lillestrøm

NILU OR : 35/86
REFERANSE: O-8303
DATO : JUNI 1986

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

PROSJEKTSKISSE

Jocelyne Clench-Aas*
Trond Bøhler*

Leiv S. Bakketeig**
Tor Haldorsen**

Nils Lid Hjort***

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING*
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM, NORGE

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

NORSK REGNESENTRAL***
POSTBOKS 335 BLINDERN, 0314 OSLO 3, NORGE

ISBN-82-7247-704-1

FORORD

I 1979 gjennomførte Norsk institutt for luftforskning (NILU) en undersøkelse i nedre Telemark angående helseeffekter av luftforurensninger. Resultatene fra den første undersøkelsen ga et godt grunnlag for videre undersøkelser i området.

Miljøverndepartementet og Statens forurensningstilsyn bevilget i 1986 midler for planlegging av en videre helseundersøkelse i området. Denne planleggingsfasen skulle være et samarbeid mellom NILU og SIFF, basert på NILUs tidligere prosjektplan.

Prosjektskissen er inndelt i en hoveddel og flere vedlegg. Hoveddelen gir et kort sammendrag av prosjektskissen og detaljerte beskrivelser er gitt i vedleggene.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	3
1 INNLEDNING	7
2 MÅL	10
3 PROSJEKTBEKRIVELSE	10
3.1 Forsøksgruppe - valg og størrelse	11
3.2 Utslippskartlegging - Måleprogram for luftkvalitet og meteorologi	11
3.3 Kartlegging av luftforurensningseksposering	13
3.4 Virkningsparametre	13
3.5 Data-analyse og statistisk bearbeidelse	13
4 PERSONELL OG ORGANISERING AV PROSJEKTET	14
5 FRAMDRIFTSPLAN	15
6 KOSTNADSOVERSIKT.....	16
7 REFERANSER	19
VEDLEGG 1: Valg av metode for helseundersøkelsen	
1.1 Beskrivelse av alternative typer undersøkelser.....	25
1.2 Valg av studiemetode.....	30
VEDLEGG 2: Luftforurensning og helseeffekter	
2.1 Luftforurensninger.....	33
2.1.1 Generelt om luftforurensninger	33
2.1.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold i Skien-Porsgrunn området.....	34
2.2 Helsevirkninger	42
2.2.1 Generelt om helsevirkninger.....	42
2.2.2 Oversikt over relevant litteratur.....	43
2.2.2.1 Resultater fra kammerforsøk	45
2.2.2.2 Resultater fra kohort-studier	47
2.3 Vurdering av forurensningsnivået i Grenland-området og mulige helseeffekter	48
VEDLEGG 3: Forsøksgruppe - valg og størrelse	
3.1 De som lider av luftveissykdommer	57
3.2 De som ikke lider av luftveissykdommer	57
3.3 Valg av størrelsen på forsøksgruppene	57
3.4 Opprettholdelse av deltagerne gjennom undersøkelsesperioden	58

VEDLEGG 4: Utslippskartlegging - Måleprogram for luftkvalitet og meteorologi	
4.1 Utslippskartlegging	63
4.2 Måleprogram for meteorologi	63
4.3 Måleprogram for luftkvalitet	64
4.3.1 Utendørs målinger	66
4.3.2 Studie av typiske "mikromiljøer"	68
4.4 Pollenmålinger	68
4.5 Kartlegging av luftforurensningseksposering	69
VEDLEGG 5: Virkningsparametre	
5.1 Valg av virkningsparametre	73
5.1.1 Toppstrøms hastigheter (peak flow - PEF)	73
5.1.2 Bruk av medikamenter	73
5.1.3 Egen vurdering av symptomer i luftveissykdommer	73
5.1.4 Egen vurdering av trivsel og ubehag	74
5.1.5 Blindvariable	74
5.1.6 Sammenslåtte variable	74
5.2 Målemetoder for virkningsvariablene	75
5.2.1 Mini-Wright Peak Flow Meter	75
5.2.2 Daglig spørreskjema for virkningsvariable	76
VEDLEGG 6: Data-analyse og statistisk bearbeidelse	
6.1 Datainnsamling og bearbeidelse	79
6.2 Eksponeringsberegninger	80
6.3 Data-analyse.....	81
6.3.1 Statistiske analyser av helsevariable	81
6.3.2 Annen og utfyllende statistisk analyse	83
6.3.3 Valg av størrelse på forsøksgrupper	84
VEDLEGG 7: Prosjektgjennomføring	
7.1 Forberedelsesfase	93
7.1.1 Pilotforsøk	93
7.1.2 Valg av forsøkspersoner	93
7.1.3 Valg og opplæring av ansatte	94
7.1.4 Forberedelse av forskjellige typer spørreskjemaer	94
7.1.5 Forberedelse av håndbøker/instrukser	95
7.2 Gjennomføring av undersøkelsen	95
7.3 Databearbeidelse	96

**KORTTIDSSTUDIE AV SAMMENHENGEN MELLOM LUFTFORURENSNINGER
OG AKUTTE HELSESKADER I GRENLAND**

PROSJEKTSKISSE

1 INNLEDNING

I Grenland finnes mange forskjellige industrianlegg (petrokjemi, kunstgjødsel, sement, ferrosilisium og cellulose) i en lang (15 km) og smal (3 km) dal (figur 1). Luftforurensningene i området inneholder derfor en rekke forskjellige kjemiske forbindelser som svoveldioksid, nitrogenoksider, hydrokarboner og partikulære forbindelser. Luftforurensningen i området er såvidt betydelig at det er grunn til bekymring for mulige virkninger på befolkningens helse og trivsel.

I Skien-Porsgrunn området har det tidligere vært utført en tverrsnittundersøkelse av sammenhengen mellom helsevirkninger og luftforurensninger. Den ble utført i 1979 av NILU, og var en omfattende intervjuundersøkelse for å få et inntrykk av helsetilstanden når en tok hensyn til alder, kjønn, røykevaner, arbeidsforhold osv. Over 5000 mennesker ble spurt om helsetilstand, særlig de siste 14 dager. Disse svarene ble undersøkt ved å dele inn området i grad av luftforurensning som avspeilet nivåer av flere komponenter. Denne undersøkelsen viste at luftforurensninger i området kunne ha betydning for menneskers helse og trivsel. Det ble også påvist en samvariasjon med luftforurensningsnivået for lungesyntomer og hodepine hos både voksne og barn. Sammenhengen var tydeligst hos kvinner (Siem og Skogvold, 1981). Dette studiet var lagt opp slik at hovedsiktemålet var å registrere helsestatus i de siste 14 dager, men helsetilstand generelt var også inkludert. Tendensen var økt hyppighet av astma hos barn, og bronkitt hos voksne i de mest forurensete områdene.

Andre undersøkelser støtter disse observasjoner. Statens skjermbildefotografering har gjennomført en studie for noen fylker i Norge, som viste blant annet sammenhengen mellom hoste, slim og luftforurensning (hovedsakelig SO₂)

hos voksne menn (Bjartveit et al., 1983). En undersøkelse av mindre omfang gjort i Skien (Clausson og Oland, 1981) viste de samme tendenser.

Menneskelig opptak av luftforurensninger er avhengig av både utendørs og innendørs forurensningskilder. Luftkvaliteten kan påvirke helse i forskjellig grad fra å øke de mindre alvorlige plager som påvirker den daglige trivsel, til å øke symptomer og dødelighet av de mer alvorlige sykdommer, som f. eks., astma, kreft, hjerte- og lungesykdommer. Selv om nedsatt trivsel og sjenanse er mindre alvorlig enn f. eks. kreft, kan nedsatt trivsel ha betydning fordi det berører så mange personer.

En studie av helsevirkninger er både tidkrevende og kostbar. Det er derfor nødvendig å vurdere muligheten for å kunne måle en helseeffekt av luftforurensninger i området. Dette kan gjøres ved å sammenholde målte nivåer av forskjellige luftforurensninger i Grenland med tilsvarende verdier fra utenlandske helseundersøkelser. En slik sammenligning viser at i Grenland er konsentrasjonene av en rekke forurensningskomponenter høyere enn de nivåer som har ført til målbare helseeffekter andre steder (tabell 2-6, Vedlegg 2).

Til tross for en betydelig nedgang i utslippene, har befolkningen i Telemark også i de senere år vært plaget av luftforurensninger. Antall klager til SFTs kontrollseksjon i Telemark synes imidlertid å være på vei nedover. De mottok 114 klager fra 45 personer i 1983 og 268 klager fra 105 personer i 1982.

Grenlandsundersøkelsen i 1979 (Siem og Skogvold, 1981) viste at det var en mulig sammenheng mellom luftforurensninger og enkelte symptomer av luftveislidelser og hodepine hos både barn og voksne. Denne tverrsnittsundersøkelsen kunne derimot ikke gi svar på hvilke komponenter som var de mest sannsynlige årsaker til disse helsevirkningene.

I en videre og mer detaljert undersøkelse er det derfor nødvendig å utforme undersøkelsen slik at dette er mulig. De viktigste momentene er som følger;

- 1) - en bør kunne skille de effekter som gjelder luftforurensning ut fra de som skyldes faktorer som f.eks. alder, kjønn, røykevaner, utdanning, ernæring osv. I tillegg bør prosjektet om mulig, skille mellom virkningen av de enkelte luftforurensningskomponenter.

- 2) - prosjektet må inneholde de aktuelle problemer myndighetene har: a) det må gjelde de områder som er aktuelle (f.eks. Skien og Porsgrunn), b) en bør ha med risikogruppene - barn, eldre, gravide, lungesyke osv. og c) bør være representativt for befolkningen.
- 3) - prosjektets kostnadsramme bør stå i rimelig forhold til mulige resultater, og sist, men ikke minst, bør prosjektet kunne gi svar innen en rimelig tidsbegrensning.

Den tidligere helseundersøkelsen i Grenland gir et godt utgangspunkt for en mer inngående studie av virkningene av luftforurensning på befolkningens helse og trivsel i området. Denne undersøkelsen ga ikke svar på betydningen av sosiale faktorer og hvilken komponent eller gruppe av komponenter som har størst betydning for mulige helseskader. Derfor er det nødvendig med en mer detaljert undersøkelse med mer omfattende målinger av luftforurensning og bruk av en kohort-undersøkelse hvor deltagerne er sin egen kontroll.



Figur 1: Kart over Grenland med lokalisering av de viktigste industri-utslipp.

2 MÅL

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

De spørsmål som skal testes er:

- 1) Har enkelte luftforurensningskomponenter som SO_2 , NO_x , O_3 , partikler, $\text{SO}_4^{=}$, etc., målbare virkninger på menneskers helse og trivsel?
- 2) Hvilke kombinasjoner av luftforurensninger og meteorologiske parametre har effekt på menneskers helse og trivsel?
- 3) Vil vanlig dis ha innvirkning på menneskers oppfatning av egen helse og trivsel?

3 PROSJEKTBEKRIVELSE

En kortvarig kohort-studie (4-6 mndr) hvor personene er sin egen referanse, vil egne seg best til å måle små, men viktige, forandringer i helsestatus. Denne metoden er den mest anvendelige når man skal studere hvilken komponent eller gruppe av komponenter som kan gi effekter.

To kohort-grupper, en med lungefriske og en med personer som har kronisk obstruktiv lungelidelse, vil bli fulgt daglig i hele forsøksperioden ved bruk av spørreskjemaer. Registrering av meteorologiske forhold og luftkvalitet vil bli utført samtidig.

3.1 FORSØKSGRUPPER - VALG OG STØRRELSE

Forsøksgruppene består av:

- 1) 80 personer i alderen 4-75 år som lider av en kronisk obstruktiv lungelidelse som har vart i minst ett år.
- 2) 120 personer i alderen 18-75 år som ikke lider av kronisk obstruktiv lungelidelse.

Det forutsettes at ingen av forsøkspersonene er varig institusjonaliserte. Videre forutsettes at samtlige bor og hovedsakelig oppholder seg (arbeider/-studerer) i Grenlandsområdet. Gruppen med lungelidelser rekrutteres dels via Diagnosestasjonen for lungesyke (Telemark) og dels fra Barneavdelingen, Telemark sentralsykehus.

Personer med luftveissykdommer er valgt siden de er mest følsomme for små endringer i luftforurensningssituasjonen. En gruppe med friske mennesker er også tatt med for å studere om endringer i konsentrasjonen av luftforurensninger har innvirkning på deres trivsel, dvs. utslag i form av hodepine, sår hals osv. Det er viktig at denne gruppen er med for å kunne overføre resultatene av undersøkelsen til befolkningen generelt i Grenland-området.

3.2 UTSLIPPSKARTLEGGING - MÅLEPROGRAM FOR LUFTKVALITET OG METEOROLOGI

I denne type studie er det vesentlig å kartlegge hvilke stoffer og i hvilke konsentrasjoner deltagerne utsettes for i hele forsøksperioden. I tillegg til målinger er konsentrasjoner i uteluft er det derfor viktig å studere de forskjellige "mikromiljøer" deltagerne oppholder seg i, f.eks. innendørs og i biler.

Med kjennskap til meteorologi og utslippsdata er det mulig ved bruk av spredningsmodeller å beregne utendørskonsentrasjoner i området. For å utarbeide en utslippsoversikt over luftforurensninger i området er det behov for følgende informasjon:

- Befolkningsdata (geografisk fordeling, levemønster).
- Lokalisering og beskrivelse av industri med utslipp til luft.
- Forbruk av olje (og eventuelt andre fossile brensler).
- Trafikkfordeling i gate- og veinett.
- Utslipp fra havneanlegg og jernbane.
- Avfallsforbrenning (anleggstype, lokalitet, mengder).

Undersøkelsen bør foregå i to perioder, fortrinnsvis januar-februar og mai-juni, med en forberedende fase på minimum et halvt år. Tid på året er valgt for å dekke årstidsvariasjoner, inkludert pollensesongen, og disse vil være minst mulig forstyrret av ferietid. Varighet av periodene må være minimum 2 måneder for å få en representativ beskrivelse av de meteorologiske forhold i området for hver årstid.

Følgende komponenter inngår i måleprogrammet for meteorologi og luftkvalitet:

- Vind (retning/styrke)
- Temperatur
- Relativ fuktighet
- Stabilitet
- Svoveldioksid
- Nitrogenoksider
- Ozon
- Sulfat
- Nitrat
- Ammonium
- Klorid
- Karbonmonoksid
- Sikt
- Partikkelinnhold (to størrelsesfraksjoner)
- Pollen

Måleprogrammet for luftkvalitet er basert på fem faste stasjoner for måling av konsentrasjoner utendørs. I tillegg vil det bli benyttet en mobil enhet for å fremskaffe forholdstall mellom konsentrasjoner i uteluft og typiske "mikromiljøer", som f.eks. i biler, oppholdsrom og arbeidsmiljø. Disse vil pågå i ca 3 uker i hver periode.

3.3 KARTLEGGING AV LUFTFORURENSNINGSEKSPONERING

Når man sammenholder helseeffekter med luftforurensninger er det viktig å kartlegge den reelle eksponering av de enkelte forurensninger som hver deltager blir utsatt for. Som eksempel kan nevnes at innendørs ozon-konsentrasjoner kan være ca 10-50% av utendørs verdier, mens partikkelinnholdet innendørs kan være opptil 300% sammenlignet med utendørs verdier, hvis det finnes innendørs kilder (røyking, osv). Denne undersøkelsen vil derfor bruke en dagbok-metode, hvor hver deltager fyller ut et skjema som beskriver antall timer tilbrakt i forskjellige mikro-miljøer som innendørs, utendørs, i bil, osv. Denne informasjonen vil så bli benyttet til å beregne den reelle eksponeringen av de enkelte luftforurensninger.

3.4 VIRKNINGSPARAMETRE

Generelt er det valgt virkningsvariabler som skal reflektere lungefunksjon, egenvurdering av symptomer av luftveislidelser, bruk av medikamenter og symptomer av ubehag og trivsel.

De foreslått variabler:

- toppstrøms hastigheten (PEF) ved bruk av Mini-Wright peak flow meter
- daglige endringer i symptomer
- bruk av medikamenter
- daglige endringer i trivsel og følelser av ubehag

Disse variabler skal måles ved hjelp av spørreskjemaer som fylles ut daglig.

3.5 DATA-ANALYSE OG STATISTISK BEARBEIDELSE

En helseundersøkelse av et slikt omfang vil gi store datamengder som må kodes, registreres, kontrolleres og bearbeides. Målinger av luftforurensninger og meteorologi vil sammen med utslippsdata benyttes til å beregne konsentrasjoner utendørs av de enkelte komponenter. Aktivitetsvariabler vil bli brukt for å estimere den reelle eksponering til forurensninger over døg-

net. Virkningsvariablene blir deretter sammenholdt med eksponeringsverdiene ved bruk av spesielle statistiske metoder for å undersøke sammenhengen mellom de enkelte luftforurensninger og helsevirkninger.

Datamaterialet fra en slik helseundersøkelse har en del spesielle trekk. Noen av variablene er subjektive, dvs. er avhengige av personen som rapporterer. Mange variable er dikotome idet de angir forekomst (ja/nei) av et symptom eller hendelse. Videre vil det for en del variable være avhengighet mellom observasjonene for på-hverandre-følgende dager/tidspunkter. Det er utarbeidet spesielle statistiske metoder for analyse av slike data, blant annet Korn- og Whittemore-modellen. Denne har vært brukt i lignende undersøkelser med tilfredsstillende resultat. Den og andre tilsvarende metoder vil bli brukt i Grenlandsundersøkelsen.

4 PERSONELL OG ORGANISERING AV PROSJEKTET

Prosjektet tenkes organisert ved at NILU vil stå ansvarlig for prosjektets organisering, praktisk gjennomføring, databearbeidelse, statistiske analyser og rapportskrivning,

Luftmålinger både innendørs og utendørs er NILUs ansvar i samarbeid med Statens forurensningstilsyns kontrollseksjon i nedre Telemark.

Statens Institutt for Folkehelse (SIFF) vil stå ansvarlig for den medisinske del av prosjektet som inkluderer bl.a. valg av deltakere, valg av inklusjons- og eksklusjonskriteria, testing av helse- og lungefunksjon, og oppfølging av deltakernes helse gjennom undersøkelsen. I tillegg blir den praktiske, daglige gjennomføringen av prosjektet når selve undersøkelsen er i gang, utført av lokalt ansatte i nedre Telemark, under ansvar av SIFF i nært samarbeid med NILU.

Prosjektet vil også inkludere en gruppe spesialister innen de aktuelle fagområder av prosjektet som f.eks. lungefunksjon, statistikk, epidemiologi, osv. og disse vil gi faglige råd og støtte gjennom prosjektets gjennomførelse.

NILUs prosjektgruppe vil inkludere:

- To forskere, ansvarlig for henholdsvis prosjektorganisering og program for luftkvalitet og meteorologi.
- Minst to prosjektmedarbeidere for å dekke praktisk gjennomføring av både luftmålinger og datainnsamling og andre praktiske problemer gjennom hele prosjektet.
- En datagruppe for registrering og tilrettelegging av data, bearbeidelse, rensing, modellutvikling, osv.

