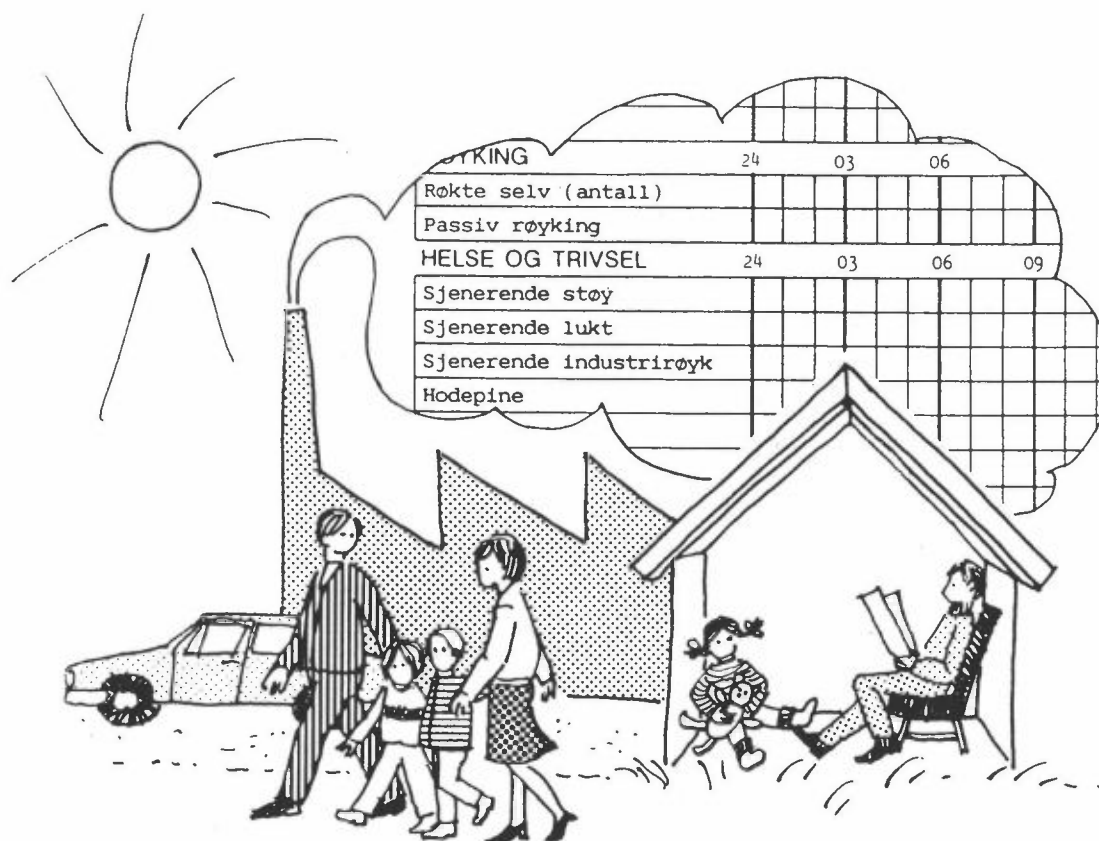


Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland

Utførende institusjoner:

Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Statens institutt for folkehelse (SIFF)

Forholdet mellom konsentrasjoner av luftforurensninger inne i og utenfor boliger i Grenland



Oppdragsgivere: Miljøverndepartementet (MD), Statens forurensningstilsyn (SFT) og Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Forskningsråd (NTNF)

NILU OR : 8/91
REFERANSE: O-8747
DATO : FEBRUAR 1991
ISBN : 82-425-0186-6

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

FORHOLDET MELLOM KONSENTRASJONER AV LUFTFORURENSNINGER
INNE I OG UTENFOR BOLIGER I GRENLAND

O.-A. Braathen

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTSBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM
NORGE

FORORD

I 1979 gjennomførte Norsk institutt for luftforskning (NILU) en undersøkelse i nedre Telemark for å se på sammenhengen mellom luftforurensninger og helseeffekter. Resultatene fra denne første undersøkelsen ga et godt grunnlag for videre undersøkelser i området.

Miljøverndepartementet (MD) og Statens forurensningstilsyn (SFT) bevilget i 1986 midler til planlegging av en mer omfattende helseundersøkelse i Grenland. Denne undersøkelsen skulle være et samarbeid mellom NILU og Statens institutt for folkehelse (SIFF).

Formålet med helseundersøkelsen i Grenland i 1988-1990 var å undersøke om luftforurensningskomponenter enkeltvis eller i kombinasjon har korttidsvirkninger på befolkningens helse.

Som en del av undersøkelsen inngikk et måleprogram for å studere sammenhengen mellom forurensning innendørs og utendørs i boliger. Denne rapporten inneholder etablerte sammenhenger mellom ute- og innekonsentrasjoner for hver enkelt av de aktuelle forurensningskomponentene. Sammenhengene er utarbeidet på basis av resultatene av målingene og, i enkelte tilfeller, på basis av litteraturverdier.

På grunnlag av målinger av luftkvalitet på faste stasjoner i området, inne/ute-sammenhenger, meteorologiske parametere, utslipp av luftforurensninger og kartlegging av bevegelsesmønstret til alle deltakere i undersøkelsen, kan hver deltakers eksponering for ulike luftforurensningskomponenter kartlegges. Disse resultatene sammenlignes så med subjektive og objektive data om helsevirkninger for, om mulig, å avdekke eventuelle sammenhenger.

INNHOOLD

	Side
FORORD	1
SAMMENDRAG	5
SUMMARY	7
1 INNLEDNING	19
2 MÅLEPROGRAM	20
3 LINEÆR REGRESJON OG KORRELASJON	23
4 RESULTATER	25
4.1 Komponenter som inngår i eksponeringsberegningene	25
4.1.1 Svoveldioksid (SO ₂)	25
4.1.2 Nitrogendioksid (NO ₂)	28
4.1.3 Svevestøv, finfraksjon	32
4.1.4 Sulfat (SO ₄ ²⁻), finfraksjonen	38
4.1.5 Nitrat (NO ₃ ⁻), finfraksjon	41
4.1.6 Karbonmonoksid (CO)	43
4.1.7 Ozon (O ₃)	44
4.1.8 Pollen	45
4.1.9 Relativ fuktighet (RH)	46
4.2 Komponenter som ikke inngår i eksponeringsberegningene	48
4.2.1 Svevestøv, grovfraksjon	48
4.2.2 Sulfat (SO ₄ ²⁻), grovfraksjon	51
4.2.3 Nitrat (NO ₃ ⁻), grovfraksjon	52
5 REFERANSER	53

SAMMENDRAG

Denne rapporten inneholder etablerte sammenhenger mellom inne- og utekonsentrasjoner for utvalgte forurensningskomponenter i 15 boliger i Grenlandsområdet. Inne/ute-sammenhengene inngår som en del av eksponeringsberegningene for deltakerene i helseundersøkelsen i Grenland. Denne undersøkelsen er en studie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helse.

I hver bolig ble det målt i ca. 3 døgn i vinterperioden (januar-mars) og 3 døgn i sommerperioden (april-juni). Måleprogrammet omfattet SO_2 (svoveldioksid), NO_2 (nitrogendioksid), CO (karbonmonoksid), svevestøv i to fraksjoner, Cl^- (klorid), NO_3^- (nitrat), SO_4^{2-} (sulfat), HCOH (metanal eller formaldehyd) og CH_3COH (etanal eller acetaldehyd). I hver bolig ble målingene foretatt i stue eller oppholdsrom og rett på utsiden av huset. En målebuss ble innredet for å frakte måleutstyret fra sted til sted.

For Cl^- , HCOH og CH_3COH ble det ikke etablert inne/ute-sammenhenger fordi disse komponentene ikke inngår i helseundersøkelsen. For noen av de andre komponentene var det nødvendig å benytte litteraturverdier for å etablere sammenhenger mellom konsentrasjoner inne og ute.

De etablerte sammenhengene er på formen

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

der

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

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

a kalles penetreringskoeffisienten og er et uttrykk for hvor sterkt C_{inne} avhenger av C_{ute} . b er et uttrykk for den totale kildestyrken av innendørs kilder.

For SO_2 er $C_{\text{inne}}/C_{\text{ute}}$ -forholdet omtrent 1 når C_{ute} er lav og omtrent 0,5 når C_{ute} er høy.

For NO_2 viste de etablerte sammenhengene at C_{inne} var mer avhengig av C_{ute} i boliger med beboer med kronisk obstruktiv lungelidelse (KOLL) enn i boliger uten slik beboer. Om sommeren var C_{inne} generelt mer avhengig av C_{ute} enn om vinteren. Penetreringskoeffisientene lå mellom 0,3 og 0,8.

For finfraksjonen av svevestøvet er tobakksrøyking i inneluft den helt dominerende kilden i boliger der det røykes. Dette gjorde det vanskelig å studere sammenhengen mellom inne- og utekonsentrasjoner, og derfor ble penetreringskoeffisientene for SO_4^{2-} (sulfat) på finfraksjonen også benyttet for finfraksjonen selv.

For SO_4^{2-} (sulfat) på finfraksjonen var penetreringskoeffisienten omtrent 0,75. De etablerte sammenhengene for SO_4^{2-} på finfraksjonen ble også benyttet for NO_3^- på finfraksjonen.

For CO ble litteraturverdier benyttet for å etablere følgende sammenheng:

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

Det ble heller ikke foretatt målinger av konsentrasjoner av ozon og pollen i inneluft, og for begge disse komponentene ble følgende sammenheng etablert på basis av litteraturverdier:

$$C_{\text{inne}} = 0,2 \cdot C_{\text{ute}}$$

Det ble også etablert sammenhenger for grovfraksjonen av svevestøvet og for SO_4^{2-} og NO_3^- på grovfraksjonen, men disse komponentene inngikk ikke i eksponeringsberegningene.

SHORT TERM COHORT STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN HEALTH AND AIR POLLUTION IN GRENLAND, NORWAY

RELATIONSHIPS BETWEEN INDOOR AND OUTDOOR CONCENTRATIONS OF AIR POLLUTANTS

SUMMARY

1 INTRODUCTION

In 1979, the Norwegian Institute for Air Research (NILU) performed a preliminary investigation of the health effects of air pollution in Grenland, Norway (an industrialized area) compared to the area around Larvik (control). The cross-sectional study showed that the number of individuals reporting symptoms and illnesses of the respiratory system, differed in areas having high, medium or low air pollution (Siem and Skogvold, 1981).