SIFF's prosjektgruppe vil bestå av:

- En heltidsansatt lege som er ansvarlig for den medisinske delen
- En sekretær på halv tid
- To sykepleiere for uttak og intervjuing av forsøkspersonene, og for oppfølging og administrasjon i måleperioden. Disse arbeider lokalt i Skien/Porsgrunn til undersøkelsesperiodens slutt.

5 FRAMDRIFTSPLAN

Framdriftsplanen er vist i tabell 1 nedenfor. I den forberedende fasen vil det tas kontakt med lokale myndigheter, opprette lokale kontorer for kontroll og oppfølging og velge deltakere til undersøkelsen. Etableringen av måleprogrammet for luftkvalitet og meteorologi vil foregå i november - desember og målingene vil starte 1. januar. Denne fasen bør ha en varighet på minimum et halvt år. Selve undersøkelsen vil foregå i to perioder, januar - februar og mai - juni 1987, og deretter er det nødvendig med 2 år for bearbeiding av det store datamaterialet som samles inn, slik at avsluttende rapportering vil skje i første halvdel av 1989. En mer detaljert beskrivelse av tidsplanen er gitt i tabell 2.

Tabell 1: Fremdriftsplan for undersøkelsen.

	År 1	År 2	År 3	År 4
Forberedelser	—			
Intervjuer, valg av deltakere	—			
Utslippsoversikter	—			
Undersøkelsen, feltarbeid		—		
Databearbeiding, modellutvikling/beregninger		—	—	
Statistisk bearbeiding		—	—	
Fremdriftsrapportering	—	—	—	
Avsluttende rapportering			—	—

6 KOSTNADSOVERSIKT

Samlet kostnadsoversikt (med innarbeidet prisstigning for 1987, 1988, 1989 og 1990) for den foreslått undersøkelsen er vist i tabell 3 nedenfor. Utgiftene til måleprogrammet for meteorologi og luftkvalitet er baserte på fem faste målesteder for utendørs målinger og en mobil enhet for måling av innendørs/utendørs forhold. Målingene som utføres av SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark er ikke inkludert i budsjettet.

Følgende moment må presiseres :

- Start av feltarbeid er januar 1988. Forutsetning for å begynne i felt er minimum 6 måneders forberedelser.
- Feltarbeidet må foregå i den foreslåtte rekkefølge, dvs januar-februar og deretter mai-juni. Dette på grunn av ansettelse lokalt, intervjuene blant deltakerne og leie av instrumenter.

Tabell 2: Grenland helseundersøkelse - Tidsplan med nøkkelaktiviteter.

	År 1	År 2	År 3	År 4
Jan.		*Begynne i felt, periode 1	*Modell-beregninger og statistisk analyse	
Feb.		Begynne data-registrering, periode 1	↓	
Mars		Start modell-utvikling - tilpassing. Vurdering av periode 1	↓	
April		*Sjekking av instrumenter, bearbeiding av måledata, periode 1	↓	
Mai		*Begynne i felt, periode 2. Testing av modeller	↓	
Juni			↓	
Juli	*Får kontrakt *Bestille NILU-utstyr *Velge intervjuobjekter	*Nedtaking av instrumenter o.l.		Ferdig
Aug.	Etablere kontor og undersøkelsesrom. Bestille trekking av utvalg.		Rapportering	
Sep.	Lage innbydelseskjema, intervju-skjema. Begynne verving/intervjuing.	*Registrering av data, periode 2	↓	
Okt.	Begynne legeundersøkelser. Pilotprosjekt på helsekjema.	Bearbeiding av måledata, periode 2	↓	
Nov.	Evaluere pilotprosjekt.	Sammenkopling av data, tilpassing	↓	
Des.	Endelig valg av deltakere. Utarbeide endelige skjema.	↓	↓	

*Aktiviteten må gjennomføres til angitt tid for at prosjektet ikke skal bli vesentlig forsinket.

Tabell 3: Kostnadsoversikt for undersøkelsen (med innarbeidet prisstigning for 1987, 1988, 1989 og 1990).

AKTIVITETER	1987	1988	1989	1990	DELSUM	TOTALT
I. HELSE						
- Medisinsk ansvar og koordinering, undersøkelse og rapportering	180	480	520	300	1480	
- Skjema og instruksjer	60				60	
- Intervjuing og instruksjon	160				160	
- Pilotundersøkelse	60				60	
- Innhenting av data, kontakt, instruksjon og veiledning av forsøkspersonene		390			390	
- Kontroll og administrasjon av data		130			130	
- Trekking av utvalg	5				5	
- Reise, kost, ledelse	30	30	10	10	80	
- Reise, lokalt	10	20			30	
- Materiellkostnader, leie av utstyr	20	15			35	
- Leie av tjenester	10	10			20	
- Kontorhold, lokalt	20	25			45	
- Porto, telefon, lokalt	15	35			50	
- Instrumentkjøp og modifikasjoner	150				150	
- Spørreskjemaer, trykking	40				40	
Delsum	760	1135	530	310		2735
II. METEOROLOGI OG LUFTKVALITET (NILU)						
A. Utendørs						
- Forberedelse, oppmontering	175				175	
- Instrumentleie		560			560	
- Drift	35	170			205	
- Nedtaking		85			85	
B. Mikromiljøer						
- Kartlegging av hustyper	70	35			105	
- Forberedelse, oppmontering	135	60			195	
- Instrumentleie		90			90	
- Drift	20	195			215	
C. Analyser						
- Uteluft		670			670	
- Mikromiljøer		75			75	
D. Utslippskartlegging	130	255			385	
Delsum	565	2195	0	0		2760
III. BEARBEIDELSE AV MALEDATA						
- Kontrollrutiner	230	240	-	-	470	
- Modellutvikling/tilpassing	230	390	40	-	660	
- Modellberegninger	75	515	410	-	1000	
- Data-analyser			200	75	275	
- Datamaskinkostnader	80	120	70	30	300	
- Statistisk hjelp (NR)	155	210	40	30	435	
- Koding og punching		205			205	
Delsum	770	1680	760	135		3345
IV. PROSJEKTLLEDELSE						
- Administrasjon	175	220	185	75	655	
- Rapportering	70	60	190	220	540	
- Reiser, kost og diett	65	50	20	30	165	
Delsum	310	330	395	325		1360
TOTALT	2405	5340	1685	770		10200

7 REFERANSER

- Ahmed, I., Danta, I., Dougherty, R.L., Schreck, R. og Sackner, M.A. (1982-a) Effect of NO₂ (0.2 ppm) on specific bronchial reactivity to ragweed in subjects with allergic asthma. Am. Rev. Respir. Dis., 127, 160.
- Ahmed, T., Marchette, B., Danta, I., Birch, S., Dougherty, R.C., Schreck, R. og Sackner, M.A. (1982-b) Effect of 0.1 ppm NO₂ on bronchial reactivity in normals and subjects with chronic asthma. Am. Rev. Respir. Dis., 125, 152.
- Berglund, B., Lindvall, T. og Sundell J. (1984) Indoor Air. Volume 1-5. 3rd International Proceedings of Conference on Indoor Air Quality and Climate, Stockholm, August 20-24, 1984. Stockholm, Swedish Council for Building Research.
- Bjartveit, K., Foss, O.P. og Gjervig, T. (1983) The cardiovascular disease study in Norwegian counties - results from first screening. Acta Medica Scandinavica, Suppl. 675.
- Boushey, H.A. (1984) Determinants of airway responses to sulfur dioxide. In: Indoor Air Volume 3. Sensory and Hyperreactivity Reactions to Sick Buildings. B. Berglund, T. Lindvall, J. Sundell, eds. Stockholm, Swedish Council for Building Research. pp 203-209.
- Clausson, 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., Thomassen, T., Skaug, K. og Levy, F. (1984) Blood lead - a function of vehicular emissions and smoking. Part I. Lillestrøm (NILU OR 43/84).
- Contant, C.F., Stock, J.H., Holguin, A.H., Gehan, B.M., Kotchmar, D.J., Buffler, P.A. og Hsi, B.P. (1983) Empirical models for estimating exposures to air pollutants in a health effect study. In: National symposium on Recent Advances in Monitoring of Ambient Air and Stationary Sources. Proceedings. Raleigh, N.C. pp 206-219 (EPA-600/9-84-001).
- Duan, N. (1982) Models for human exposure to air pollution. Environ. Int., 8, 305-9.

Emetz, L. og Camner, P. (Eds.) (1983) Motor Vehicles and Clean Air - Health Risks Resulting from Exposure to Motor Vehicle Exhaust. National Swedish Institute of Environmental Medicine.

Evans, M.J. (1984) Oxidant gas. Environ. Health Perspect., 55, 85-96.

Frezieres, R.G., Coulson, A.H., Katz, R.M., Detels, R., Siegel, S.C. og Rachelefsky, G.S. (1982) Response of individuals with reactive airway disease to sulfates and other atmospheric pollutants. Ann. Allergy, 48, 156-165.

Fugas, M. (1975) Assessment of total exposure to an air pollutant. In: Proc. of the International Conference on Environmental Testing and Assessment. Vol 2, paper no. 38-5.

Hackney, J.D., Thiede, F.C., Linn, W.S., Pedersen, E.E., Spier, C.E., Law, D.L. og 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.

Hanssen, J.E. og Sivertsen, B. (1977) Bamble-undersøkelsen. Måling av luftforurensning i Grenland 1975/76. Lillestrøm (NILU OR 2/77).

Hansteen, I.L. (1983) Arvestoffskader og miljøpåvirkning. Porsgrunn, Telemark Sentralsykehus, Yrkesmed. avd. (Rapport 83.03.)

Hazucha, M.J., Ginsberg, J.F., McDonnell, W.F., Haak, E.D., Pinnel, R.L., Saloam, S.A., House, D.E. og Bromberg, P.A. (1983) Effects of 0.1 ppm nitrogen dioxide on airways of normal and asthmatic subjects. J. Appl. Physiol., 54, 730-739.

Holguin, A.H., Buffler, P.A., Contant, C., Stock, T.H., Kotchmar, D.J., Hsi, B., Jenkins, D.E., Gehan, B.M., Noel, L. og Mey, N. (1985). The effects of ambient ozone exposure on the probability of asthmatic attack. Proceedings of APCA - Speciality Conference on Ozone - Oxidant standard. Houston, November 1984.

Hov, Ø og Semb, A. (1984) Disdannelse i Grenland - Sammendragsrapport. Lillestrøm (NILU OR 62/84.)

Jensen, A. og Sand, N. (1983) Nærmiljø og forurensning i Skien - en dagbokundersøkelse. Hovedoppgave - Telemark distriktshøyskole.

- Kilburn, K.H.(1984) Particles causing lung disease. Environ. Health Perspect., 55, 97-110.
- Korn, E.L. og Whittemore, A.S.(1979) Methods for analyzing panel studies of acute health effects of air pollution. Biometrics, 35, 795-802.
- Larssen, S.(1979) Måling av forurensningsdis på As i Grenland, vinteren 1978/1979. Lillestrøm (NILU OR 15/79).
- Larssen, S.(1980) Undersøkelse av forurensningsdis på Klyve i Grenland, sommeren 1979. Lillestrøm (NILU OR 40/80).
- Morrow, P.E.(1984) Toxicological data on NOx: An Overview. J. of Toxicol. Env. Health, 13, (2-3) 205-227.
- Noel, L.(1984) Respiratory illness and air pollution. Lillestrøm (NILU TR 9/84).
- Norsk institutt for luftforskning(1980) Arsberetning 1979. Lillestrøm. s. 24-29.
- Orehek, J., Massari, J.P., Gayrard, P., Grimaud, C. og 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, (10) 880-886.
- Perry, G.B., Chai, H., Dickey, D.W., Jones, R.H., Kinsman, R.A., Morill, C.G., Spector, S.L. og Weiser, P.C.(1982) Effects of particulate air pollution on asthmatics. Am. J. Public Health, 73, (1) 50-56.
- Schjoldager, J.(1982) Luftforurensning fra Union Bruk, Skien. Juni 1980 - juni 1981. Lillestrøm (NILU OR 12/82).
- Schjoldager, J., Dreiem, R., Wathne, B.M., Johannessen, T., Stige, L. og Tveita, B.(1984) Målinger av ozon. Østlandet - Telemark - Sørlandet 1981-83. Målinger av PAN, Telemark 1983. Lillestrøm (NILU OR 34/84, SFT-rapport 115/84).

Snedecor, G.W. og Cochran, W.G. (1967) Statistical methods. Iowa, 6th ed, Iowa State University Press.

Siem, H. og Skogvold, O.F. (1981) Helseundersøkelsen i Grenland 1979 - En sammenligning av luftforurensing og helse i Porsgrunnsområdet og Larvikområdet. Lillestrøm (NILU OR 34/81).

Silverman, F., Corey, B., Mintz, S., Olver, P. og 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. og Goldsmith, C.H. (1982-b) Exposure estimates in assessing health effects of air pollution. Environ. Monit. Assess., 2, 233-245.

Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning - virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport nr. 38).

Statens forurensningstilsyn. Kontrollseksjonen (1983) Årsrapport 1982 for industriforurensning i nedre Telemark. Porsgrunn.

Statens forurensningstilsyn. Kontrollseksjonen (1984) Årsrapport 1983 for industriforurensning i nedre Telemark. Porsgrunn.

Whittemore, A.S. og Keller, J. (1979) Asthma and air pollution: A quantitative theory. Proceedings of SIMS Conference on Energy and Health, N.E. Breslow and A.S. Whittemore (eds.). Philadelphia, SIAM.

Whittemore, A.S. og Korn, E.L. (1980) Asthma and air pollution in the Los Angeles area. Am. J. Public Health, 70, 687-696.

VEDLEGG 1**VALG AV METODE FOR HELSEUNDERSØKELSEN**

1 VALG AV UNDERSØKELSESTYPEN

1.1 BESKRIVELSE AV ALTERNATIVE TYPER UNDERSØKELSER

Den skisserte epidemiologiske undersøkelsen er valgt ut fra flere mulige typer undersøkelser (oppsummert i tabell 1-1):

- 1) Dyreforsøk, hvor små dyr med kort levetid er eksponert for høye konsentrasjoner av en eller flere komponenter med det mål å kunne overføre de målte effekter til mennesker.
- 2) Eksperimentell undersøkelse, hvor menneskers respons til luftforurensningskomponenter undersøkes ved bruk av kammer med regulerte nivåer av de enkelte komponenter, men hvor eksponeringstiden sjelden overskrider 8 timer. Fysiologiske parametre måles før og etter for å kontrollere effekten av disse komponentene.
- 3) Epidemiologiske undersøkelser, hvor en prøver å beskrive helseeffekter ved å undersøke befolkningsgrupper eksponert til luftforurensning. Det vanlige livsmønsteret blir ikke forstyrret i slike undersøkelser. Disse studiene kan undersøke mortalitet eller morbiditet, og kan følge tre forskjellige design-typer:
 - a) Tverrsnittsundersøkelse, hvor en sammenligner tilfeldig valgte populasjoner fra ulike steder med hverandre. De blir spurt om sykdommer, livsmønster og mulig eksponering til luftforurensninger og andre risikofaktorer. Antall mennesker med den undersøkte sykdom blir registrert. En undersøger både årsak og effekter på samme tid.
 - b) Pasient-kontroll (case-control) eller "case-comparison", hvor en velger mennesker med en sykdom (case) og mennesker uten sykdom (control or comparison) som er så lik den "syke" gruppen som mulig i alder, kjønn, røykevaner etc. Eksponering til luftforurensning undersøkes retrospektivt. Ved hjelp av statistiske analyser kan en bestemme hvorvidt eksponeringen har betydning for forekomst av sykdom.

Tabell 1-1: Beskrivelse av alternative studie-design og evaluering av disse.

VALG AV STUDIE DESIGN

STUDIE DESIGN	OMFANGET AV UNDERSØKELSEN	MULIGHET TIL Å ETTERKOMME STUDIETS KRAV		
		Vitenskapelig behov		Sosialt behov
		Mulighet til å skille effekter av ulike luftforurensningskomponenter	Mulighet til å skille ut biologiske, sosiale, o.l. effekter	
TVERRSNITTS-EPIDEMIOLOGISK UNDERSØKELSE				
1. Morbiditet	Måle sykdommers prevalens	Ikke mulig	Ikke tilfredsstillende	Tilfredsstillende
2. Mortalitet	Måle sykdommers prevalens, men mindre tilfredsstillende enn ved morbiditet	Ikke mulig	Ikke tilfredsstillende	Tilfredsstillende
KOHORT				
1. Langtidsvirkninger	Måle insidens av morbiditet og mortalitet	Ikke mulig	Ikke tilfredsstillende	Tilfredsstillende
2. Korttidsvirkninger				
a) Friske mennesker som undersøkes før, under og etter trening	Måle effekt av ekstra høyt inntak av luft på grunn av økt ventilasjon	Gode muligheter	Tilfredsstillende	Ikke tilfredsstillende
b) Friske mennesker som undersøkes kun ved spørreskjema	Måle daglig variasjon i trivsel	Gode muligheter	Tilfredsstillende	Moderat Ikke tilfredsstillende
c) Sensibel gruppe (en gruppe som har en eller annen kronisk sykdom) (undersøkes daglig ved spørreskjema/tester)	Daglig variasjon i ubehag, symptomer osv.	Gode muligheter	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
EKSPERIMENTELL UNDERSØKELSE				
1. Friske mennesker som undersøkes før, under eller etter trening	Måle utførelse og trivsel	Meget tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Ikke tilfredsstillende
2. Friske mennesker som undersøkes med et spørreskjema	Variasjon i trivsel	Meget tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Ikke tilfredsstillende
3. Sensibel gruppe (en gruppe som har en eller annen kronisk sykdom) (undersøkes ved daglig spørreskjema/tester)	Måle variasjoner i symptomer og trivsel	Meget tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Ikke tilfredsstillende
PASIENTKONTROLL (case-control)	Beskrive sykdommers etiologi	Ikke mulig	Moderat tilfredsstillende	Tilfredsstillende

- c) Kohort-undersøkelse, hvor hvert individ av en menneskegruppe måles gjentatte ganger over et tidsrom av måneder eller år, og derfor brukes som sin egen referanse. Helsetilstanden blir sammenlignet med eksponeringen av luftforurensninger i samme tidsrom.

Undersøkelsesmetodene beskrevet ovenfor har alle sine fordeler og ulemper. Ved dyreforsøk kan man beskrive ganske nøyaktig hvordan en komponent virker inn fysiologisk, men det er vanskelig å overføre resultatene fra slike forsøk til å gjelde mennesker.

En eksperimentell undersøkelse, hvor man bruker kjente konsentrasjoner av enkelte komponenter, gir den beste mulighet for å svare på effekter av komponenter på menneskers helse. Ved å sammenligne de samme individer med seg selv under forskjellige kombinasjoner av luftforurensningskomponenter kan en effektivt skille ut effekter av kompliserende faktorer. Denne type undersøkelse er ut fra de vitenskapelige krav best egnet til å svare på spørsmål om virkninger, men den kan være veldig kostbar, spesielt når slike forsøkskamre ikke eksisterer (som i Norge). En slik undersøkelse måler bare kortvarige effekter og symptomer av luftforurensning. Det byr også på moralske problemer å gi skadelige doser av luftforurensninger til f.eks. astmatikere. Derfor er slike forsøk stort sett utført med friske mennesker.