The Ministry of the Environment (MD), the Norwegian State Pollution Control Authority (SFT) and the Royal Norwegian Council for Scientific and Industrial Research (NTNF) financed, in 1986, planning of the details of a new investigation of the effects on health of air pollution in the area. This new study was carried out in 1988 as a co-operative study between NILU and the National Institute of Public Health (SIFF). Data control and analysis were to continue in 1989 and 1990.

The aim of the study is to investigate whether air pollutants, either singly or in combination, have short term acute effects on the health and well-being of the population of the two municipalities of Skien and Porsgrunn.

In the study, each participant's exposure to air pollution will be estimated. In order to do this, a model will estimate outdoor air quality on a 1 km grid for the entire region for each day and hour of the investigation. The model calculates

levels of air quality based on information about the emission of pollutants from all primary sources in the area and on prevailing meteorological conditions. Measurements of air quality at the fixed stations in the area are used to correct the model calculations. Results of the calculations by the model, combined with information on air quality indoors and with information as to where each individual has been for each hour and day of the study (from a diary) will be used to calculate each individual's exposure to each pollutant, for each hour and day of the study. This exposure information will then be compared with a diary of state of health and well-being that is filled out by each individual, and with measurements of each individual's respiratory peak flow, measured four times a day, and with physical examinations, to investigate the possible effect of air pollution on the participant's subjective feeling of health and objective indicators of state of health.

The Grenland area lies in the county of Telemark in southeastern part of Norway and is one of the most industrialized areas in the country. Around 100 000 people live in the area, mostly in the cities of Skien and Porsgrunn.

The present report contains the established relationships between indoor and outdoor concentrations of the air pollutants included in the study. In some cases, values taken from the literature had to be utilized in addition to or instead of the results of the measurements.

2 MEASUREMENT PROGRAM

The purpose of including indoor/outdoor measurements in the study in addition to the extensive outdoor air measurement program, was to improve the calculation of exposure of the participants to various air pollutants. This meant that the indoor/outdoor and outdoor measurement programs had to include the same set of air pollutants.

The measurement program is shown in Table I.

Table I: The program for the indoor/outdoor measurements carried out both winter and summer at each of the 15 homes in Grenland in 1988.

Air pollutant	Location	Averaging time	Number of measurements
SO ₂ (sulphur dioxide)	Indoors ^{d)}	8 hours	8
	Outdoors ^{d)}	8 hours	8
NO ₂ (nitrogen dioxide)	Indoors	8 hours	8
	Outdoors	8 hours	8
Suspended particles Fine fraction ^{a)}	Indoors	12 hours	6
	Outdoors	12 hours	6
Suspended particles Coarse fraction ^{b)}	Indoors	12 hours	6
	Outdoors	12 hours	6
SO ₄ ²⁻ (sulphate) ^{c)}	Indoors	12 hours	6
	Outdoors	12 hours	6
NO ₃ ⁻ (nitrate) ^{c)}	Indoors	12 hours	6
	Outdoors	12 hours	6
Cl ⁻ (chloride) ^{c)}	Indoors	12 hours	6
	Outdoors	12 hours	6

a) Particles with diameter less than 2.5 µm.

b) Particles with diameter larger than 2.5 µm.

c) Measured on both fractions of the suspended particles.

d) The indoor and outdoor air measurements were carried out simultaneously.

In each home the measurement program was carried out once in the winter and once in the summer of 1988. The indoor measurements were done in the living room of the home, and the outdoor measurements were done just outside the home. A mobile unit equipped with all the necessary equipment and instruments, was used. The locations of the 15 homes are shown in Figure I.

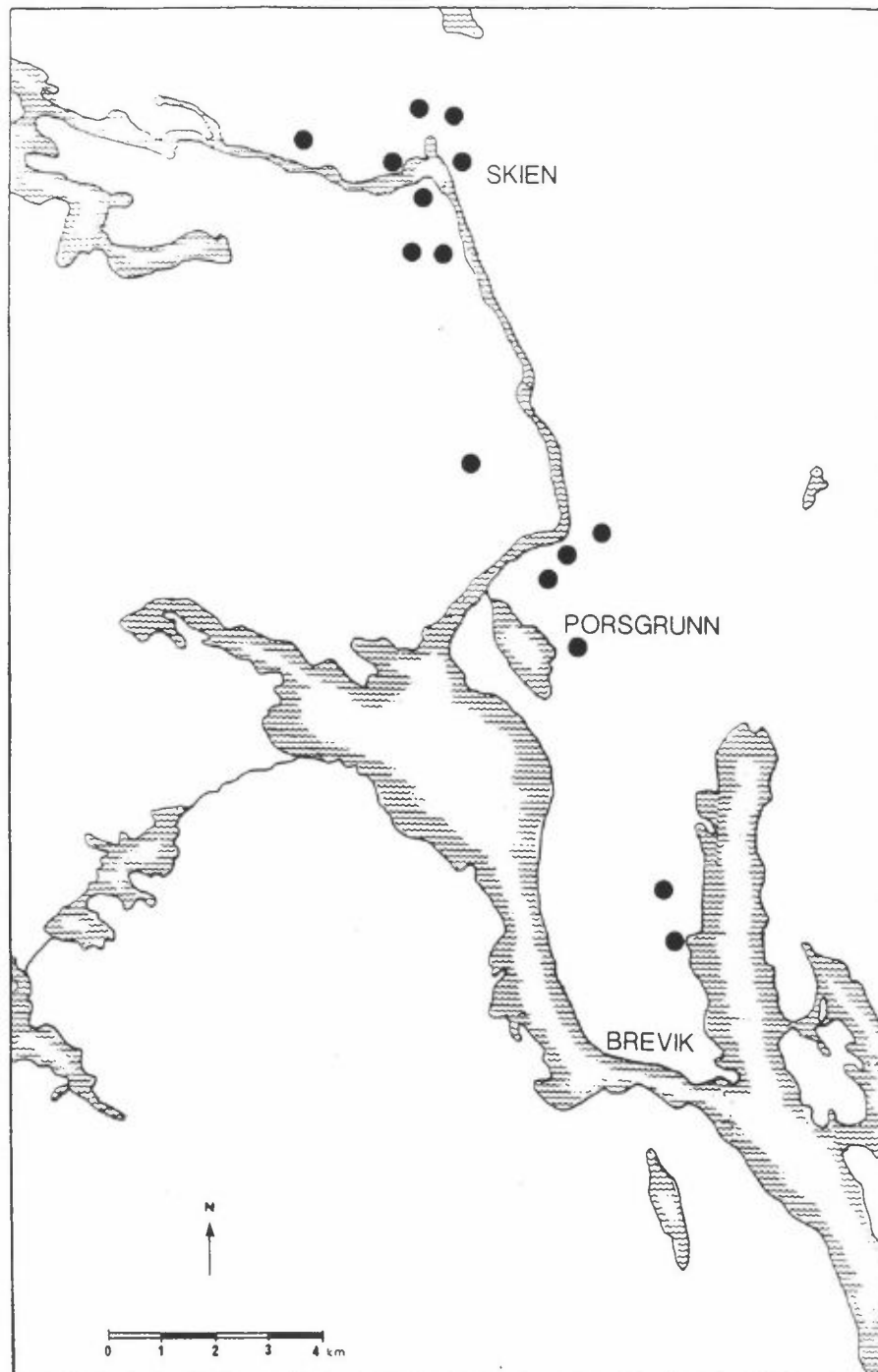


Figure I: The locations of the 15 homes where the indoor/outdoor measurements were carried out.

3 LINEAR REGRESSION

The established relationships were all linear expressions of the type:

$$C_{i n} = a \cdot C_{o u t} + b$$

where

$C_{i n}$ = indoor concentration, and

$C_{o u t}$ = outdoor concentration.

a is called the penetration-coefficient and is a measure of how strongly $C_{i n}$ depends on $C_{o u t}$. b is a measure of the total source-strength of indoor sources.

a and b were calculated using linear regression on the sets of measurements indoors and outdoors in the 15 homes in Grenland in the winter and in the summer. The concentration unit used throughout this report is $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4 RESULTS

SO₂ (sulphur dioxide)

All the measured concentrations of SO₂, both inside and outside of the homes, were rather low. In order to establish a relationship between indoor and outdoor concentrations of SO₂ that could also be used at higher outdoor concentrations, values taken from the literature therefore had to be utilized. The resulting relationship was:

$C_{i n} = 0,49 \cdot C_{o u t} + 5,05$

This means that the C_{in}/C_{out} -ratio was about 1 when C_{out} was low and about 0.5 when C_{out} was high. This is in accordance with previous studies in other countries.

NO₂ (nitrogen dioxide)

In many countries, gas stoves and other gas-burning appliances lead to rather high NO₂-concentrations in indoor air, and in many cases indoor air concentrations are significantly higher than outdoor air concentrations. In Norway there are, generally, no important NO₂-sources in the indoor environments, and therefore the C_{in}/C_{out} -ratio is usually smaller than 1 in Norwegian homes since NO₂ reacts with active surfaces.

In Table II are shown the relationships between the indoor (C_{in}) and outdoor (C_{out}) concentrations of NO₂.

Table II: Relationships between indoor (C_{in}) and outdoor (C_{out}) concentrations of NO₂ in Norwegian homes (r = correlation coefficient).
Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Season	Time interval	Home with inhabitant(s) suffering from LD ¹	Home without inhabitant(s) suffering from LD ¹
Winter	00-16	$C_{in} = 0.28 \cdot C_{out} + 6.30, r = 0.67$	
	16-24	$C_{in} = 0.35 \cdot C_{out} + 6.50$ $r = 0.49$	$C_{in} = 0.21 \cdot C_{out} + 10.50$ $r = 0.69$
Summer	00-08	$C_{in} = 0.56 \cdot C_{out} + 7.50, r = ?$	
	08-24	$C_{in} = 0.81 \cdot C_{out} + 1.50$ $r = 0.89$	$C_{in} = 0.34 \cdot C_{out} + 9.55$ $r = 0.67$

1) LD = Preexisting Lung Disease.

The penetration-coefficients of all the lines of regression for NO_2 were smaller than 1. The coefficients in homes with inhabitant(s) suffering from LD were larger than in homes without such inhabitants. This was presumably due to higher air exchange rates in homes where one of the inhabitants was suffering from a lung disease.

Suspended particles, fine fraction

The fine fraction of the suspended particles contains particles with diameter less than $2.5 \mu\text{m}$. These particles have both indoor and outdoor sources, and especially tobacco smoking in the indoor environment may increase the concentration of the fine fraction substantially.

In order to assess the penetration of fine particles from outdoor air into indoor air of the homes, it is therefore presumably better to study the concentrations of fine fraction SO_4^{2-} (sulfate) indoors and outdoors. The reason for this is the absence of important indoor sulfate sources. The slopes of the lines of regression for fine fraction sulfate (see below) were therefore also used for the fine fraction itself.