En tverrsnittsundersøkelse vil gi svar på mulige sammenhenger mellom f.eks. luftforurensninger og hyppighet (prevalens) av mer alvorlige sykdommer. Det er imidlertid ikke mulig å bestemme hvilke luftforurensningskomponenter som er årsaken, og det er vanskelig å skille ut kompliserende faktorer, som f.eks. kjønn, røykevaner, økonomiske forhold etc. Slike undersøkelser gir mye informasjon til en rimelig pris, tar kort tid og tilfredsstillende de sosiale behov som er nevnt.

Sammenlignet med en tverrsnittsundersøkelse, har en pasient-kontroll studie større mulighet til å kontrollere kompliserende faktorer. Den sammenligner hver pasient med en eller flere kontrollvalgte som er så lik som mulig pasient i alder, kjønn, sosial/økonomisk nivå etc. En slik undersøkelse har sin svakhet i at eksponeringen undersøkes i ettetid. Glemselseffektene kan være forskjellig for pasient og kontrollgruppen.

I en kohort-studie følges en gruppe mennesker over tid. Helsetilstanden for hver deltager registreres to eller flere ganger daglig. Dette gir grunnlag for å unngå kompliserende faktorer som røykevaner, økonomiske forhold osv.

Kohort-studier kan inndeles i to alternativer:

- 1) Måling av langtidsvirkninger ved å sammenligne sykdommers insidens over tid i høyt og lavt belastede områder.
- 2) Måling av korttidsvirkninger ved å måle små endringer i helse og trivsel.

En oversikt over de to alternativene er gitt i tabell 1-2. Alternativ 1 handler om svært alvorlige sykdommer, mens alternativ 2 handler om enklere symptomer. Alternativ 1 vil ta fra 10 til 30 år å gjennomføre, og krever samtidig god oversikt over inn- og utflytting av personer i forsøksgruppen og endringer i luftforurensningssituasjonen. Den lange oppfølgingstiden fører til at det er vanskelig å gjennomføre en slik undersøkelse i praksis. Alternativ 2, som har mye kortere varighet, kan derimot studere effekter av enkeltkomponenter.

Tabell 1-2: Kohort-studier - oversikt.

Kohort-studie Alternativer	Omfanget av undersøkelsen	Vitenskapelig behov		Kostnad
		Responsvariabel	Tid før resultater	
I - Langtidsvirkninger	Måle insidens av sykkelighet og dødelighet	Insidens av irreversible luftveissykdommer, hjertekarsykdommer, kreft, osv.	Meget langt (10 til 20 år)	høy
II- Korttidsvirkninger				
a) Friske mennesker som undersøkes før, under eller etter trening	Måle effekter av ekstra høyt inntak av luft på grunn av økt ventilasjon	Endringer i vanlige luftveistester, andre fysiologisk variable (puls, temp., osv.)	Kort	lav
b) Friske mennesker som undersøkes kun ved spørreskjema	Daglig variasjon i trivsel	Hodepine, lukt, rennende nese, sviende øyne	Innen 1 år	middels
c) Risikogruppe (en gruppe som har en eller annen kronisk sykdom) undersøkes ved daglig spørreskjema/tester	Variasjoner i ubehag, symptomer osv.	Kun de med reversible luftveissykdommer - astma bronkiale - kronisk obstruktiv luftveissykdom	Innen 1 år	middels

Når vi ser etter den type undersøkelse som best vil svare til de vitenskapelige og sosiale behov og er tilfredsstillende i kostnad og tid, kan vi derfor konkludere som følger:

Av undersøkelsene nevnt ovenfor, er det bare en kohort-studie eller eksperimentelle undersøkelser som helt ut tilfredstillende de to vitenskapelige krav som er nødvendig i denne undersøkelsen:

- skille effekter av ulike luftforurensningskomponenter
- skille ut biologiske, sosiale og andre kompliserende faktorer

Eksperimentelle undersøkelser må utføres i spesialkamre og er derfor ikke tilfredsstillende når det gjelder å reflektere virkeligheten. En kohort-studie kan derimot utføres i felt under realistiske forhold. Denne studie-design vil derfor bli lagt til grunn for videre planlegging i denne undersøkelsen.

1.2 VALG AV STUDIEMETODE

Det foreslås at kohort-studie alternativ 2 benyttes i Grenland. De viktigste grunner til dette er:

- a) Det bør være mulig å skille mellom virkninger av enkelte luftforurensninger og kombinasjoner av disse.
- b) Det kan være mulig å bestemme på hvilket nivå forskjellige komponenter av luftforurensning begynner å vise effekter.
- c) Det bør være mulig å unngå problemer med kompliserende faktorer, siden hvert individ er brukt som sin egen referanse.
- d) Undersøkelsen utføres i felt og blir da mest mulig representativ for virkeligheten.
- e) Undersøkelsen kan gjennomføres relativt raskt og med kostnader innen rimelige grenser.

Selv om kohort-studie type 2 handler om relativt trivielle og ufarlige symptomer, er dette en type undersøkelse som er best egnet til å gi en mer detaljert beskrivelse av luftforurensningers helseeffekter. Man må anta at de komponenter som fører til økt sykkelighet hos de som lider av luftveissykdommer er de samme som kan føre til utviklingen av irreversible helseskader i lungene (Evans, 1984; Kilburn, 1984).

VEDLEGG 2
LUFTFORURENSNINGER OG HELSEEFFEKTER

2 LUFTFORURENSNINGER OG HELSEEFFEKTER

2.1 LUFTFORURENSNINGER

2.1.1 Generelt om luftforurensninger

Luftens kvalitet og sammensetning er av stor betydning for menneskets helse og trivsel i et område. De stoffer som vanligvis omtales som forurensninger i uteluften er blant annet svoveldioksid, nitrogendioksid, karbonmonoksid, hydrokarboner, fotokjemiske oksidanter som ozon og peroksyacetylnitrat (PAN), toksiske metaller (bly, kvikksølv, kadmium, etc), fluorider og partikulære forbindelser.

Luftforurensninger i et område er sammensatt av bidrag fra både lokale kilder og fra langtransport. I et tettsted eller et industriområde vil vanligvis utslipp fra lokale kilder ha størst betydning. De dominerende luftforurensninger på lokal skala er utslipp fra fabrikker, biler og husoppvarming. Disse primære forurensningene (SO_2 , NO_2 , CO, etc) varierer mye i tid og rom avhengig av utslippenes beliggenhet og de meteorologiske forhold, sammenlignet med de sekundære forbindelser av mer regional karakter (sulfat, nitrat). Det er derfor viktig at luftmålinger tar hensyn til de store forskjeller det er i tidsoppløsning for de aktuelle stoffene, og benytter seg av forskjellige midlingstider (time, døgn, måned) i samsvar med stoffenes variasjon i tid og rom.

I stedet for bare å angi konsentrasjoner av forurensninger i uteluft, har en i de senere år blitt mer opptatt av den totale eksponering, dvs hva et menneske utsettes for forurensninger i løpet av et tidsrom. I denne sammenheng er det viktig å kartlegge luftforurensninger i menneskers nærmiljø, da disse kan avvike stort fra luftforurensninger på en større skala. Viktige momenter i denne sammenheng er bidrag fra innendørs kilder, som f. eks isolasjons- og byggemateriale, røyking og bruk av peis, ovn eller kamin. Andre eksempler kan være at en person utsettes for forskjellig grad av bilforurensning om man oppholder seg i gatemiljøet eller i et bilfritt miljø. For å kartlegge hva et menneske inhalerer i løpet av en periode er det ofte blitt benyttet bærbare prøvetakere. I den senere tid er det også utviklet eksponerings-

modeller, som tar hensyn til i hvilke miljøer et menneske har oppholdt seg i et bestemt tidsrom (Berglund et al., 1984).

Den minste skala er den som er inne i selve organismen. Når man puster inn luft bruker man nese og/eller munn, og de forskjellige deler av luftveiene kan endre luftens sammensetning betydelig. Fuktigheten øker, partikler deponeres i de forskjellige deler av luftveien avhengig av størrelse og vekt. Gassene absorberes avhengig av sin hygroskopiske karakter, og gass og partikler kan påvirke hverandre og lage nye kjemiske forbindelser. Noen eksempler er: Mennesker som puster inn gjennom nesen får mindre problemer med akutteffekter av SO_2 enn de som puster gjennom munnen. Akutteffekter av formaldehyd ser ut til å være avhengig av om den tas opp i partikler (Berglund et al., 1984).

Et annet viktig opptak av luftforurensninger er gjennom næringskjedene. Tungmetaller avsettes og tas opp i vegetasjonen som blir spist opp direkte av mennesker eller samles opp i næringskjeden av dyr som mennesker deretter spiser.

2.1.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold i Skien-Porsgrunn området

Hoveddalføret i området er orientert i nordvest-sørøstlig retning (se figur 1). Topografien fremmer dannelse av lokale bakkeinversjoner med dårlige spredningsforhold og vind fra nordvest. Dette opptrer særlig om vinteren og om natten om sommeren. Om våren og sommeren fører land-sjøbris effekten ofte til vind inn fjorden om dagen og ut fra nordvest om natten.

De to viktigste områdene med industriutslipp i Grenlandsområdet er Skien (Union Bruk) og Herøya (Porsgrunn Fabrikker og Porsgrunn Elektro-metallurgiske). Klyve og Ås ligger i dominerende vindretning for utslippene fra Herøya i henholdsvis sommer- og vintersesongen. Fra Herøya slippes ut ammoniakk, klor, saltsyre, nitrogenoksider og partikler i tillegg til svoveldioksid som også slippes ut fra Union Bruk.

Det er utført en rekke studier av luftkvalitet i området tidligere (Hanssen og Sivertsen 1977; Larssen 1979 og 1980; Schjoldager 1982; Schjoldager et al. 1984; og Hov og Semb 1984) og SFTs kontrollseksjon for nedre Telemark utfører regelmessige målinger av luftforurensningene i området. I tabellene 2-1-5 er det gjengitt kumulativ fordeling av times- og døgnverdier for noen aktuelle stoffer i de fem siste vinter- og sommersesonger. Målestedene Øvre gate og Skien brannstasjon ligger henholdsvis øst og nord for Union Bruk (se forøvrig fig. 4-1, vedlegg 4).

Disdannelse i Grenland med påfølgende redusert sikt har vært gjenstand for en rekke undersøkelser tidligere. Industriutslippene i området, da spesielt saltsyre, ammoniakk og klor, gjør at det oppstår dis som legger seg som et slør over området selv om luftfuktigheten ikke er høy nok for "naturlig" tåkedannelse. Disen fører også av og til med seg en ubehagelig industrilukt, og oppleves som en ulempe for befolkningen i området. Dette opptrer spesielt på sommerdager med land-sjøbris. Om vinteren skjer disdannelsen oftest ved svak vind fra nordlig kant. Som parameter for dis måles b_{sp} som er partiklenes spredningskoeffisient.

Sikten er gitt ved:

$$V(\text{km}) = \frac{3.9}{b_{sp}}$$

hvor b_{sp} må være gitt i km^{-1} .

Figur 2-1 viser forløpet av b_{sp} på Klyve og hvordan denne varierer med vindretningen sett i forhold til Herøya. Uten forurensningspåvirkning er sikten i området mellom 20-100 km, mens typiske verdier for sikt med forurensningspåvirkning er 2-10 km (Larssen 1979 og 1980).

Den vesentligste delen av lysspredningen skjer av den finfraksjonerte delen av partiklene ($<2 \mu\text{m}$), slik at denne parameteren kan benyttes på to måter i denne undersøkelsen:

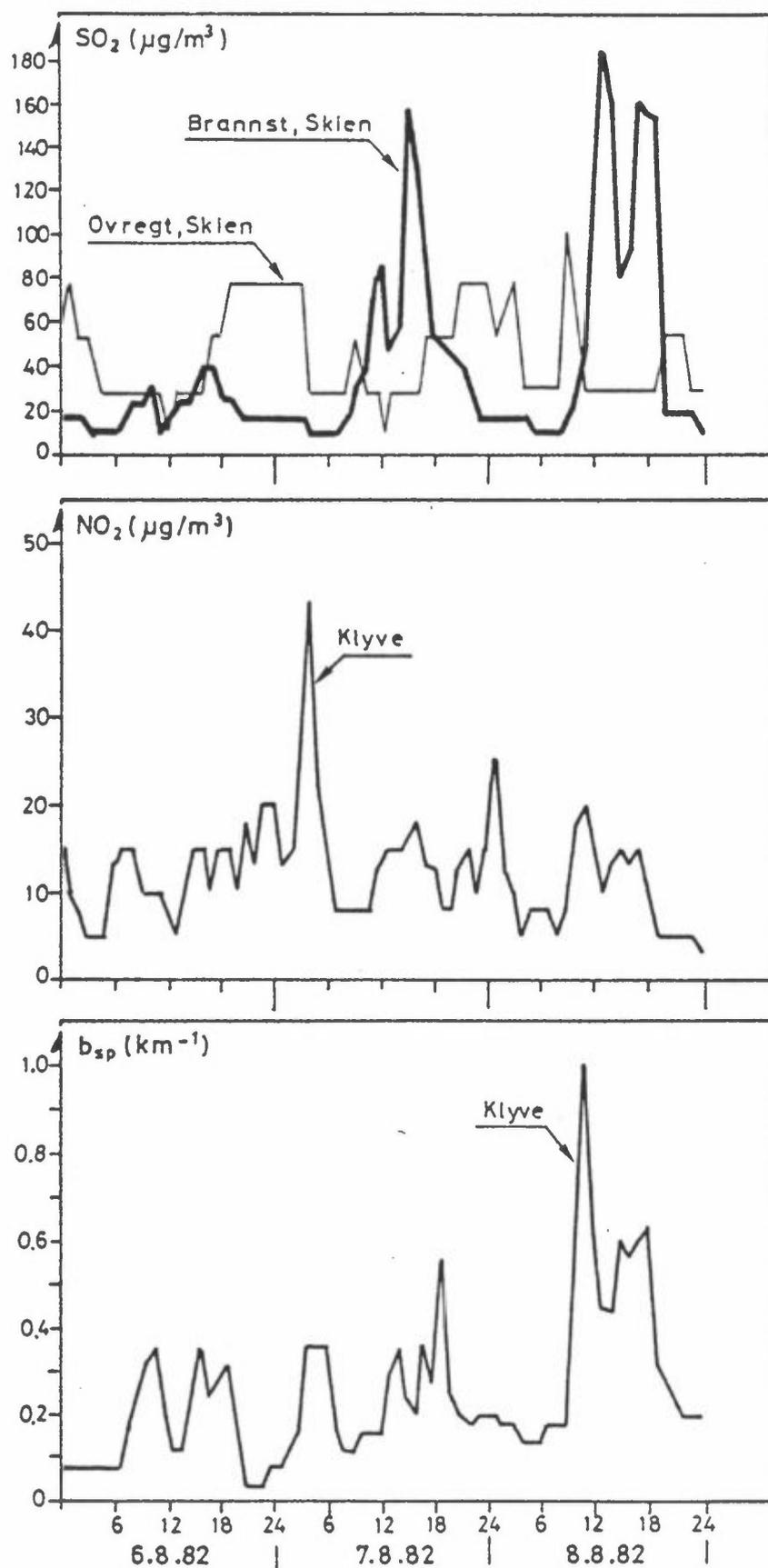
- 1) Parameter som måler innholdet av respirable, hygroskopiske partikler i luften
- 2) Indikator for røykfaner fra industriutslipp.

Måleresultatene fra Øvre gate og Skien brannstasjon viser at svoveldioksid har hatt maksimum timesverdier mellom 270 og 1240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i de fire siste sommer og vintersesongene på grunn av uhellsutslipp fra Union Bruk. Ved å sammenligne timesverdier og døgnmiddelverdier for SO_2 i tabell 2-1 og figur 2-1) ser man betydningen av å registrere timesverdier, da uhellsutslippene kan ha kort varighet og belastningen på et sted vil variere avhengig av vindretning og spredningsforhold.

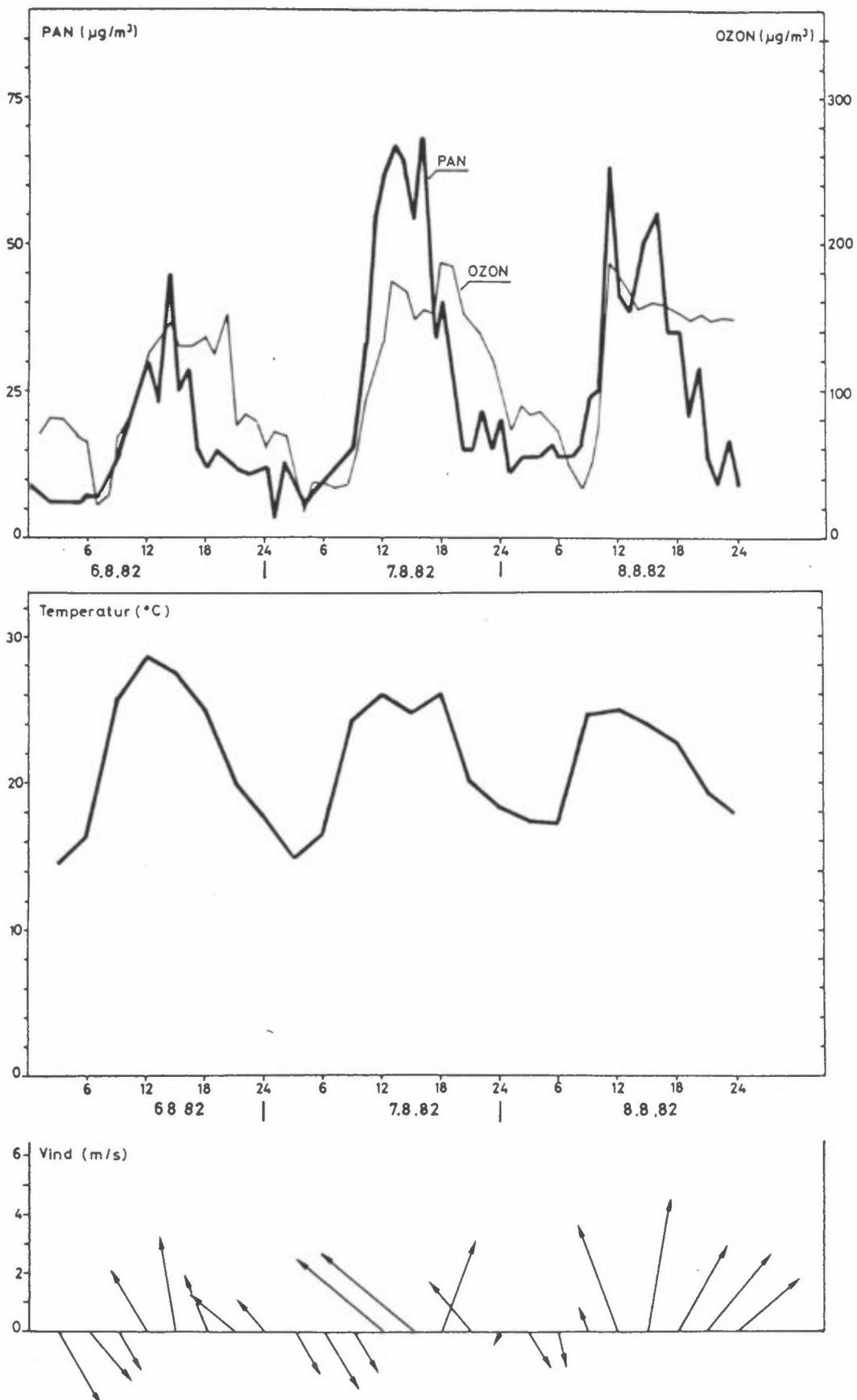
Nitrogenoksider og ozon er målt på Klyve og As i henholdsvis sommer- og vintersesongen på grunn av dominerende vindretninger i disse årstidene. Maksimum timesverdi mellom 70-170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ er målt for nitrogendioksid i hver sesong. Ozon, som er en fotokjemisk oksidant, er målt om sommeren på Klyve, med maksimum timesverdier for hver sommersesong mellom 140 og 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tidligere ozon-målinger utført vinterstid (1976-79) gir vesentlig lavere verdier enn om sommeren, og maksimum timesverdier om vinteren var i området 105-125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Av partikulære forbindelser er det i perioden 1979-84 foretatt regelmessige analyser av sulfat og nitrat. Disse viser stor variasjon av døgnverdier avhengig av meteorologiske forhold. Månedsmidler for sulfat og nitrat i perioden 1979-84 er henholdsvis 3 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 3 - 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ med maksimum døgnverdier opptil 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for henholdsvis sulfat og nitrat. Sammenlignet med andre belastede områder er nivået av disse forbindelser relativt høyt.