The average indoor air concentrations were then calculated, and the lines were adjusted so that, with an outdoor air concentration of $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, the calculated indoor air concentrations would be equal to these calculated average concentrations.

The average indoor air concentrations that were used, are shown in Table III.

Table III: Average indoor air concentrations of the fine fraction of the suspended particles in 15 homes in Grenland.
Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Season	Time interval	Home with smoking of more than 10 cigarettes a day	Home with smoking of 1-10 cigarettes a day	Home with no smoking
Winter	08-20	116	55	17.5
	20-08	78	40.5	14.5
Summer	08-20	64	27	19
	20-08	55	23	13

The resulting relationships between C_{in} and C_{out} for the fine fraction of the suspended particles are shown in Tables IV and V.

Table IV: The relationships between indoor (C_{in}) and outdoor (C_{out}) concentrations of the fine fraction of the suspended particles in homes in Grenland in the winter.

Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Time interval	Home with smoking of more than 10 cigarettes a day	Home with smoking of 1-10 cigarettes a day	Home with no smoking
08-20	$C_{in}=0.73 \cdot C_{out}+97.75$	$C_{in}=0.73 \cdot C_{out}+36.75$	$C_{in}=0.73 \cdot C_{out}-0.75^a$
20-08	$C_{in}=0.70 \cdot C_{out}+60.50$	$C_{in}=0.70 \cdot C_{out}+23.00$	$C_{in}=0.70 \cdot C_{out}-3,00^a$

a) If a negative value is calculated, C_{in} is set equal to 0. ;

Table V: The relationships between indoor (C_{in}) and outdoor (C_{out}) concentrations of the fine fraction of the suspended particles in homes in Grenland in the summer.

Time interval	Home with inhabitant(s) suffering from LD ^a	Home with smoking of more than 10 cigarettes a day	Home with smoking of 1-10 cigarettes a day	Home with no smoking
08-20	Yes	$C_{in}=0.73 \cdot C_{out}+42.25$	$C_{in}=0.87 \cdot C_{out}+5.25$	$C_{in}=0.87 \cdot C_{out}-2.75^b$
	No	$C_{in}=0.75 \cdot C_{out}+45.25$	$C_{in}=0.75 \cdot C_{out}+8.25$	$C_{in}=0.75 \cdot C_{out}+0.25$
20-08	Yes	$C_{in}=0.72 \cdot C_{out}+37.00$	$C_{in}=0.72 \cdot C_{out}+5.00$	$C_{in}=0.72 \cdot C_{out}+5.00^b$
	No			

a) LD = Preexisting Lung Disease.

b) If a negative value is calculated, C_{in} is set equal to 0.

SO₄²⁻ (sulfate), fine fraction

In outdoor air the concentration of fine fraction SO₄²⁻ (sulfate) is generally considerably higher than coarse fraction SO₄²⁻. Since there is no important indoor source of SO₄²⁻, the same is expected to be true for sulfate in indoor air, and this was found in the present study.

For the fine fraction, the lines of regression of the indoor concentrations of SO₄²⁻ on the outdoor concentrations are shown in Table VI.

Table VI: Lines of regression of the indoor concentration (C_{in}) of SO_4^{2-} on the outdoor concentration (C_{out}) for SO_4^{2-} (sulfate) on the fine fraction of the suspended particles (r = correlation coefficient). The same lines were used for NO_3^- (nitrate) on the fine fraction.
Unit: $\mu g/m^3$.

Season	Time interval	Home with inhabitant(s) suffering from LD ¹	Home without inhabitant(s) suffering from LD ¹
Winter	08-20	$C_{in} = 0.73 \cdot C_{out} + 0.32, r = 0.89$	
	20-08	$C_{in} = 0.70 \cdot C_{out} + 0.23, r = 0.73$	
Summer	00-08	$C_{in} = 0.87 \cdot C_{out} + 0.94$ $r = 0.95$	$C_{in} = 0.75 \cdot C_{out} + 10.43$ $r = 0.92$
	08-24	$C_{in} = 0.72 \cdot C_{out} + 0.26, r = 0.98$	

a) LD = Preexisting Lung Disease.

NO_3^- (nitrate), fine fraction

It was assumed that SO_4^{2-} (sulfate) and NO_3^- (nitrate) on the fine fraction of the suspended particles reacts very much in the same way both in indoor and outdoor air. The lines of regression that were established for SO_4^{2-} were therefore also used for NO_3^- .

CO (carbon monoxide)

The results of the measurements of concentrations of CO in indoor air were rejected. Therefore, values taken from the literature had to be utilized. The resulting relationship was:

$$C_{in} = 0.7 \cdot C_{out}$$

O₃ (ozon)

Again, no measurements in indoor air were carried out. However, O₃ is rather reactive and the air exchange rates in Norwegian buildings are comparatively low. It was therefore assumed that the indoor air concentration of O₃ would be significantly lower than the outdoor concentration. In the literature, values of the C_{in}/C_{out}-ratio between 0.1 and 0.8 have been reported. Because of the rather slow air exchange rates, a value of 0.2 was chosen, giving the following relationship:

$$C_{in} = 0.2 \cdot C_{out}$$

Pollen

The concentrations of pollen in indoor air in the homes in Grenland, were not measured, and only a few measurements of indoor air concentrations have been reported in the literature. There are, however, good reasons to believe that indoor air concentrations generally are significantly lower than outdoor air concentrations. The following relationship was therefore chosen:

$$C_{in} = 0.2 \cdot C_{out}$$

Relative humidity

Tentative relationships between relative humidity in indoor and outdoor air have been established. The outdoor air temperature were included in these relationships.

Other components

Tentative relationships for the coarse fraction of the suspended particles, SO_4^{2-} (sulfat) on the coarse fraction and NO_3^- (nitrate) on the coarse fraction have also been established. These components were not included in the exposure calculations.

KORTTIDSSTUDIE AV SAMMENHENGEN MELLOM LUFTFORURENSNINGER OG HELSEVIRKNINGER I GRENLAND

FORHOLDET MELLOM KONSENTRASJONER AV LUFTFORURENSNINGER INNE I OG UTENFOR BOLIGER I GRENLAND

1 INNLEDNING

Et av de viktigste målene i korttidsstudien av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland var å beregne hver enkelt prosjektdeltakers eksponering for de aktuelle luftforurensningskomponentene fra time til time. De fleste mennesker i Norge tilbringer omtrent 90% av sin tid innendørs og mesteparten av denne tiden i sin egen bolig. For å kunne beregne eksponeringen er det derfor av stor betydning å kjenne forurensningsnivåene innendørs i boligene.

I prosjektet inngikk det et meget omfattende måleprogram for å bestemme konsentrasjoner av luftforurensninger i uteluft på noen punkter i Grenlandsområdet. Basert på resultatene av disse målingene, oversikt over utslipp av forurensninger fra viktige kilder og kildegrupper og en avansert modell, ble så konsentrasjonene av luftforurensninger i uteluft beregnet fra time til time i kvadratkilometerruter i hele området.

Som en del av beregningen av deltakernes eksponering for de aktuelle luftforurensningskomponentene, var det nødvendig å beregne konsentrasjonene i inneluft i bygninger ut fra de etablerte konsentrasjonene i uteluft.

For å bestemme forholdene mellom luftkonsentrasjoner inne i og rett utenfor bygninger, inngikk det i prosjektet derfor også målinger av disse konsentrasjonene i noen boliger i Grenlandsområdet.

Tilsvarende undersøkelser er utført i andre land, men det er første gang det blir gjennomført systematiske målinger av konsentrasjoner innendørs og utendørs i norske boliger. Det var av stor betydning å kjenne forholdene i Norge fordi det generelt er viktige byggetekniske forskjeller mellom norske boliger og boliger i for eksempel USA og Sør-Europa. Dette gjør også at målinger i mange andre land trolig er lite representative for norske forhold.

2 MÅLEPROGRAM

Resultatene av målingene inne i og rett utenfor boligene skulle altså sammen med måleresultatene i uteluft, danne grunnlag for eksponeringsberegningene. Av den grunn omfattet disse to måleprosjektene stort sett de samme forurensningskomponentene, men det ble brukt forskjellig måleutstyr i de to prosjektene. Det er derfor mulig at resultatene i enkelte tilfeller ikke er direkte sammenliknbare, men sannsynligvis utgjorde dette et lite problem.

De måle- og analysemetodene som ble benyttet (unntatt for CO) er forholdsvis tidkrevende, og de er avhengig av at prøvetakingstiden strekker seg over noen timer for at resultatene skal ha tilstrekkelig nøyaktighet. På denne måten blir måleresultatene gjennomsnittsverdier for et tidsrom på noen timer. For CO var situasjonen annerledes fordi det ble benyttet et kontinuerlig registrerende instrument. Imidlertid førte uforutsette problemer til at alle resultatene av målinger av CO-konsentrasjoner i inneluft måtte forkastes. Hele måleprogrammet er vist i tabell 1.

Totalt ble det målt i 15 boliger, og planen var å gjennomføre et fullstendig måleprogram to ganger i hver bolig: en gang i januar-februar (vinterperioden) og en gang i mai-juni (sommerperioden). Små uhell og praktiske problemer førte imidlertid til at det bare ble målt i 14 boliger i sommerperioden. I fem av boligene var det en beboer som led av kronisk obstruktiv

Tabell 1: Måleprogram som ble gjennomført to ganger i hver av de 15 boligene.