Resultatene av målingene viser at de aktuelle stoffene varierer sterkt i tid og rom, og at noen viser en klar sesongvariasjon. Det er derfor viktig ved denne undersøkelsen å benytte korte midlingstider og studere sesongvariasjoner for å få et detaljert og riktig bilde av de forurensninger deltagerne blir eksponert for mens undersøkelsen pågår.



Figur 2-1: Timesmidlede konsentrasjoner av SO₂ i Skien og NO₂ partikkelinnholdet (b_{sp}) på Klyve i perioden 6-8 august 1982.



Figur 2-2: Klyve, 6-8 august 1982. Konsentrasjon av PAN og ozon på Klyve. Temperatur og vindhastighet på As. Pilene for vindhastighet er vektorer og viser vindstyrke (lenden på pila) og vindretning (den veien vinden blåser).

Tabell 2-1: Kumulativ fordeling av timesverdier for svoveldioksid for målestedene: a) Øvre gate, b) Skien brannstasjon.
S: Sommer, V: Vinter.

a)

% av tiden over, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periode								
	V 79/80	S 80	V 80/81	S 81	V 81/82	S 82	V 82/83	S 83	V 83/84
10	63.8	91.0	94.8	91.6	95.3	-	82.0	68.9	82.5
30	63.8	52.9	59.1	41.9	60.4	Ingen data	34.5	30.3	59.5
50	44.8	29.2	32.4	16.4	43.1		14.9	10.5	38.7
80	33.7	13.9	9.2	7.2	17.4		5.1	1.4	18.2
120	21.5	6.1	1.9	2.4	9.3		1.7	0.7	14.5
160	17.1	3.9	0.8	0.9	6.4		0.7	0.5	8.9
200	11.3	2.3	0.5	0.3	3.4		0.4	0.1	6.5
300	7.0	0.7	0.1	0.2	0.8		0.1	0.1	2.5
500	2.6	0.2	0.1	0.1	0.1		0.0		0.7
800	0.5	0.1	0.1						0.1
1000	0.1								0.0
Middel	90.8	49.2	43.4	34.2	59.4		30.1	24.1	65.7
Max	1009.7	807.3	891.0	646.0	508.6		414.1	338.0	1000.0

b)

% av tiden over, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periode								
	V 79/80	S 80	V 80/81	S 81	V 81/82	S 82	V 82/83	S 83	V 83/84
10	Ingen data	36.7	88.7	67.5	95.9	92.4	83.0	68.4	64.2
30		15.5	50.5	22.9	41.1	23.4	14.3	21.3	15.6
50		8.6	20.7	13.1	18.0	12.4	2.8	11.8	3.7
80		3.1	5.4	6.3	6.0	5.1	0.6	5.1	1.7
120		1.2	2.0	2.6	3.1	2.8	0.3	1.8	1.1
160		0.6	0.9	1.5	1.4	1.5	0.2	0.7	0.3
200		0.3	0.4	0.8	0.7	0.7	0.1	0.4	0.2
300		0.1	0.2	0.5	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0
500		0.1	0.0	0.2		0.0	0.1		
800				0.1					
1000				0.1					0.0
Middel		15.7	36.9	27.8	34.5	26.0	18.9	24.3	18.4
Max		698.0	433.3	1238.4	269.1	417.4	578.0	396.0	279.8

Tabell 2-2: Kumulativ fordeling av timesverdier for nitrogenoksider.
Målesteder: As-vinter, Klyve-sommer.

% av tiden over, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periode.									
	S 79	V 79/80	S 80	V 80/81	S 81	V 81/82	S 82	V 82/83	S 83	V 83/84
5	55.8	61.8	35.3	46.7	42.1	87.7	57.7	63.8	53.0	61.3
10	35.2	50.9	18.8	34.2	22.1	73.0	27.2	47.9	35.6	44.6
20	15.2	34.6	4.3	20.8	5.9	49.2	34.1	16.5	16.5	27.1
30	6.5	21.8	2.4	8.8	1.7	26.8	1.9	22.7	7.3	15.2
50	1.1	6.1	0.7	0.5	0.1	2.9	0.5	9.0	2.0	3.2
80	0.4	0.4	0.4			0.0	0.1	2.2	0.2	0.5
100	0.1	0.5	0.1				0.1	0.8	0.1	0.1
120	0.0	0.0	0.0					0.5	0.0	0.0
160								0.5		
Middel	12.2	19.1	7.8	10.8	7.5	22.3	9.2	19.7	11.5	15.3
Max	115.0	110.0	110.0	70.0	65.0	77.5	105.0	172.5	137.5	110.0

Tabell 2-3: Kumulativ fordeling av timesverdier for ozon.
Målesteder: As-vinter, Klyve-sommer.

% av tiden over, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periode					
	V 76/77	V 77/78	V 78/79	S 79	S 82	S 83
10	85.9	84.3	91.6	98.6	99.0	96.0
30	67.9	66.8	72.5	89.0	92.1	80.3
50	42.9	45.0	44.3	79.2	81.0	57.7
80	11.3	11.4	8.4	39.2	45.8	10.3
120	0.0	0.4	0.0	4.2	7.1	0.2
160				0.4	1.6	0.0
200				0.0	0.0	
240						
Middel	44.1	43.8	46.3	70.9	76.4	52.0
Max	104.2	125.5	108.0	182.7	195.0	142.1

Tabell 2-4: Kumulativ fordeling av døgnverdier for partikulært sulfat for målestedene a) Ås, b) Kongens gate.

a)

% av tiden over	1979	1980	1981	1982	1983
4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	55.4	60.4	42.2	48.2	46.8
8 "	31.8	30.9	24.6	26.6	19.4
12 "	21.4	18.5	12.8	18.4	9.2
16 "	12.6	13.0	7.9	11.8	3.9
20 "	9.9	10.0	3.8	7.7	2.1
30 "	4.4	6.1	0.8	3.3	0.9
50 "	1.4	3.6	0.0	2.0	0.0
Høyeste Gjennomsnitt	77.6 8.4	300.1 10.4	39.5 5.7	111.0 7.2	43.9 5.4

b)

% av tiden over	1979	1980	1981	1982	1983
4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53.3	51.9	32.9	39.0	28.5
8 "	29.5	25.8	14.7	17.2	9.6
12 "	13.9	13.0	6.7	8.1	3.6
16 "	3.5	7.8	1.2	4.6	1.1
20 "	0.9	5.2	1.2	1.4	0.3
30 "	0.0	0.9	0.0	0.4	0.0
50 "	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Høyeste Gjennomsnitt	22.6 6.0	35.0 6.4	26.6 4.0	30.8 4.4	25.7 3.7

Tabell 2-5: Kumulativ fordeling av døgnverdier for partikulært nitrat. Målesteder: Ås-vinter, Klyve-sommer.

% av tiden over	V 1980	S 1980	V 1980/81	S 1981	V 1981/82	S 1982	V 1982/83	S 1983
4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39.0	38.7	29.7	40.4	48.4	34.4	21.9	27.4
8 "	5.1	13.3	6.6	19.1	18.2	8.8	3.4	11.2
12 "	0.0	6.6	1.4	9.3	4.5	5.5	1.2	4.5
16 "	0.0	2.1	0.9	1.2	1.7	1.6	0.6	1.7
20 "	0.0	1.4	0.0	0.6	0.6	0.5	0.6	0.0
30 "	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50 "	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Høyeste Gjennomsnitt	8.7 3.1	21.1 4.2	17.1 3.4	20.1 4.6	24.2 4.7	22.0 3.8	28.1 3.1	18.8 3.5

2.2 HELSEVIRKNINGER

2.2.1 Generelt om helsevirkninger

At luftforurensninger kan påvirke menneskers helse har vært kjent i mange år, da særlig på grunn av flere kjente episoder med høye konsentrasjoner av luftforurensning som har medført dødelighet. For eksempel i Donora, Pennsylvania i 1948, der halvparten av byens 12000 innbyggere ble syke med 20 dødsfall (mot 2 forventet) i perioden med høye luftforurensninger. I 1952 i London oppsto en episode med høye konsentrasjoner av SO_2 ($3830 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og sot ($4460 \mu\text{g}/\text{m}^3$) som førte til 4000 flere dødsfall enn forventet (Siem og Skogvold, 1981).

Selv om disse eksemplene viser virkninger av høye konsentrasjoner av enkelte komponenter, har det vært meget vanskelig å påvise mindre effekter på lavere nivåer. Problemet er å kunne identifisere hvilken komponent eller blanding av komponenter som fører til hvilke virkninger. Da er det nødvendig også å kunne beskrive at disse virkninger fører til en forverring av helse og trivsel og at de ikke bare er en del av en tilpasningsprosess. Som eksempel på tilpasning kan nevnes at mennesker kan leve på store høyder hvor oksygeninnholdet i luften er lav.

Virkninger av lave nivåer av luftforurensninger krever også en god oversikt over kompliserende biologiske faktorer, som f. eks. kjønn, alder, røykevaner, ernæring, individuelle arvelige faktorer, osv.

Helse kan defineres som individets evne til å motstå fysiske, psykiske og sosiale påkjenninger, slik at disse påkjenninger ikke medfører nedsatt levetid, nedsatt funksjon eller nedsatt trivsel. Av dette følger at det er vanskelig å finne et entydig og objektivt mål for helseeffekter. Effektene kan være dødsfall, hoste, såre øyne eller generell mistriivsel, og disse kan vanskelig bringes inn på en felles skala. Et stort arbeid ligger ugjort når det gjelder å utvikle integrerte dose/responsrelasjoner som tar hensyn til dette. De studier vi bygger på i dag reflekterer respons fra luftforurensningen når det gjelder dødsfall, astmaepisoder eller målbar nedsatt lungeventilasjon. Bare i liten grad blir subjektiv sjenanse, mistriivsel og psykosomatiske plager gjenstand for vurdering. De siste aspektene blir stadig

viktigere etter hvert som luftforurensning som gir alvorlige skader blir bragt under kontroll. Irritasjon og psykosomatiske plager vil, selv om de ikke er så alvorlige som f. eks. kreft, få stor betydning fordi de omfatter så mange personer.

Mange av effektene av luftforurensning er uspesifikke og kan også tilskrives andre faktorer. Symptomer som tretthet, utilpasshet, hodepine og søvnløshet påvirkes av en lang rekke fysiske, psykiske og sosiale forhold som er en del av den alminnelige hverdag. Det er bare i større epidemiologiske undersøkelser hvor variabler som alder, kjønn, belastning på arbeidsplassen, røykevaner, trafikkmønster, sosiale forhold og kulturelle variabler er studert, at vi kan få tallmessige uttrykk for virkninger av luftforurensningene ved slike lite spesifikke mål for helse.

På bakgrunn av den forskning som har vokst frem, er det antatt at luftforurensning kan forverre kronisk hjerte- og lungesykdom, redusere vekst og utvikling, hindre respirasjon, påvirke hjerne- og muskelfunksjon, og føre til forbigående irritasjon i øyne og luftveier (SFT, 1982; Emetz og Camner, 1983). Episoder med kraftig luftforurensning kan utvilsomt også føre til økt dødelighet.

Ved studier av helseeffekter har man enten konsentrert seg om akutte virkninger eller kroniske virkninger. En slik inndeling er betinget av de metoder som har vært brukt for å studere virkningene. Dersom de akutte virkninger ikke er totalt reversible, kan de gå over til å bli kroniske.

2.2.2 Oversikt over relevant litteratur

Undersøkelser av luftforurensning og helseeffekter på mennesker kan deles i tre typer:

- 1) Kammerforsøk hvor mennesker er utsatt for bestemte konsentrasjoner av enkelte komponenter.
- 2) Tverrsnittsundersøkelser som beskriver helsetilstand i en gruppe mennesker på ett bestemt tidspunkt.

- 3) Kohort-studier hvor en følger en gruppe mennesker i en tidsperiode og sammenligner endringer i helsetilstand med endringer i eksponering til luftforurensning.

En omfattende oversikt over litteratur som handler om luftforurensninger og luftveissykdommer er beskrevet i en tidligere NILU-rapport (Noel, 1984). I tillegg ble det i 1982 utarbeidet en rapport av en arbeidsgruppe oppnevnt av Statens forurensningstilsyn (SFT, 1982). På grunnlag av litteraturstudier har gruppen beskrevet sammenhengen mellom luftforurensninger og skadevirkninger på helse og miljø for noen enkelte komponenter.

Tverrsnittsepidemiologiske undersøkelser viser en mulig sammenheng mellom økt sykkelighet, særlig av luftveissykdommer, og økte luftkonsentrasjoner av SO_2 , partikler, NO_2 og O_3 . Resultatene er langt fra entydige, men viser en sammenheng mellom nivåer av luftforurensning og helsevirkninger.

En del kohort-studier som er gjennomført i den senere tid har ved hjelp av mer nøyaktig metodikk bekreftet en korrelasjon mellom komponentene ozon, nitrat, sulfat og partikler (TSP) og økte symptomer, medikamentforbruk eller nedsatt lungefunksjon for personer med luftveissykdommer. Tidligere kohort-studier har oppdaget enkelte problemer som det må tas hensyn til i slike studier som f. eks.; eksponering til tobakkryøk i hjemmet, innendørs kilder av luftforurensning som NO_2 og formaldehyd, mulig tidsforsinkelse i effekter i forhold til høye luftforurensningskonsentrasjoner og mulig tilpasning til høyere nivåer av forurensning.

I de epidemiologiske undersøkelser har luftforurensningsnivået vanligvis vært karakterisert ved bare å bruke en eller noen få utendørs stasjoner. Det er meget sjeldent at bærbare instrumenter eller eksponeringsmodeller har vært brukt. Det er nå akseptert at undersøkelser som omhandler helsevirkninger og luftkvalitet må benytte et godt estimat for hva et menneske blir eksponert for av forskjellige luftforurensninger (Berglund et al., 1984).

2.2.2.1 Resultater fra kammerforsøk

For å fastsette nivåer hvor helsevirkninger er mest synlig har kammerforsøk vært mest brukt. Kammerforsøkene nedenfor handler om korttidseksponering med varighet fra 5-10 minutter til flere timer. Resultater viser:

Svoveldioksid (SO₂)

I kammerforsøk har det vært vanskelig å bekrefte effekter av SO₂ på de samme nivåene som har ført til problemer i epidemiologiske undersøkelser. I 1984 ble det gjort en undersøkelse som kanskje gir en del forklaringer. Boushey (1984) testet nedsatt lungefunksjon hos astmatikere med: 1) 0.5 ppm SO₂ (1300 µg/m³) alene, 2) aktivitet alene, 3) SO₂ + aktivitet, 4) høy fuktighet alene, 5) SO₂ + høy fuktighet, 6) kald, tørr luft (-10⁰C) alene og 7) SO₂ + kald, tørr luft. Resultatene viste:

- A) Ingen effekt av 0.5 ppm SO₂ alene eller aktivitet alene, men en fordobling av "specific airway resistance (SRaw)" med SO₂ + aktivitet.
- B) Ingen effekt av høy fuktighet alene, veldig liten med kald, tørr luft alene, beskjeden økning ved fuktighet + SO₂, tredobling av SRaw med SO₂ + kald, tørr luft.
- C) Aktivitet + 0.25 ppm (650 µg/m³) SO₂ førte også til en signifikant økning av SRaw, men i mer beskjeden grad.

Nitrogendioksid (NO₂)

Det er stor usikkerhet om hvor høye nivåer av NO₂ som er nødvendig for å framkalle reaksjoner hos de mer ømfindtlige befolkningsgrupper. Det er nødvendig å skille mellom to forskjellige mål brukt for å vurdere helsevirkninger. Den ene er følsomhet ovenfor medikamenter som virker på bronkial muskulaturen, som f. eks. karbakol eller metakolin, og den andre er mulig nedgang i lungefunksjon. Et kammerforsøk (Orehek et al., 1976) fant at 0.1 ppm NO₂ (200 µg/m³) kunne fremkalle økt bronkial reaktivitet hos de lungesyke. I noen undersøkelser av lungefunksjoner fant en imidlertid ingen effekt ved NO₂-nivåer fra 0.1 ppm NO₂ til 1 ppm (2000 µg/m³) hos både

lungesyke og lungefriske (Hackney et al., 1978; Morrow, 1984). I 1982 fant derimot Ahmed et al. også at 0.1 og 0.2 ppm NO₂ førte til økt ømfindtlighet til karbakol, men ikke til metakoline (Ahmed et al., 1982 a og b). Hazucha et al. fant i 1983 ingen effekt av 0.5 ppm NO₂ på "methacholine challenge" hos astmatikere.

På bakgrunn av disse undersøkelser er det derfor meget vanskelig å vurdere ved hvilken konsentrasjon NO₂ kan påvirke helsen til lungesyke mennesker. Muligheten for en effekt er tilstede allerede med et nivå av 0.1 ppm eller 200 µg/m³. Det har vært antydnet effekter hos lungefriske ved 500 µg/m³.

Det savnes undersøkelser av samme type som er gjort for SO₂, dvs. å kombinere NO₂ med aktivitet, fuktighet og temperatur.

Ozon (O₃)

Kammerforsøk med ozon har ikke gitt entydige resultater. Det ser ut til at om en kombinerer ozon med aktivitet, så finner en effekter hos både astmatikere og friske mennesker fra 200-740 µg/m³ (.11 ppm - .37 ppm). En tilpasningseffekt har vært målt som begynner etter 2-5 dagers eksponering og som varer inntil 14 dager. Øyeirritasjoner begynner allerede ved 200 µg/m³ (Emetz og Camner, 1983).

Karbonmonoksid (CO)

De fleste undersøkelser måler effekten ut fra mengden av kullos bundet til hemoglobin (COHb). CO kan føre til ganske alvorlige effekter på hjerte-kar systemet, sentralnervesystemet og kan føre til redusert fostervekt. Derfor har WHO anbefalt at CO-andelen på hemoglobin ikke må overskride 2.5% hos ømfindtlige mennesker. Det tilsvarer 35 mg/m³ i 1 time med lett aktivitet eller 8 timer med 20 mg/m³. Disse nivåene kan forekomme i rush-tiden i sterkt trafikkerte gater (Emetz og Camner, 1983).

2.2.2.2 Resultater fra kohort-studier

Frezieres 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 deltagers hjem. Forurensningsnivået innendørs ble ikke registrert. Hver deltager fylte ut en dagbok om luftveissykdommer og bruk av medikament. To ganger daglig målte de toppstrøms hastighet med en "Mini-Wright peak flow meter". Alle deltagerne gjennomgikk en grundig helseundersøkelse før de begynte, og alle 34 fullførte undersøkelsen. Den eneste komponenten som varierte noe i undersøkelsesperioden var sulfat. Tre deltagerne hadde sterk nedgang i helse-tilstand med økt sulfatkonsentrasjon. Fire så ut til å være bedre med økt sulfat, og de 24 andre hadde blandede resultater. Forfatterens konklusjoner var at ca 9% av astmatikerne var svært følsomme for sulfat i luft og ville ha en vesentlig forbedret helsetilstand hvis sulfatkonsentrasjonen ikke overskrider $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 for toppstrøms hastigheter og nebulizer-kronolog for medikamentforbruk. Hver enkelt deltager bodde ikke lengre avstand enn 1.5 km fra en av de to målestedene for luftkvalitet. Luftforurensninger innendørs ble ikke målt. På grunn av tidligere bestemte eksklusjonskriterier og mangel på sterkt forurensede dager, fikk de uklare resultater. Maksimum månedsmidler for SO_2 , O_3 , sulfat og nitrat var henholdsvis 36, 60, 4 og $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Undersøkelsen fant korrelasjon mellom høyt nitratnivå og både økte symptomer og økt medikamentforbruk. Forfatterne mener at svakheter med undersøkelsen var 1) for lavt luftforurensningsnivå og 2) at eksklusjonskriteriene var for strenge (de tok ut data når luftveisinfeksjoner var tilstede og hvis folk var utenfor området mer enn 3 timer).

Undersøkelsen i Canada (Silverman et al., 1982, a og b), er i ferd med å avsluttes og bare foreløpige resultater er tilgjengelige ennå. I denne undersøkelsen ble luftforurensningsmålinger utvidet til også å inkludere innendørs målinger og bærbare prøvetakere. Hver deltaker fylte ut en dagbok om sine aktiviteter for at luftforurensningseksposeringen kunne estimeres. Undersøkelsen fant en sammenheng mellom økte NO_2 -verdier og redusert lungefunksjon hos både friske og astmatikere, men resultatene var 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 (Holguin et al., 1985) registrerte aktiviteter, symptomer, toppstrømhastighet (PEF) og medikamentforbruk hos 52 astmatikere i seks måneder. Luftforurensninger ble i likhet med de canadiske undersøkelser, målt med faste utendørs, innendørs/utendørs og bærbare prøvetakere. Utendørsmålingene var ikke mer enn 1.5 km fra hver deltagers hjem og målte O_3 , SO_2 , NO_2 , CO og totalt partikkelinnhold fordelt på to trinn ($<2 \mu\text{m}$), pollen og meteorologiske variabler. Alle 52 fullførte undersøkelsen, men noen ble eliminert på grunn av mangel på astma-anfall (hadde vokst dem av seg). De fant en signifikant økning av astma-anfall med økt ozon særlig når temperaturen falt samtidig. Ozon var den eneste av komponentene som viste store endringer, mens SO_2 og tildels 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 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3 VURDERING AV FORURESNINGSNIVÅET I GRENLAND-OMRÅDET OG MULIGE HELSE-EFFEKTER

Grenlandsundersøkelsen i 1979 viste økt hyppighet av luftveissykdommer og hodepine. I tillegg har SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark fått mange klager over luftforurensningseffekt på helse i området. I en rundspørring gir flere mennesker enn de som ringer inn til SFTs kontrollseksjon uttrykk for å være plaget av luftforurensninger (Jensen og Sand, 1983). Det er uvisst om menneskers subjektive oppfatning av luftforurensningers påvirkning er reell, eller om det er psykologiske effekter i tilknytning til for eksempel dis.

Også i de senere år har befolkningen i Telemark vært plaget av luftforurensninger, til tross for en betydelig nedgang i utslippene. Antall klager til SFTs kontrollseksjon i Telemark synes imidlertid å være på vei nedover. De mottok 114 klager fra 45 personer i 1983 og 268 klager fra 105 personer i 1982. Antallet av klager i 1983 fordelt på geografiske områder er vist i figur 2-3 (SFT, 1983).

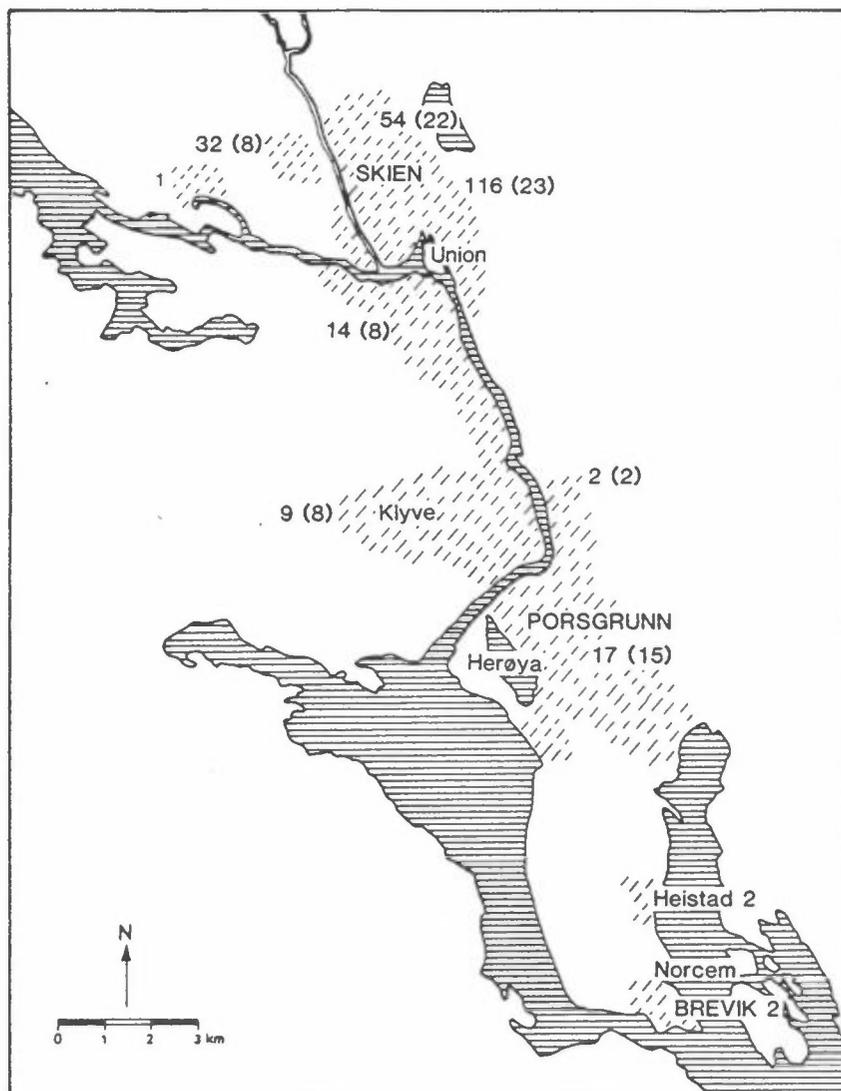
Den tidligere Grenlandsundersøkelsen (Siem og Skogvold, 1981) gir en detaljert beskrivelse av helsetilstanden i området. Resultatene viser et økt antall plager av luftveissymptomer i de mest forurensede områder. Undersøkelsen fant ingen korrelasjon mellom hjerte-kar sykdommer og luftforurensninger, men den viste en sammenheng mellom symptomer for luftveissykdommer og økt forurensningsnivå. I tillegg kunne en se en viss sammenheng mellom luftforurensninger og nedsatt trivsel, hodepine og i mindre grad kløende utslett, rennende øyne og andre helsefaktorer.

I den tidligere Grenlandsundersøkelsen ble det også gitt en oversikt over visse kreftformer (gjort av Kreftregisteret). Denne viste ingen overhyppighet av kreft i byområder i Telemark i forhold til Larvik eller landet forøvrig. En undersøkelse av luftforurensningers virkninger på arvestoff pågår i Porsgrunnområdet. De preliminare resultater viser en mulig sammenheng mellom luftforurensning og skader på arvestoff (Hansteen, 1983).

Tabell 2-6: Sammenligning av resultater fra kammerforsøk og kohort-studier med målte utendørskonsentrasjoner i Grenland.

Komponenter	Midlingstid	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	O ₃ µg/m ³	Sulfat µg/m ³	Nitrat µg/m ³
Forfattere						
Kammerforsøk	Minutter til flere timer	650*	200* usikkert	200-700*		
Kohort-studier Perry et al., 1982	Månedsmidler	8-36		12- 60	f: 1.65-4.0 g: 0.30-0.64 t: 4.3-25.7*	f: 0.26-3.33* g: 0.01-0.33
Frezieres et al., 1982	Månedsmidler					
Holguin et al., 1985	Månedsmidler	10	40-60	110*		
Silverman et al., 1982, a-b)	3 mndr. middel	9±13	31±22*			
Verdier målte i Grenland	Arsmidler Halvårsmidler	15-91	8-22	44-76	t: 3.6-10.4	t: 3.1-4.7
1979-1984	Maks.mnd.midl. Maksimum - time Maksimum - døgn	95 1238	34 172	83 195	34.8 300	7.6 28.1

* Observerte signifikante effekter på helse.
f: fin; g: grov; t: totalt.



Figur 2-3: Antall klager i 1983 fordelt på ulike områder. Tallene i parentes angir antall personer som har klaget.

Fra: Kontrollseksjonen, Statens forurensningstilsyn, Årsrapport 1983 for industriforurensning i nedre Telemark.

Ved å sammenholde resultater av tidligere helseundersøkelser og målte verdier i Grenland av de enkelte luftforurensningskomponenter, kan en vurdere sannsynligheten for å måle en effekt i området.

I denne sammenheng er det imidlertid viktig å ta hensyn til levemønstre og boforhold, idet eksponeringen av en luftforurensning vil være avhengig av f. eks. antall timer utendørs og om boligene i en undersøkelse har luftkondisjonering. Tabell 2-6 gir en enkel oversikt over forurensningsnivået ved tidligere undersøkelser og konsentrasjoner målt i Grenland i perioden 1976-84.

Svoveldioksid (SO₂)

Halvårsmidler for SO₂ på målesteder i Skien ligger mellom 15 og 90 µg/m³ for perioden 1979-83, med maksimum timesverdier opp mot 1200 µg/m³ i spesielle situasjoner (se kapittel 2.1.2). Timesverdier av SO₂ over 300 µg/m³ forekommer mellom 0.1-7.0% av hver sesong i perioden 1979-84.

Kammerforsøk utført ved lav temperatur (-10⁰C) og SO₂-konsentrasjon på 0.5 ppm (650 µg/m³) gav målbare helseeffekter. Andre studier viste ingen helseeffekt med månedsmidler og halvårsmidler på henholdsvis 8-36 µg/m³ og 10 µg/m³. Nivåene i Grenland ligger høyere enn dette (se tabell 2-1 og 2-6), slik at det er mulig at man vinterstid kan registrere målbare effekter av SO₂ på luftveiene hos befolkningen i Skien-området. Aktivitet utendørs vil dessuten øke sannsynligheten for målbare effekter.

Ozon (O₃)

Nivået av ozon i Grenland varierer med årstiden avhengig av den fotokjemiske aktivitet. Halvårsmidler for ozon på Klyve for perioden 1979-83 ligger mellom 40 og 76 µg/m³, med maksimum timesverdier opp til 200 µg/m³ i episoder om sommeren med høy fotokjemisk aktivitet (se kapittel 2.1.2). I kohort-studiet i Houston (Holguin et al., 1985) var middelveidien for ozon i måleperioden (6 mndr) ca 110 µg/m³, og undersøkelsen registrerte en målbar økning i risiko for astmaanfall ved en økning av ozonkonsentrasjonen på 80 µg/m³. I Grenland er typiske variasjoner av ozon mellom natt og dag ca 50 µg/m³ med døgnvariasjoner opptil 100-150 µg/m³ i episoder med høy fotokjemisk aktivitet om sommeren. I en annen undersøkelse (Perry et al., 1982) ble det ikke registrert noen målbar effekt av ozon for månedsmiddel mellom 12-60 µg/m³. Tilsvarende verdier for Grenland er månedsmidler mellom 44-85 µg/m³ (se tabell 2-3 og 2-6).

Når en sammenholder konsentrasjonsnivået i Grenland med tidligere studier av helseeffekter, er det viktig å ta hensyn til levemønster i området. I Houston (Holguin et al., 1984) oppholdt deltagerne seg utendørs i ca 1.5 timer av døgnet, og innendørskonsentrasjonen av ozon var ca 10% av utendørsverdier pga luftkondisjonering. I Norge tilbringer mennesker ca 4-6

timer av døgnet utendørs, og luftkondisjonering blir sjelden brukt. Det er derfor rimelig å anta at innendørsverdier av ozon er ca 80-90% av konsentrasjonen utendørs. Slike forskjeller i levemønster og boforhold kan medføre at den aktuelle eksponering til luftforurensning kan bli opptil 6 ganger høyere i Norge når man sammenligner med Houston-undersøkelsen.

Nitrogendioksid (NO_2)

Middelverdier for sommer- og vinterhalvåret i Grenland for NO_2 i perioden 1979-83 ligger mellom 8 og 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, med maksimum timesverdier mellom 110 og 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Resultater fra kammerforsøk viser stor usikkerhet om helsevirkninger rundt 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (se kapittel 2.2.2.1). Det er viktig å påpeke at kombinasjoner av NO_2 og andre faktorer som aktivitet, høy fuktighet eller lave temperaturer ikke har vært studert i kammerforsøk. I kohort-studier med 3 måneders middel av NO_2 på 10-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ble det registrert målbare helseeffekter (Silverman et al, 1982,a). NO_2 -nivået i Grenland er noe lavere enn tidligere studier, men på et slikt nivå at det er mulig at helseeffekter av NO_2 kan forekomme (se tabell 2-2 og 2-6).

Sulfat (SO_4^{2-})

Middelverdier over året av sulfat i Grenland for perioden 1979-83 er mellom 3.5 og 10.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ med maksimum månedsverdi opptil 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Døgnverdier over 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ har forekommet i 10-30% av året i perioden 1979-83 med maksimum døgnverdi mellom 40 og 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (se kapittel 2.1.2 og tabell 2-4 og 2-6).

Tidligere kohort-studier (Frezieres et al., 1982) har påvist målbare helseeffekter for døgnverdier av sulfat over ca 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sulfatnivået i Grenland er derfor høyt sammenlignet med tidligere undersøkelser. Det bør derfor være mulig å påvise eventuelle helseeffekter av sulfat.

Nitrat (NO_3^-)

Middelverdier over året for nitrat i Grenland for perioden 1979-83 er 3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, med maksimum døgnverdier mellom 8 og 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Høyeste månedsmiddel i

perioden var $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I måleperioden 1980-83 ble det målt døgnverdier av nitrat over $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 20-40% pr sesong (se kapittel 2.1.2). Tidligere studier (Perry et al., 1982) har påvist målbar helseeffekt av nitrat for konsentrasjoner på $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ målt som månedsmiddel. Det er derfor mulig at nitratnivået i området er så høyt at den kan påvirke menneskers helse og trivsel.

VEDLEGG 3**FORSØKSGRUPPER - VALG OG STØRRELSE**

3 FORSØKSGRUPPER - VALG OG STØRRELSE

3.1 DE SOM LIDER AV LUFTVEISSYKDOMMER

Tidligere undersøkelser viser følgende tall for personer i området som lider av luftveissykdommer (diagnosene 490-493).

Tabell 3-1: Antall personer med luftveissykdommer (diagnose 490-493) for perioden 1980-1983. (TSS: Telemark Sentralsykehus.)

	Skien	Porsgrunn
Barneavdelingen (født år 1970 eller senere)	44	36
Medisinsk avdeling i Porsgrunn	31	87
Diagnosestasjon ved TSS i Skien	243	131
Totalt	290	254

Det viser at det er grunnlag for å rekruttere 80 personer med kronisk obstruktiv lungelidelse til prosjektet. Personene skal være i alderen 4-75 år. Prosjektlegen setter opp de detaljerte medisinske krav, og personene rekrutteres til undersøkelsen ved kontroll/behandling hos sin lokale lege. Det endelige uttak til undersøkelsen skjer etter undersøkelse hos prosjektlegen.

3.2 DE SOM IKKE LIDER AV LUFTVEISSYKDOMMER

Et stratifisert utvalg av personer i alderen 18-75 år trekkes ved hjelp av folkeregisteret. Det rekrutteres 120 personer til undersøkelsen ved hjelp av invitasjonsbrev og personlig kontakt. Det endelige uttak til gruppen skjer etter undersøkelsen av prosjektlegen.

For begge grupper forutsettes at personene ikke er fast bosatt i institusjonen, og at de bor og hovedsakelig oppholder seg i området.

3.3 VALG AV STØRRELSEN PÅ FORSØKSGRUPPENE

For å gjennomføre en slik vitenskapelig undersøkelse er det viktig at forsøksgruppen er stor nok til at en kan skille ut små effekter, men ikke for

stor slik at kostnadene blir for store. Det er utviklet statistiske metoder for å beregne en riktig størrelse på forsøksgruppen.