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

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

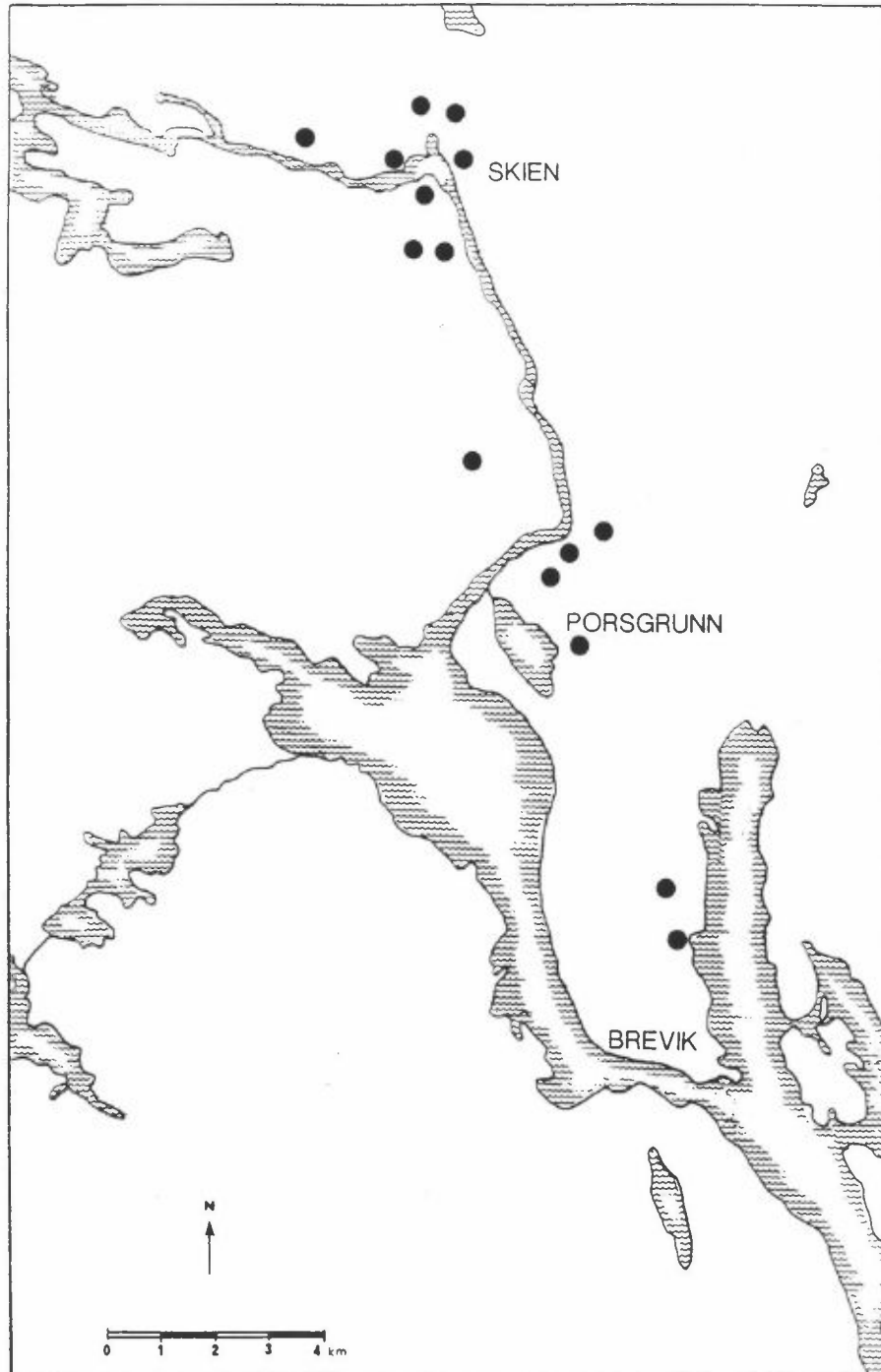
b) Partikler med diameter større enn 2,5 µm.

c) Målt i både finfraksjonen og grovfraksjonen av svevestøvet.

d) Målingene inne og ute ble foretatt samtidig.

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

lungelidelse. Den geografiske plasseringen av boligene er vist i figur 1.



Figur 1: Geografisk plassering av de 15 målestedene.

I hver bolig ble målingene av konsentrasjonene innendørs utført i stue eller oppholdsrom der beboerne tilbrakte det meste av sin fritid på kveldstid. Som oftest ble det derfor målt i det rommet der fjernsynsapparatet var plassert.

3 LINEÆR REGRESJON OG KORRELASJON

Fra de fleste forurensningskomponenter er det aktuelt med både utendørs og innendørs kilder. Dersom en antar at kildestyrken på de innendørs kildene er konstant i et gitt tidsrom, vil en lineær sammenheng mellom konsentrasjonene inne og ute i dette tidsrommet være en brukbar tilnærming. For en forurensningskomponent blir da sammenhengen på formen:

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

hvor

c_{inne} = konsentrasjonen i inneluft og

c_{ute} = konsentrasjonen i uteluft

a kalles penetreringskoeffisienten og uttrykker hvor sterkt c_{inne} avhenger av c_{ute} , og b er et uttrykk for den samlede kildestyrken av eventuelle innendørs kilder. Dersom den aktuelle forurensningen bare har innendørs kilder, er $a=0$.

Dersom en forurensningskomponent bare har utendørs kilder og denne komponenten ikke inngår i noen kjemiske eller fysikalske prosesser i innemiljøet, vil konsentrasjonen i inneluft være lik konsentrasjonen i uteluft ($a=1$ og $b=0$). Imidlertid vil de fleste forbindelser inngå i slike prosesser i innemiljøet (kjemiske reaksjoner, adsorpsjon o.l.) og derfor blir c_{inne} stort sett mindre enn c_{ute} for en forbindelse som bare har utendørs kilder.

I norske boliger tar det stort sett mellom 1,5 og 3 timer før all inneluft er skiftet. Dette medfører at det tar noe tid før

en forandring av c_{ute} gir den beregnete forandringen i c_{inne} . Siden de fleste målingene ble gjort med noen timers midlertid, er det imidlertid antatt at denne effekten ble midlet ut i målingene. Det er derfor ikke forsøkt å korrigere for denne tidsfaktoren.