Før en kan bestemme størrelsen på forsøksgrupper som er best egnet, må en bestemme hvilke statistiske analysemetoder som skal brukes. I denne undersøkelsen er "Korn og Whittemore-modellen" best egnet for analyse av data. En beskrivelse av metoden er gitt i vedlegg 6. Modellen er basert på å beregne regresjonskoeffisienter for hvert enkelt individ av en effekt målt som ja/nei mot de enkelte komponenter av luftforurensninger. Etter å ha valgt analysemetode er det nødvendig å skaffe seg sannsynlige verdier for de beregnete koeffisienter og deres varianser (usikkerhetsmoment). Det er bare to måter å skaffe seg den nødvendige informasjon på: 1) ved tidligere erfaring fra andre undersøkelser, eller 2) ved å skaffe seg dette gjennom pilotundersøkelser hvor både luft- og helseparametre registreres. Vi har her mulighet til å utnytte informasjon fra to tidligere undersøkelser, Holguin et al., 1985, (for ozon og NO_2) og Whittemore og Korn, 1980 (for totalt partikkelinnhold (TSP)).

Ut fra disse metoder foreslår vi 80 og 120 mennesker i henholdsvis lungesyke og lungefriske-gruppen. Beskrivelsen av beregningene er gitt i vedlegg 6.

3.4 OPPRETHOLDELSE AV DELTAGERNE GJENNOM UNDERSØKELSESPERIODEN

De beregnete størrelser for forsøksgrupper reflekterer selvfølgelig det antall deltagere som må fullføre undersøkelsen. Derfor er det nødvendig å diskutere mulige frafall og andre årsaker for utelatelse. I de tre undersøkelser som ligner denne var frafallet som følger:

- 1) Houston (Holguin et al. 1985): Et barn ble ekskludert i undersøkelsen. I virkeligheten fullførte han undersøkelsen, men de som jobbet med ham tvilte på at han hadde fylt ut skjemaene hver dag.
- 2) Colorado (Perry et al., 1982): Ingen frafall.
- 3) Los Angeles (Frezieres et al., 1982): Ingen frafall.

Andre grunner for utelukkelse som er brukt i noen av disse undersøkelser, er: 1) ingen anfall i måleperioden, 2) anfall hver dag i måleperioden, 3) reise utenfor måleområdet, 4) andre sykdommer. I Houston ble 1 utelukket for anfall hver dag og 8 for mindre enn 5 anfall i den 6 måneder lange perioden. I Colorado ble 17 utelukket på grunn av at mindre enn 60% data var igjen etter at dager med sykdom og reise utenfor området var trukket fra. I Los Angeles ble ingen utelukket p.g.a. disse kriterier.

Erfaringer fra disse tidligere undersøkelsene gir derfor et godt grunnlag for å planlegge en undersøkelse i Grenland. For å opprettholde deltagerne er det helt nødvendig å stimulere og opprettholde motivasjonen gjennom hele perioden. Dette gjøres best ved god og regelmessig kontakt mellom de lokalt ansatte og deltagerne.

Forhåpentlig vil den omfattende helseundersøkelsen under forberedelsene identifisere både de som er for ømfintlige (har anfall hver dag) og de som er for lite ømfintlige. En må også regne med at noen barn vokser ut av sine astmaproblemer i løpet av måleperioden.

I denne undersøkelsen vil det bli brukt modellberegninger for uteluft p.g.a. at måleområdet er betydelig større enn i Colorado (hele Skien og Porsgrunn-området). Derfor er det tvilsomt at vi vil miste mange på grunn av at de tilbringer mye tid utenfor området. I Colorado angret de på deres a priori bestemmelser om å utelukke de som har luftveisinfeksjoner. Det er ikke planlagt å utelukke slike data i denne undersøkelsen, siden det kan være en sammenheng mellom luftveisinfeksjoner og luftforurensninger.

VEDLEGG 4

**UTSLIPPSKARTLEGGING
MÅLEPROGRAM FOR LUFTKVALITET OG METEOROLOGI**

4 UTSLIPPSKARTLEGGING - MÅLEPROGRAM FOR LUFTKVALITET OG METEOROLOGI

4.1 UTSLIPPSKARTLEGGING

NILU utførte for Statens forurensningstilsyn i 1977 en kartlegging av utslippsverdier over luftforurensninger i Grenlandsområdet. Denne utslippsoversikten må oppdateres slik at utslippsverdiene er representative for den perioden undersøkelsen varer. For å utarbeide en utslippsoversikt over luftforurensninger i området er det behov for følgende informasjon:

- Befolkningsdata (geografisk fordeling, levemønster)
- Lokalisering og beskrivelse av industri med utslipp til luft, samt spesifisering av utslippsmengder, skorsteinshøyder, luftgassmengder, eventuelle diffuse utslipp, osv.
- Forbruk av olje (og evt. andre fossile brenser) til oppvarmingsformål, og geografisk fordeling av forbruket (oljeleveranser).
- Trafikkfordeling i gate- og veinett. (Årsdøgntrafikk, tungtrafikkandel, kjørehastighet og trafikkens døgnvariasjon er ønskelig informasjon.)
- Utslipp fra havneanlegg og jernbane.
- Avfallsforbrenning (anleggstype, lokalitet, mengder).

Det vil i dette arbeidet være nødvendig med bistand fra blant annet industrien, kommunen, veikontor og oljeselskaper. Arbeidet med modeller vil også kunne føre til en kontroll og forbedring av de utslippsdata som foreligger. Luftkvalitetsdata vil da kunne brukes til å verifisere utslipp fra gitte kildeområder under spesifiserte forhold.

4.2 MÅLEPROGRAM FOR METEOROLOGI

Meteorologiske målinger kan anvendes på to måter i denne undersøkelsen:

a) Gi informasjon om spredningsforholdene i området.

Ved å sammenholde luftkvalitetsdata med meteorologiske parametre, kan man få belastningsfordelinger. Resultatene kan bidra til å forklare kildene til de forskjellige forurensningskomponentene.

b) Vurderes isolert som årsak til helsevirkninger.

Variasjoner i meteorologiske parametre som f.eks. temperatur og fuktighet kan i seg selv ha helsevirkninger på utsatte grupper.

Måleprogrammet for meteorologi skal innbefatte følgende variable:

- Vind (retning/styrke)
- Temperatur
- Relativ fuktighet
- Stabilitet (dT/dz)

SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark utfører målinger av alle disse variable på As. For å kartlegge vind- og temperaturforholdene i området bedre er det nødvendig med to stasjoner i tillegg til As, lokalisert på Borge og i Skien. Stabilitetsmålingene på As antas å være representative for hele området. Måleprogrammet for meteorologi er gitt i tabell 4-1.

I tillegg til de meteorologiske parametre vil sikt-parameteren også bli registrert på målestedene As, Borge og Skien. Sikt-parameteren beskriver mengden av respirable, hygroskopiske partikler i lufta, og er dessuten vel-egnet til å identifisere røykskyer fra industriutslipp.

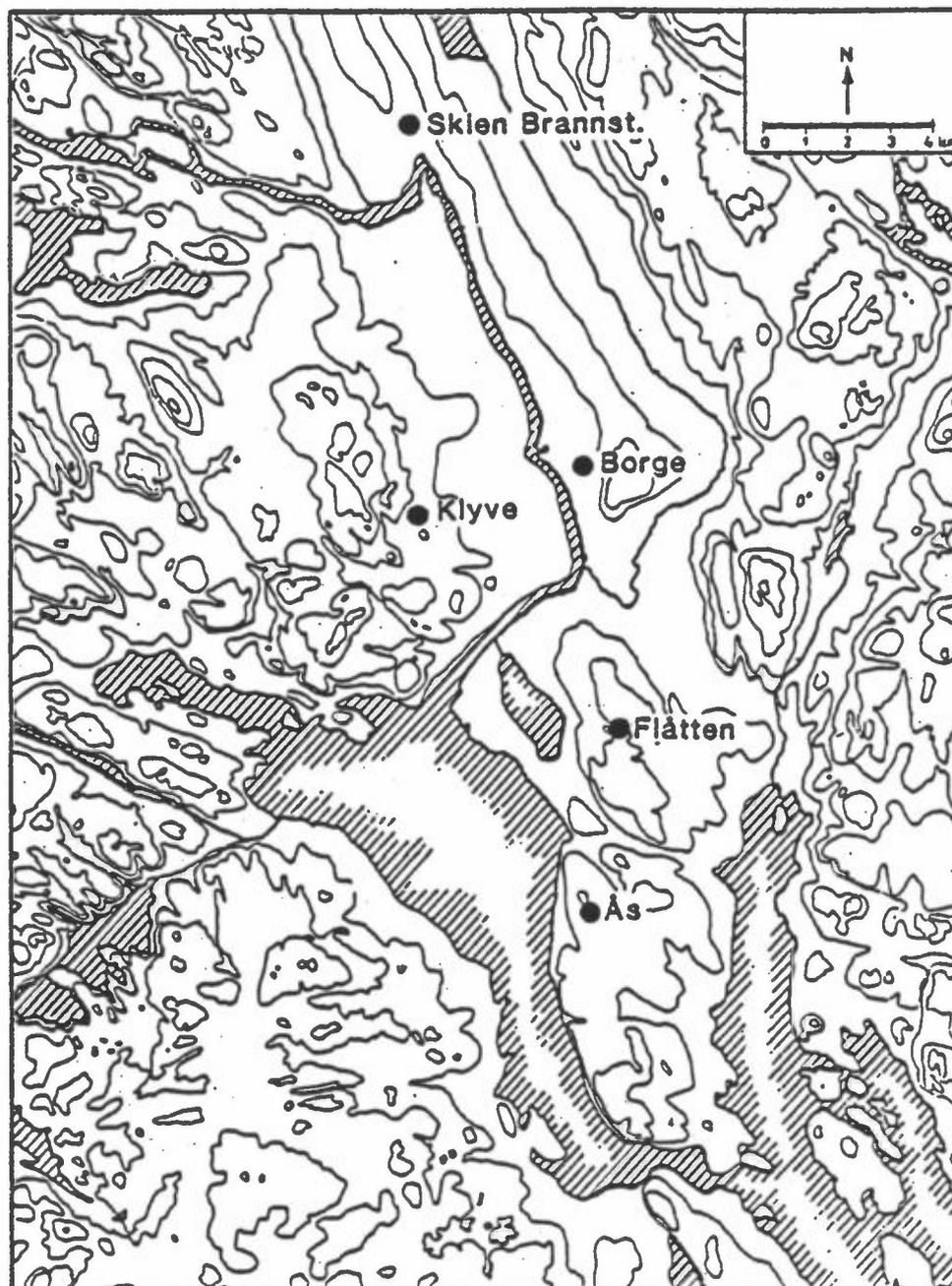
Tabell 4-1: Måleprogram for meteorologi.

Variable	Lokalisering	Midlingstid
Temperatur	As, Borge og Skien Brannstasjon	1 time
Fuktighet		"
Vind (styrke/retning)		"
Sikt		"
Stabilitet	As	"

4.3 MÅLEPROGRAM FOR LUFTKVALITET

Måleprogrammet for luftkvalitet beskrevet nedenfor er basert på at hele området skal kartlegges, idet personene som skal delta i undersøkelsen bor spredt over hele området. Det er foreslått fem faste stasjoner for utendørs målinger med lik instrumentering, og en mobil enhet for å studere forskjellige mikromiljøer. For tre av de faste stasjonene er det planlagt å

bruke SFT's målesteder på As, Klyve og Skien Brannstasjon. Lokaliseringen av de to siste stasjonene blir endelig bestemt senere da dette er avhengig av blant annet hvor deltakerne bor og hvilke mikromiljøer som skal kartlegges. Det er foreløpig foreslått stedene Flåtten og Borge (se figur 4-1).



Figur 4-1: Lokalisering av målesteder for meteorologi og luftkvalitet.

Dette måleprogrammet skal beskrive hvilket forurensningsnivå deltakerne er utsatt for over døgnet, og dessuten legge vekt på forurensningskomponenter som kan ha innvirkning på personers helse. Det er derfor nødvendig med en kort midlingstid for å fange opp variasjoner i luftforurensning, og i tillegg en kartlegging av typiske mikromiljøer.

En viktig del av undersøkelsen er å kartlegge belastningen i typiske miljøer som deltagerne oppholder seg i, som f.eks. i lite belastede områder, bostedsmiljøer og langs veier. De fem faste stasjonene for uteluft skal derfor beskrive konsentrasjonsnivåer og -variasjoner av de forskjellige komponentene i disse miljøene. Den mobile enheten vil så bli brukt til å fremskaffe forholdstall mellom uteluft og forskjellige "mikromiljøer", f.eks. inne i bil, i hjemmet og på arbeidet.

Følgende komponenter inngår i måleprogrammet for luftkvalitet:

- Svoveldioksid (SO_2)
- Nitrogenoksider (NO , NO_2)
- Ozon (O_3)
- Sulfat (SO_4^{2-})
- Nitrat (NO_3^-)
- Ammonium (NH_4^+)
- Klorid (Cl^-)
- Karbonmonoksid (CO)
- Sikt
- Partikler (2 trinn)

4.3.1 Utendørs målinger

Hver målestasjon vist i figur 4-1 har samme instrumentering som gitt i tabell 4-2. Stoffene SO_2 , NO , og NO_2 vil bli målt kontinuerlig med midlingstid 1 time, og det vil bli tatt prøver med midlingstid åtte timer av partikler med analyse av partikulært sulfat og nitrat. I tillegg utføres av SFT analyser på døgnbasis av partikulært klor og ammonium på Ås i januar - februar og Klyve i mai - juni. Ozon vil bli målt kun på Klyve og Ås i begge måleperiodene, da denne komponenten varierer mindre i tid og rom sammenlignet med stoffene fra industriutslippene.

Tabell 4-2: Måleprogram for luftkvalitet.

Komponent	Lokalisering	Periode	Midlingstid
SO ₂	As, Klyve Flåtten, Borge	jan.-feb./	1 time
NO, NO ₂		mai-juni	1 time
Partikler			8 timer
Sulfat			8 timer
Nitrat			8 timer
Ozon	Klyve, As	jan.-feb./ mai-juni	1 time
NH ₄ ⁺ Cl ⁻	Klyve/As	mai-juni/	1 døgn

SFTs kontrollseksjon har et omfattende overvåkingssystem av luftforurensningene i området. I tabell 4-3 nedenfor er det satt opp de komponenter som NILU bearbeider for kontrollseksjonen og som vil inngå i undersøkelsen.

Tabell 4-3: Målingene som utføres av SFTs kontrollseksjon (SFT, 1983) som vil inngå i undersøkelsen.

Komponent	Lokalisering	Periode	Midlingstid
SO ₂	Skien Brannst. Øvre gate Klyve, As	Hele året	1 time
SO ₂		Hele året	1 time
NO, NO ₂ , dis		Hele året	1 time
NH ₃ , NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ Cl ⁻	Klyve/As	sommer/ vinter	1 døgn
Ozon	Klyve	sommer	1 time

4.3.2 Studie av typiske "mikromiljøer"

I undersøkelsen ønsker man å beskrive personers eksponering for luftforurensninger. Det er derfor meget viktig å kartlegge de konsentrasjoner deltagerne virkelig utsettes for. I den forberedende fase av undersøkelsen vil hver husstand få tildelt et spørreskjema for å beskrive blant annet husstype, boligstandard og hva slags oppvarming som benyttes. Ut fra disse opplysningene blir husstandene inndelt i kategorier av hus typer. Målingene av innendørs/utendørs forhold vil bli utført for en husstand innen hver kategori i hver måleperiode. I tillegg vil det bli målt i de forskjellige rom tilhørende en husstand for å studere innendørs kilder (røyking, peis, kamin, osv.). Andre typiske "mikromiljøer" som f.eks. arbeidsmiljø og i biler, vil også bli studert, for å fremskaffe forholdstall mellom disse og uteluft.

Målingene vil bli utført for komponentene gitt i tabell 4-4. Måleutstyret plasseres i en varebil eller campingvogn og målingene vil pågå i ca tre uker i begge måleperiodene. Stoffene som måles er de samme som for utendørsmålingene og i tillegg kommer karbonmonoksid og formaldehyd som kan ha innendørs kilder.

Tabell 4-4: Komponenter som inngår i innendørs/utendørsmålingene.

Stoff	Midlingstid
SO ₂	1 time
NO _x , NO ₂	1 time
CO	1 time
Svevestøv	8 timer
Sulfat	8 timer
Formaldehyd	8 timer

4.4 POLLENMÅLINGER

NILU har tidligere utført målinger for Norges Astma- og Allergiforbund av pollen på Klyve (NILU, 1980), som viser at dette området følger samme mønster i pollensammensetning som ellers på Østlandet. Pollen kan ha betydning for helse og trivsel p.g.a. allergi mot enkelte pollensorter. De personer dette gjelder vil i disse periodene endre sitt livsmønster i form av økt medikamentbruk eller nedsatt helse. Informasjon om allergi og pollenkonsentrasjoner er derfor av betydning i denne undersøkelsen.

Det foreslås at det settes opp en pollenfelle (type Burchardfelle) på Klyve. Denne skiftes en gang i uken, og men kan få oppløselighet på 1 time hvis ønskelig. Måleperioden blir kun siste feltperiode, mai - juni, da det ikke er interessant å måle pollen om vinteren. De viktigste pollensorter er bjørk (betula) i mai og gras i juni. Tellingene bør derfor omfatte bjørkepollen og graspollen (uspesifisert).

4.5 KARTLEGGING AV LUFTFORURENSNINGSEKSPONERING

I en undersøkelse hvor man skal prøve å sammenholde eksponering av forskjellige luftforurensninger med helseeffekter, er en nøyaktig beskrivelse av eksponering meget viktig (Ott, 1985). Eksponering i denne sammenheng betyr de virkelige konsentrasjoner av en luftforurensningskomponent som en person utsettes for, avhengig av hvor man oppholder seg over døgnet. Eksponering av personer for luftforurensninger kan estimeres på to måter:

- 1) Personbåret prøvetaker.
- 2) Dagbokmetoden.

Ved bruk av personbåret prøvetaker må man bære ett måleinstrument for hver av de aktuelle komponenter. Dette er omtrent umulig å gjennomføre i praksis, spesielt hvis studiet varer over et lengre tidsrom. Dessuten kan slike prøvetakere få deltakerne til å endre sin daglige livsrytme fordi enkelte aktiviteter ikke kan utføres.

Dagbokmetoden var først beskrevet av Fugas (1975) og senere utarbeidet av Duan (1982) og denne registrerer menneskers oppholdstid i forskjellige mikro-miljøer i et bestemt tidsrom.

Ved bruk av en dagbokmetode beskriver hver enkelt person i kronologisk orden hvor de har oppholdt seg i løpet av døgnet (mikro-miljøer), som f.eks. innendørs, i bil, i gatemiljø, på arbeidssted osv. Man kan deretter kombinere disse opplysningene med målinger av meteorologi og luftforurensninger i

uteluft og i de forskjellige mikro-miljøer. Tidsoppløsningen av noteringene kan settes til 1, 3 eller 6 timer etter hva som er nødvendig for å sammenholde luftmålinger med helsevirkninger.

Houston-undersøkelsen var den første som brukte dagbok-metoden i kohortstudier (Holguin et al., 1985; Contant et al., 1983). De brukte faste stasjoner for utendørs luft og i tillegg målte de innendørs konsentrasjoner i en uke i forskjellige hustyper. Regresjonskoeffisienter ble beregnet ved å sammenholde innendørsverdier for de forskjellige hustyper og målinger på de faste utendørsstasjoner for hver komponent for hver time i døgnet. Hvert individ fylte ut en dagbok hvor de beskrev i hvilket mikro-miljø de hadde vært for hver time av døgnet (utfylles to ganger om dagen for de siste 12 timer).

Eksponeringsestimatene ble sammenlignet med målte verdier fra personlige prøvetakere for å teste metoder (Contant et al., 1983). Undersøkelsen viste at eksponeringsberegningene var i god samsvar med de verdier som ble målt med bærbare prøvetakere.

NILU har i tidligere studier brukt en forenklet versjon av en slik dagbok-metode (Clench-Aas et al., 1984). I 1984 er metoden forbedret til å bli mye mer sammenlignbar med den som ble brukt i Houston-undersøkelsen, og lignende metode er foreslått benyttet i denne undersøkelsen.

VEDLEGG 5**VIRKNINGSPARAMETRE**

5 VIRKNINGSPARAMETRE

5.1 VALG AV VIRKNINGSPARAMETRE

Generelt er det valgt virkningsvariabler som skal reflektere; lungefunksjon, egenvurdering av symptomer av luftveislidelser, bruk av medikamenter og symptomer av ubehag og trivsel. De variabler som foreslås registert er beskrevet nedenfor:

5.1.1 Toppstrømhastigheter (peak flow - PEF)

Dette er et mål for den maksimale hastighet ved utånding (l/s eller l/min) og er en funksjon av styrke av lungemusklene, elastisitet og luftveisobstruksjoner. Det er vanskelig å sammenligne PEF-verdier mellom to personer på grunn av 1) forskjell i motivasjon bak en tvungen utånding, 2) forskjeller blant instrumenter og 3) individuelle fysiske egenskaper. Disse vanskelighetene er redusert betydelig når en bare ser på tidsvariasjonen av PEF separat for hver person. Denne variabel måles hos både lungesyke og lungefriske for å få et inntrykk av variasjonen i en referansepopulasjon, og den vil bli målt både morgen og kveld.

5.1.2 Bruk av medikamenter

Spesielt for de som lider av luftveissykdommer, men også for de lungefriske, vil bruk av medikamenter bli notert (tidspunkt, mengde).

5.1.3 Egen vurdering av symptomer av luftveissykdommer

Egen vurdering av forskjellige symptomer av luftveissykdommer vil bli registrert hos både lungesyke og lungefriske, slik at lungefriske kan brukes som kontroll. Piping i brystet, tett i brystet og hosterier måles, da disse variablene av lungeleger er ansett for å være de mest representative.

5.1.4 Egen vurdering av trivsel og ubehag

Egenvurdering av forskjellige trivsel- og ubehagsvariable vil bli registrert hos både lungesyke og lungefriske. Registreringene inkluderer; 1) reduksjon i aktivitetsnivå på grunn av luftforurensning, 2) plager av dårlig lukt, 3) kløe i eller sår hals, 4) øyeirritasjoner, 5) rennende nese eller nysing, 6) kvalme, 7) hodepine, 8) sinnstemning, 9) sliten, slapp, initiativløs. Denne listen har blitt utarbeidet på grunnlag av plager beskrevet i den tidligere Grenlandsundersøkelsen (Siem og Skogvold 1981), og en lokal students dagbokundersøkelse (Jensen og Sand, 1983).

5.1.5 Blindvariable

Egenvurdering av feber har tidligere vært valgt som blind variabel - en variabel som neppe har noe med luftforurensning å gjøre. Den har også en annen fordel da den gir informasjon om en persons egenoppfatning av om en er syk eller ikke. Denne parameter vil bli testet i pilotprosjektet (se avsnitt 7.1.1).

5.1.6 Sammenslåtte variable

For å gi et bedre uttrykk for effekter vil det være nødvendig å slå sammen noen av variablene ovenfor til en variabel, for deretter å analysere denne videre. For eksempel, hvis en astmatiker bruker medikamenter kan han stoppe piping i brystet. Noen mennesker vil si de har piping i brystet, andre at de er tett i brystet. Derfor er det nødvendig å definere en ny sammensatt variable som beskriver luftveisproblemer totalt. De regler som vil bli brukt for å bestemme denne nye variable vil bli utarbeidet av lungeleger i prosjektgruppen.

En sammensatt ubehagsvariabel vil også bli definert på samme måte, og de regler som bestemmer dette vil bli utarbeidet av prosjektgruppen senere.

5.2 MALEMETODER FOR VIRKNINGSVARIABLENE

Hovedsakelig vil to metoder bli brukt for å registrere eventuelle virkninger av luftforurensning;

- 1) Mini-Wright Peak Flow meter, for måling av toppstrøms hastighet (PEF).
- 2) Daglig spørreskjema for de andre variablene.

Både bruk av Mini-Wright og spørreskjema må testes grundig i et pilot-program. Deltakerne i pilotprosjektet vil gi deres oppfatning av hvilke variable som var nyttige eller ikke, og hjelpe i valg av ord og måte å registrere. I den endelige undersøkelsen vil det være meget viktig med en god opplæring og en prøveperiode før dataene kan brukes.

5.2.1 Mini-Wright Peak Flow Meter

Dette er et bærbart instrument. Brukerne trekker inn så mye luft som mulig, og deretter puster de ut så kraftig og fort som de kan. Dette gjentas 3-5 ganger og enten brukes høyeste verdi eller gjennomsnittsverdien. Som beskrevet i bruksanvisningen til instrumentet, er korrelasjonen mellom Mini-Wright og standard Wright svært god, 0.99 for voksne og 0.97 for barn. Den største fordel med Mini-Wright er at den er det eneste bærbare instrument som måler lungefunksjonen, og derfor kan målinger utføres hjemme om morgenen eller sent på kvelden. Ved bruk av Mini-Wright er det viktig at hver deltaker bruker samme prøvetaker gjennom hele undersøkelsen, da måleresultatene kan variere fra instrument til instrument.

Instrumentene må kalibreres regelmessig. Dette har skapt problemer tidligere, men ble stort sett løst i Houston-undersøkelsen. Prosjektet skal bruke den samme kalibreringsmetoden som ble brukt i Houston-undersøkelsen.

I tillegg har utstyret begrenset holdbarhet, og dette har skapt problemer når det gjelder langtids kohort-studier som varer over flere år. I denne undersøkelsen som vil vare i 4 måneder, regner man ikke med at slike pro-

blemer vil oppstå. Det viste seg i de tre lignende amerikanske undersøkelser som hadde en varighet på opptil 6 måneder, at utstyret ikke endret seg under denne perioden.

5.2.2 Daglig spørreskjema for virkningsvariable

Hver deltaker vil fylle ut to skjemaer daglig som beskriver symptomer, ubehag, trivsel, etc. Om morgenen fylles ut et skjema som dekker foregående natt, og tilsvarende fylles et skjema ut om kvelden som beskriver de siste 12 timer om dagen.

Spørreskjemaene har to deler. Den første del inneholder direkte spørsmål om betydelige endringer i medikamentforbruket, behov for besøk hos lege, osv. I den andre delen blir egenvurdering av symptomer, trivsel og ubehag registrert. Det eksisterer flere problemer med egenvurdering av helse, trivsel, osv. Det kan være vanskelig å sammenligne mennesker på grunn av at personer opplever symptomer forskjellig. Vi har derfor forsøkt å utarbeide en metode hvor personer er sin egen referanse.

VEDLEGG 6**DATA-ANALYSE OG STATISTISK BEARBEIDELSE**

6 DATA-ANALYSE OG STATISTISK BEARBEIDELSE

6.1 DATAINNSAMLING OG BEARBEIDELSE

Tre hovedtyper av variable samles i denne undersøkelsen:

- 1) Luftforurensninger og meteorologiske variable.
- 2) Virkningsvariable.
- 3) Aktivitetsvariable.

NILU har i flere år utviklet og tilpasset rutiner for bearbeiding av luft-kjemiske og meteorologiske data, slik at denne delen kan gjennomføres ved små endringer av eksisterende modeller.

Måledata for luftkvalitet og meteorologi skal sammen med utslippsfordelinger benyttes i spredningsmodeller for å beregne konsentrasjonsfordelinger av de enkelte luftforurensningskomponenter over hele området. For å utarbeide en utslippsoversikt over luftforurensninger i området er det behov for følgende informasjon:

- Befolkningsdata (geografisk fordeling, levemønster).
- Lokalisering og beskrivelse av industriutslipp.
- Forbruk av olje til husoppvarming (geografisk fordeling, oljeleveranser).
- Avfallsforbrenning (lokalisering, kapasitet).

Det vil i denne forbindelse være nødvendig med bistand fra blant annet industrien, kommuner, veikontorer, oljeselskaper og SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark.

Ved innsamling av data for virknings- og aktivitetsvariable vil lokalt ansatte gjennomgå de daglige skjemaer med deltakerne en gang pr uke og kode informasjonen.

Dataene blir så sendt til NILU som registrerer disse på sitt data-anlegg og kontrollerer dataene med kontrollrutiner som må utarbeides for dette prosjektet. Deretter må den store datamengden reduseres, forenkles og tilpasses til den videre data-analyse.

Spesielt for personer med luftveissykdommer vil det ved bruk av medisinske kriterier bli beregnet en ny variabel for lungefunksjonen ut fra virkningsvariablene. For begge grupper vil det bli definert en trivselsvariabel.

6.2 EKSPONERINGSBEREGNINGER

I kapittel 8 ble det beskrevet bruken av en dagbok for å kartlegge i hvilket miljø hver deltaker hadde oppholdt seg i løpet av en 12-timers periode, som f.eks. innendørs hjemme, ute, i bilen, på arbeidsstedet, osv.

De faste målestasjonene gir timesverdier for stoffene utendørs. Disse sammen med spredningsmodeller basert på utslippsdata og meteorologiske målinger vil gi utendørskonstrerasjoner av luftforurensninger i området. Innendørs/uten-dørs målinger gir koeffisienter som kan brukes til å skalere de beregnede utendørsverdier til de aktuelle miljøer hvor deltakerne har oppholdt seg. Ved å kombinere disse tre faktorene; dagbok, utendørs konsentrasjonsfelter og koeffisienter for spesielle miljøer, beregnes timesvise eksponeringsverdier E_t , for hvert individ og for hvert stoff slik:

$$E_t = m_i C_t$$

hvor

m_i = koeffisient for det miljøet vedkommende har oppholdt seg i.

C_t = beregnede utendørskonstrerasjoner for det aktuelle stoff i det aktuelle området.

Ut fra disse verdiene blir det for hver 12-timers periode beregnet maksimum og middelverdier for eksponering. Hvilke av disse verdier som blir benyttet vil være avhengig av hvilke helsevirkninger som studeres, og dette må avklares av spesialister på virkningssiden. Kriteriet for at en eksponeringsverdi for en 12-timers periode kan beregnes er at det må finnes ni eller flere timesestimater for eksponering.

6.3 DATA-ANALYSE

6.3.1 Statistisk analyse av helsevariable

Datamaterialet fra en slik helseundersøkelse skiller seg ved dets kompleksitet i vesentlig grad fra andre typer data. Dataene er delvis subjektive, er delvis dikotome (ja/nei), og de er avhengige av tidligere hendelser (anfall o.l.).

Dette medfører at helsedataene krever en spesiell statistisk bearbeidelse. Det planlegges å ta utgangspunkt i et modellrammeverk som både forklarer dag-til-dag variasjon for et enkelt individ, og modellerer de individuelle parametre på populasjonsnivå. Arbeider av Whittemore og Keller (1979) og Korn og Whittemore (1979) gir et eksempel på en slik teoretisk modell, og som er benyttet i Houston- og Colorado-undersøkelsene med gode resultater. Denne metoden utfører en separat logistisk regresjon av helserespons imot aktuelle luftvariable i omgivelsene for hvert individ, på en slik måte at f.eks. tidligere hendelser for individet blir tatt hensyn til. De resulterende individuelle parametre blir deretter kombinert for å beregne estimater av "total-effekter" fra omgivelsene, altså på populasjonsnivå, som f.eks. luftforurensning, temperatur, fuktighet, osv.

De beregnede koeffisientene kan også benyttes til å studere virkningen av andre forklaringsvariable, som f.eks. alder, kjønn, grad av røyking, osv.

Beskrivelse av Korn-Whittemore-modellen

Sannsynligheten for et astma-anfall for et individ på dag nr. t er modellert som

$$p = \frac{\exp(\alpha_t + \beta x_t)}{1 + \exp(\alpha_t + \beta x_t)}$$

hvor

x_t = vektor som omfatter estimerte eksponeringsverdier for aktuelle kovariable, som f.eks. luftforurensningsnivåer, temperatur og fuktighet, eller kombinasjoner av disse.

β = vektor med individuelle logistiske regresjonskoeffisienter for hver av variablene i x_t .

α_t = funksjon som beskriver eller forklarer andre faktorer, som f.eks. tidligere hendelser og andre grunner som kan provosere frem et individuelt anfall.

En slik logistisk regresjonsmodell kan tilpasses hver enkelt deltager i undersøkelsen. For hver dikotom virkningsvariabel av interesse kan altså individuelle koeffisienter beregnes for hver ko-variabel. Ut fra disse beregnes sammenfattende koeffisienter, og disse gir grunnlag for utsagn om hele populasjonen, for hver ko-variabel.

Vektoren av totale koeffisienter blir beregnet ved en optimal vekting av de individuelle koeffisient-vektorene:

$$\hat{\beta} = \sum_{i=1}^I w_i \hat{\beta}^{(i)}$$

Her er I antall individer i undersøkelsen og w_i er en bestemt vektet invers variansmatrise.

La $\beta^{(i)}$ betegne den underliggende parameter-vektor for individ nr. i , og som vi estimerer med $\hat{\beta}^{(i)}$. $\beta^{(i)}$ -vektorene har en viss fordeling i populasjonen, med et total-gjennomsnitt β og en variansmatrise T . Et estimat \hat{T} kan beregnes i tillegg til $\hat{\beta}$ over, og gir informasjon om variasjonen i populasjonen av sårbarhet overfor de ulike forklaringsfaktorene.

Hypoteser som kan stilles opp og testes er

H^* : $T = 0$. Dette svarer til at det ikke eksisterer noen virkelig forskjell mellom mennesker og at de observerte forskjeller bare skyldes målefeil og dag-til-dag variasjon for den enkelte.

Man regner med at denne hypotesen, som også kan stilles opp og testes for hver forklaringsvariabel, blir "forkastet" av data, og som i så fall betyr at man har en variasjonskomponent-modell ("random effects"), der variasjonen i data skylder variabilitet både på individ- og på populasjonsnivå.

$H_0^{(i)} : \beta^{(i)} = 0$, med alternativ: en eller flere av koeffisientene er positive.

Denne hypotesen kan testes for hvert individ. Resultatet for dette ene individet er ikke av interesse, men man kan si noe om hvor mange i populasjonen som er "signifikant sårbare" overfor en forklaringsvariabel.

$H_0 : \beta = 0$, med alternativ: en eller flere av koeffisientene er positive.

Forkastes denne hypotesen, eventuelt for en av ko-variablene, betyr det at vedkommende faktor utgjør en reell risiko (f.eks. øket sannsynlighet for anfall) for populasjonen som sådan.

I tillegg til å teste disse hypotesene kan sannsynlighetene for utslag av hver (dikotom) virkningsvariabel predikeres for et individ for gitte ko-variable, og for et "gjennomsnitts-individ", og man kan anslå usikkerhetene i slike predikasjoner.

6.3.2 Annen og utfyllende statistisk analyse

For å være sikret best mulig utsagnskraft ved bruk av den beskrevne modellen trengs diagnostiske hjelpemidler som ved hjelp av data sikrer at "riktig modell" velges. Man vurderer også alternative statistiske modeller til Korn-Whittemore-modellen.

For de tilfeller der virkningsvariabelen ikke er dikotom trengs en annen type statistisk modell, men med samme type varians-komponent-ramme som den som er beskrevet over. En mulighet er den vanlige multiple lineære regresjon

$$y_t = \alpha_t + \beta x_t + \text{støy},$$

hvor α_t inkorporerer tidligere hendelser for individet. Igjen kan de individuelle regresjonskoeffisientene $\beta^{(i)}$ modelleres som kommende fra en større fordeling i populasjonen.

At det er måleusikkerhet tilstede for noen av x-variablenes vedkommende medfører muligheten for at sannsynlighetene som predikeres direkte fra modellen kan bli skjeve. Metoder som forhindrer en slik skjevhet finnes og kan inkorporeres i f.eks. Korn-Whittemore modellen.

6.3.3 Valg av størrelse på forsøksgrupper

En "random effects" modell med variabilitet både fra dag til dag for den enkelte, og mellom individene, trenger lange nok observasjonsperioder og mange nok individer for å kunne oppdage interessante trekk, og for å kunne anslå de viktigste parametre med god presisjon.

I det nærværende tilfelle er det altså observasjonsperioden = n dager og antallet personer I som er av betydning. At n blir valgt så stor som 120 (fire måneder) betyr at de individuelle estimatene $\hat{B}^{(i)}$, som får varians av størrelsesorden $\Gamma^{(i)} = \frac{1}{n} \Gamma_0^{(i)}$ hvor $\Gamma_0^{(i)}$ er stabil, blir godt estimert, forutsatt at ikke for mange x-variable er med i den logistiske regresjon. (Det er generelt viktig for utsagnskraften at bare de viktigste, eventuelt sammenslåtte, x-variable tas med.) Dette medfører videre at variansmatrisen T som gir spredningen på populasjonsnivå blir godt estimert, siden

$$\text{VAR} (\hat{\beta}^{(i)}) = T + \frac{1}{n} \Gamma_0^{(i)}$$

i populasjonen. Spesielt er det gode sjanser for å oppdage at den viktigste hypotesen H^* er gal hvis den faktisk er det (se 6.3.1), selv med en moderat gruppestørrelse I.

Det er også gode muligheter for å oppdage om individhypotesen $H_0^{(i)}$ er riktig

eller gal, med en n lik 120.

Kravet om høy nok gruppestørrelse I kommer inn når hypotesen $H:\beta = 0$ skal testes med rimelig styrke, eller når krav til presisjonen av estimatene for disse populasjonsparametrene stilles.

Den statistiske signifikanstest for $\beta = 0$ vil, i forenklet fasong (av hensyn til fremstillingen her), forkaste og påstå at det virkelig er en risiko for gjennomsnittsindividet, dersom

$$I\hat{\beta}' \left(T + \frac{1}{n} \Sigma_0 \right)^{-1} \hat{\beta} > \gamma_{k;0.05}$$

(med nivå satt til 5%). Her er k antallet variable i x -vektoren, og $\gamma_{k;0.05}$ er en fraktil i k -frihetsgrader. Kreves det at sjansen for å forkaste $\beta = 0$ skal være minst 80% f.eks. for et bestemt sett av populasjonsparametre, blir kravet til I av størrelsesorden

$$I \geq \frac{c(k;0.80)}{\hat{\beta}' \left(T + \frac{1}{n} \Sigma_0 \right)^{-1} \hat{\beta}}$$

hvor $c(k;0.80)$ er en konstant som avhenger av k , og som kan finnes i statistiske tabellverk over den ikke-sentrale k -frihetsgrader F -fordeling. Verdier for $c(k;0.80)$ og $c(k;0.90)$ er listet i tabell 6-1 for k =antall x -faktorer i regresjonen = 1-10.

Tabell 6-1: Verdier for $c(k;0.80)$ og $c(k;0.90)$ for k = antall x -faktorer i regresjonen = 1-10.

k :	$c(k;0.80)$:	$c(k;0.90)$:
1	7.85	10.51
2	9.64	12.66
3	10.90	14.17
4	11.94	15.41
5	12.83	16.47
6	13.62	17.42
7	14.35	18.28
8	15.02	19.08
9	15.65	19.83
10	16.24	20.53

Vanskeligheten med å anvende dette er at de underliggende populasjonsverdiene som inngår ikke er kjente eller estimerte før etter at forsøket har startet.

Vi kan anta at $\frac{1}{n} \Sigma_0$ i formelen over er av liten betydning i forhold til T. Tilnærmer vi den ukjente variansmatrisen T med en diagonalmatrise fås kravet

$$I \geq \frac{c(k; 0.80)}{\frac{\Sigma_{j=1}^k \beta_j^2 / \sigma_j^2}{k}},$$

hvor σ_j er standardavviket for β_j -verdier i populasjonen.

For å få tak i riktig størrelsesorden for I kan man betrakte de separate komponenttestene for $\beta_j=0$ for de av x-faktorene hvor det er mulig å anslå standardavviket σ_j . Slike er beregnet ved tidligere kohort-studier for noen stoffer. Verdier for ozon og NO_2 er funnet i Houston-undersøkelsen (Holguin et al., 1985), og for TSP i Los Angeles-undersøkelsen (Whittemore og Korn, 1980). De følgende verdier er mottatt av medarbeidere i Houston-prosjektet:

	Ozon	NO_2	TSP
Standardavvik σ	0.0166	0.0377	0.0053

Formelen for nødvendig utvalgsstørrelse når man formulerer krav om styrke ved hver komponenttest kan skrives

$$I = \frac{(z_\beta + z_\gamma)^2}{\delta^2} \sigma^2$$

Dette er et spesialtilfelle av utredningen over. Her er

$(z_{\alpha} + z_{\gamma})^2$: en konstant svarende til $c(k;0.80)$ og $c(k;0.90)$ over og avhengig av testens nivå α og ønsket styrke $1-\gamma$. Se tabellen over.

δ : naturlig logaritme av odds ratio $p/(1-p)$ - se nedenfor.

σ : standardavvik for β -koeffisienten i populasjonen, som over.

Odds ratio er en variabel som beskriver økningen i mulighet for anfall pr. enhet endring av en luftvariabel. Siden det ikke eksisterer en forutbestemt minimum effekt for hver luftvariabel er det beregnet virkninger med økning i relativ risiko mellom 0.1 til 2.5% pr. enhet endring av luftvariabel (tabellene 6-2 til 6-5. Siden det ikke er en lineær sammenheng blir verdiene for odds ratio omregnet til δ -verdier ved uttrykket:

$$\delta = \ln (\text{odds ratio})$$

Odds ratio for en økning ΔC av en luftvariabel blir da:

$$\text{Odds ratio} = \exp (\delta \cdot \Delta C)$$

En økning med 40 ppb ozon og NO_2 , og $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ TSP gir f.eks. 32% økning i risiko for anfall, mens tilsvarende verdi for pr. enhets endring var 0.7% (se tabell 6-2).

I tabell 6-2 er det beregnet to typer odds ratio, en pr. enhet endring, og en for 40 enheter endring, ved forskjellige verdier for δ . Disse verdiene gjelder for stoffene O_3 , NO_2 og TSP. I tabell 6-3 til 6-5 er størrelsene av forsøksgruppene beregnet for forskjellige verdier av odds ratio og ved en endring på 40 enheter for stoffene, ved bruk av ligningen nederst på side 86 og antagelsene ovenfor (to-sidig test, $\alpha=0.05$).

Som eksempel på bruk av tabellene, så gir disse at med en sannsynlighet på 90%, vil 60 personer være tilstrekkelig for å oppdage en økt risiko for anfall på 32% ved en økning av ozonkonsentrasjonen med 40 ppb. Tilsvarende verdier med samme sannsynlighet, antall personer og endring på 40 enheter er 8% og 88% for henholdsvis TSP og NO_2 .

Tabellene 6-2 til 6-5 viser også at ved å øke antall deltagere til 116 vil man for ozon bare redusere målbarheten for økt risiko for anfall til 22%.

Hvis kravet forandres fra ønsket sjanse til å oppdage at en spesifikk β koeffisient er positiv, til ønsket sjanse til å oppdage at minst en av den er positive, gitt at de alle tre er det, får man en annen tabell (se tabell 6-6). Hvis for eksempel både ozon, NO_2 og TSP virkelig er reelle risikofaktorer for populasjonen (eller del-populasjonen som forsøksgruppen er trukket fra), og av samme størrelsesorden, svarende til bare odds ratio pr. endring = 1.002, trengs gruppestørrelse hhv. 69 og 90 for å ha styrke lik 80% og 90%.

Med bakgrunn i disse beregningene og i de praktiske og økonomiske begrensninger anses $I=120$ personer å være tilstrekkelig for den normale gruppen. Den lungesyke gruppen antas å være mer sårbar overfor risikofaktorene, dvs β -koeffisientene er større enn for normalgruppen, og derfor lettere å påvise med statistisk signifikans. $I=80$ personer anses derfor tilstrekkelig for denne gruppen.

Tabell 6-2: Tabell over odds ratios, δ og endring i mulighet for anfall ved en 40 enhets endring i komponentene. Disse verdier gjelder for alle komponenter. (Odds ratio = $\exp(\delta \cdot \Delta C)$).

	Delta (δ)	Odds ratio pr. enhet endring	Odds ratio pr. 40 enhet endring
1	0.0009995	1.001	1.04079
2	0.0019980	1.002	1.08320
3	0.0029955	1.003	1.12729
4	0.0039920	1.004	1.17314
5	0.0049875	1.005	1.22079
6	0.0059821	1.006	1.27034
7	0.0069756	1.007	1.32184
8	0.0079682	1.008	1.37538
9	0.0089597	1.009	1.43102
10	0.0099503	1.010	1.48886
11	0.0109399	1.011	1.54898
12	0.0119286	1.012	1.61146
13	0.0129162	1.013	1.67640
14	0.0139029	1.014	1.74389
15	0.0148886	1.015	1.81402
16	0.0158733	1.016	1.88690
17	0.0168571	1.017	1.96263
18	0.0178399	1.018	2.04132
19	0.0188218	1.019	2.12308
20	0.0198026	1.020	2.20804
21	0.0207825	1.021	2.29631
22	0.0217615	1.022	2.38801
23	0.0227395	1.023	2.48328
24	0.0237165	1.024	2.58225
25	0.0246926	1.025	2.68506

Tabell 6-3: Nødvendig størrelse av forsøksgruppen for å kunne påvise effekt av ozon av størrelsesorden vist i tabell 9. Beregnet for styrke på 80, 90 og 95%.

	Styrke		
	80%	90%	95%
1	2181.93	2900.04	3590.52
2	546.03	725.73	898.53
3	242.92	322.87	399.74
4	136.78	181.80	225.08
5	87.63	116.47	144.20
6	60.91	80.96	100.24
7	44.80	59.54	73.72
8	34.33	45.63	56.49
9	27.15	36.09	44.68
10	22.02	29.26	36.23
11	18.21	24.21	29.97
12	15.32	20.36	25.21
13	13.07	17.37	21.50
14	11.28	14.99	18.56
15	9.83	13.07	16.18
16	8.65	11.50	14.24
17	7.67	10.20	12.62
18	6.85	9.10	11.27
19	6.15	8.18	10.13
20	5.56	7.39	9.15
21	5.05	6.71	8.30
22	4.60	6.12	7.57
23	4.22	5.60	6.94
24	3.88	5.15	6.38
25	3.57	4.75	5.88

Tabell 6-4: Nødvendig størrelse av forsøksgruppen for å kunne påvise effekt av NO₂ av størrelsesorden vist i tabell 9. Beregnet for styrke på 80, 90 og 95%.

	Styrke		
	80%	90%	95%
1	11222.3	14915.7	18467.0
2	2808.4	3732.6	4621.4
3	1249.4	1660.6	2056.0
4	703.5	935.0	1157.7
5	450.7	599.0	741.6
6	313.3	416.4	515.5
7	230.4	306.2	379.1
8	176.6	234.7	290.6
9	139.7	185.6	229.8
10	113.2	150.5	186.3
11	93.7	124.5	154.1
12	78.8	104.7	129.7
13	67.2	89.3	110.6
14	58.0	77.1	95.4
15	50.6	67.2	83.2
16	44.5	59.1	73.2
17	39.5	52.4	64.9
18	35.2	46.8	58.0
19	31.6	42.1	52.1
20	28.6	38.0	47.0
21	26.0	34.5	42.7
22	23.7	31.5	39.0
23	21.7	28.8	35.7
24	19.9	26.5	32.8
25	18.4	24.4	30.3

Tabell 6-5: Nødvendig størrelse av forsøksgruppen for å kunne påvise effekt av TSP av størrelsesorden vist i tabell 9. Beregnet for styrke på 80, 90 og 95%.

	Styrke		
	80%	90%	95%
1	223.358	296.868	367.551
2	55.895	74.291	91.980
3	24.867	33.051	40.921
4	14.002	18.610	23.041
5	8.970	11.922	14.761
6	6.235	8.288	10.261
7	4.586	6.095	7.546
8	3.514	4.671	5.783
9	2.780	3.694	4.574
10	2.254	2.995	3.709
11	1.864	2.478	3.068
12	1.568	2.084	2.581
13	1.338	1.778	2.201
14	1.154	1.534	1.900
15	1.007	1.338	1.656
16	0.886	1.177	1.457
17	0.785	1.044	1.292
18	0.701	0.932	1.154
19	0.630	0.837	1.036
20	0.569	0.756	0.936
21	0.517	0.687	0.850
22	0.471	0.626	0.775
23	0.432	0.574	0.710
24	0.397	0.527	0.653
25	0.366	0.486	0.602

Tabell 6-6: Nødvendig størrelse av forsøksgruppen for å kunne oppdage at minst en av dem er positive, gitt at de alle tre er det. Odds ratio er kalkulert pr enhet endring.

	Odds ratio per enhet endring	Delta (δ)	Styrke	
			80%	90%
1	1.001	0.0009995	274.185	356.441
2	1.002	0.0019980	68.623	89.210
3	1.003	0.0029955	30.528	39.687
4	1.004	0.0039920	17.190	22.347
5	1.005	0.0049875	11.012	14.316
6	1.006	0.0059821	7.655	9.951
7	1.007	0.0069756	5.630	7.319
8	1.008	0.0079682	4.315	5.609
9	1.009	0.0089597	3.412	4.436
10	1.010	0.0099503	2.767	3.597
25	1.025	0.0246926	0.449	0.584

VEDLEGG 7

PROSJEKTJENNOMFØRING

7 PROSJEKTGJENNOMFØRING

7.1 FORBEREDELSESFASE

7.1.1 Pilotforsøk

En stor undersøkelse av denne type trenger et pilotforsøk. Formålet med dette er å prøve utstyr og spørreskjemaer, og å få impulser fra deltakerne om endringer som kan gjøres for å få det mer praktisk og gjennomførbart.

Spørreskjemaer må vurderes for valg av ord, variable, kodingsmuligheter, forståelse osv. Prøvekjøring av spørreskjemaer og Mini-Wright må vare i minst to uker. Det bør være 5-10 lungesyke og 5-10 lungefriske i et pilotforsøk.

7.1.2 Valg av forsøkspersoner

A) Lungesyke

Det etableres kontakt med legene på Diagnosestasjonen i Skien og Barneavdelingen, Telemark sentralsykehus. Detaljer i kriteriene for uttak til gruppen diskuteres med disse. Pasientene orienteres om undersøkelsen og inviteres til å delta ved kontroll/behandling hos de lokale leger. De frivillige innkalles til undersøkelse hos prosjektlegen. Etter denne intervjues forsøkspersonene av sykepleier om miljøforhold og instrueres i bruk av skjema og instrumenter. En regner med at etter å ha erklært seg villige vil mindre enn 20 prosent av gruppen falle i fra før undersøkelsesperioden.

B) Lungefriske

Et stratifisert utvalg fra området trekkes ved hjelp av folkeregisteret. Det sendes et innbydelseskort til de enkelte. Så kontaktes de personlig av sykepleier for nærmere orientering og rekruttering. De som er villige, innkalles til undersøkelse hos prosjektlegen. Etter denne intervjues de om miljøforhold og instrueres i bruk av skjema og instrumenter. I utgangs-

punktet regner en med at halvparten av de uttrukne vil erklære seg villige. Av disse kan inntil en fjerdedel unnlate å møte til legeundersøkelse. Av de som møter vil et fåtall bli silt ut eller falle fra før undersøkelsesperioden. Det er derfor nødvendig å trekke minst 400 personer for å etablere en kontrollgruppe på 120 personer.

7.1.3 Valg og opplæring av ansatte

Et slikt prosjekt trenger velkvalifiserte, lokale ansatte. Det som er viktig er høy motivasjon for selve prosjektet og evne til å behandle mennesker, spesielt barn. De som blir ansatt må læres opp i de forskjellige aktiviteter de må gjennomføre, som f.eks. utfylling av flere typer spørreskjemaer, kalibrering av Mini-Wright, koordinering med prosjektledelsen og koding av skjemaer.

7.1.4 Forberedelse av forskjellige typer spørreskjemaer

Flere typer spørreskjemaer må utarbeides og testes før prosjektet kan komme i gang. De er:

- Daglige spørreskjema.

Dette er diskutert i kapittel 5 og vil ikke beskrives nærmere her.

- Ukentlige spørreskjema.

En gang i uken må deltakerne komme inn til det lokale senter for å levere siste ukes spørreskjema, kalibrere sin Mini-Wright måler, og ha en samtale med de ansatte for å forsikre seg om at alt går bra, og at det ikke har foregått store endringer i livsmønster. Et spørreskjema må utarbeides for å standardisere denne prosessen.

- Skjema for innledende legeundersøkelse.

Det standardiseres hvilke opplysninger som skal registreres med dette skjemaet.

- Miljøskjema.

Dette inneholder beskrivelse av bosted, arbeidssted, hustype og nærmiljø. Denne informasjonen vil deretter benyttes til å planlegge studiet av mikromiljøer.

7.1.5 Forberedelse av håndbøker/instrukser

Flere håndbøker og instruksjoner som beskriver nødvendige operasjoner må utarbeides for å sikre standardiserte rutiner. Disse må forklare og beskrive:

- Hvert av de ovennevnte skjemaer og hvordan de må fylles ut.
- Kalibrering av Mini-Wright måleren.
- Rutiner ved det lokale helsesenter.
- Gjennomføring av utendørs målinger og studiet om mikromiljøer.
- Koding av data.

7.2 GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN

Undersøkelsen vil foregå i to perioder, januar - februar og mai - juni, og er inndelt i flere trinn. Forsøkspersonene må læres opp av de lokalt ansatte og må prøve å fylle ut noen av de nødvendige spørreskjemaer. De må følges nøye gjennom undersøkelsen med personlig kontakt og kontakt over telefon.

En gang pr uke skal hver deltaker levere et ukeskjema som oppsummerer endringer av betydning i uka som er gått (f.eks. besøk, økt problem med å puste, endringer i medikamentforbruk, etc.). Disse besøkene er i første rekke beregnet til å vedlikeholde motivasjonen for undersøkelsen, men de kan også benyttes som en kontroll for den regelmessige føringen av dagboken. I tillegg leveres dagskjemaene for uken.

Utendørs målestasjoner for luftkvalitet må være utplassert i god tid før undersøkelsen, og vil bli kontrollert annen hver dag. Studiet av "mikromiljøer" vil foregå i ca 3 uker i hver periode.

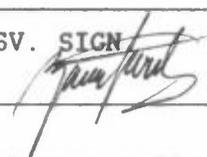
Koding av data gjennomføres av de lokale ansatte fortløpende under hele undersøkelsen. Påfølgende uke, etter den siste ukens daglige spørreskjemaer er levert, vil de bli kodet. Hvis det skulle dukke opp noen problemer med svarene, kan deltakerne bli kontaktet mens de ennå husker hva som skjedde i forrige uke.

7.3 DATABEARBEIDELSE

Databearbeidelse og analyse er beskrevet i vedlegg 6. Hovedtrekkene er:

- Etter koding lokalt, blir spørreskjemaer sendt til NILU for data-registrering og kontroll.
- Sammenslåing av flere variabler til én eller flere sammenslåtte variable og klassifisering av variabler om egen vurdering av symptomer og trivsel.
- Data må sjekkes og feil må rettes.
- Noen statistiske modeller må utvikles.
- Statistiske analyser.
- Utarbeidelse av rapporter.

**NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM (ELVEGT. 52), NORGE**

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORTNR. OR 35/86	ISBN-82-7247-704-1	
DATO Juni 1986	ANSV. SIGN 	ANT. SIDER 96	PRIS kr 80,00
TITTEL En korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland - Prosjektskisse		PROSJEKTLEDER Jocelyne Clench-Aas	
		NILU PROSJEKT NR. O-8303	
FORFATTER(E) Jocelyne Clench-Aas*, Trond Bøhler*, Leiv S. Bakketeig**, Tor Haldorsen**, Nils Lid Hjort***		TILGJENGELIGHET* A	
* Norsk institutt for luftforskning ** Statens institutt for folkehelse *** Norsk regnesentral		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100, Dep 0032 OSLO 1			
3 STIKKORD (à maks. 20 anslag) Luftkvalitet Kohort-studie Helseeffekter			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Prosjektskissen inneholder et forslag til kohort-studie med samtidige innendørs og utendørs målinger av luftkvalitet og meteorologi. Hver deltager fyller ut spørreskjemaer over helsevirkninger og sammenholdt med luftforurensninger vil det bli beregnet eksponeringsverdier for hver luftforurensning for hver deltager. Feltstudiet vil vare i 4 mndr fordelt på 2 mndr om vinteren og 2 mndr om sommeren. Totalt vil studiet vare i ca 3 år inkludert forundersøkelser, feltarbeid og deretter kontroll, bearbeidelse og statistisk analyse av måldata.			

TITLE Short term cohort study of the relationship between health effects and air pollution - Project proposal.

ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines)
The project description proposes to use a short term cohort study of two population groups - healthy and suffering from airway disease - with simultaneous indoor/outdoor meteorological and air quality measurements. Each participant fills out a daily questionnaire of health effects which will then be related to his/her estimated exposure to each pollutant. The field study will last at least 4 months, 2 in winter and 2 in summer. The entire study including preparatory phase, field work, data analysis and reporting will last 3 1/2 years.

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