Resultatene av målingene for hver komponent besto av et sett med målte konsentrasjoner i inneluft og et sett med målte utekonsentrasjoner. Målingene inne og ute ble foretatt samtidig. For å beregne sammenhengen mellom disse to målesettene ble følgende regresjonsformel benyttet (anta at hvert sett inneholder N måleresultater):

$$c_{inne} - \bar{c}_{inne} = r \left(\frac{\sigma_{inne}}{\sigma_{ute}} \right) (c_{ute} - \bar{c}_{ute})$$

der

\bar{c}_{inne} = middelerdiene av måleresultatene i inneluft

\bar{c}_{ute} = middelerdiene av måleresultatene i uteluft

σ_{inne} = standardavviket i måleresultatene i inneluft (populasjonsstandardavvik, N frihetsgrader)

σ_{ute} = standardavviket i måleresultatene i uteluft (populasjonsstandardavvik, N frihetsgrader)

r = korrelasjonskoeffisienten.

c_{inne} blir da beregnet konsentrasjon i inneluft basert på en gitt konsentrasjon i uteluft, c_{ute} .

Korrelasjonskoeffisienten, r , er gitt ved:

$$r = \frac{1}{N \cdot \sigma_{inne} \cdot \sigma_{ute}} \sum_{i=1}^N (c_{inne,i} - \bar{c}_{inne})(c_{ute,i} - \bar{c}_{ute})$$

der

$C_{inne,i}$ = i'te måleresultat i settet av målte innekonsentrasjoner

$C_{ute,i}$ = i'te måleresultat i settet av målte utekonsentrasjoner
($C_{inne,i}$ og $C_{ute,i}$ er målt samtidig)

Summasjonen foregår over alle elementene i de to målesettene.

r ligger teoretisk mellom -1 og 1 . Det er imidlertid ingen rimelig fysikalsk forklaring på negativ r i denne sammenhengen siden det er antatt at C_{inne} øker når C_{ute} øker, og derfor bør r ligge mellom 0 og 1 . $r=1$ indikerer perfekt sammenheng mellom C_{inne} og C_{ute} , mens $r=0$ indikerer at det overhodet ikke er noen sammenheng mellom inne- og utekonsentrasjonen for den aktuelle forurensningskomponenten.

De etablerte sammenhengene er i prinsippet bare gyldige for konsentrasjoner som ligger i samme område som de målte konsentrasjonene i boligene i Grenland. Det må derfor tas forbehold når det gjelder beregninger med konsentrasjoner som er svært forskjellige fra de målte konsentrasjonene.

Siden alle måleresultatene og beregnede konsentrasjoner i uteluft hadde enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vil alle formler for å beregne C_{inne} i denne rapporten gi innekonsentrasjoner med enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4 RESULTATER

4.1 KOMPONENTER SOM INNGÅR I EKSPONERINGSBEREGNINGENE

4.1.1 Svoveldioksid (SO₂)

Utslippsoversikten for Grenland som ble utarbeidet i forbindelse med prosjektet (Haugsbakk og Grønskei, 1989) viste at noe over 80% av SO_2 -utslippet kom fra punktkilder (industrieanlegg og liknende). Omtrent 75% av det totale utslippet kom fra tre store anlegg: Norcem Cement, Hydro Porsgrunn og Union Bruk,

slik at det var i området rundt disse anleggene en antok at SO₂-konsentrasjonen i uteluft ville være høyest.

Flere av de boligene hvor det ble utført målinger, lå i disse områdene. Imidlertid vil varierende vindforhold føre til at røykfanen fra et utslippspunkt stadig forandrer retning, og hver enkelt bolig vil derfor bare treffes av røykfanen i korte tider av gangen.

Måleresultatene viste at det ikke ble målt høye 8-timerskonsentrasjoner av SO₂ verken ute eller inne i de to måle-periodene. Dette betyr derfor trolig at ingen av målepunktene lå så lenge i røykfanene fra et av de tre anleggene at 8-timerskonsentrasjonene ble betydelig forhøyet. Middelerverdiene i alle boligene av konsentrasjonene av SO₂ ute og inne i de tre delene av døgnet, er vist i tabell 2.

Tabell 2: Middelerverdier i alle boligene av SO₂-konsentrasjonen inne og ute i de tre delene av døgnet i de to måle-periodene. Enhet: µg/m³.

Periode	Tidsrom	Middelerverdi inne	Middelerverdi ute
Vinter	00-08	8	10
	08-16	10	14
	16-24	12	11
Sommer	00-08	8	9
	08-16	6	10
	16-24	8	6

Målingene viste at ved lave SO₂-konsentrasjoner i uteluft (omtrent 10 µg/m³) var inne- og utekonsentrasjonene omtrent like. Siden det ikke ble målt høye SO₂-konsentrasjoner, kan imidlertid måledataene ikke benyttes til å etablere en sammenheng

mellom c_{inne} og c_{ute} som også er gyldig ved høye SO_2 -konsentrasjoner. For å få til dette må det derfor benyttes litteraturverdier.

Benson et al. (1972) sier at forholdet mellom c_{inne} og c_{ute} (I/O) ligger i nærheten av 1 når c_{ute} er lav (under $80 \mu g/m^3$) og i nærheten av 0,35 når c_{ute} er høy ($1600 \mu g/m^3$). Moschandreas et al. (1981) fant tilsvarende tall.

Seifert (1982) sier at for SO_2 er c_{inne} lavere enn c_{ute} og som en første tilnærming kan et forhold på 0,5 benyttes.

Johanson (1982) oppsummerer tilgjengelige resultater, og sier at forholdet kan bli lavere enn 0,5 når utekonsentrasjonen er høy, og at det går mot 1 når utekonsentrasjonen avtar.

Målinger utført i en ubebodd leilighet i Strømsveien i Oslo ga et forhold mellom c_{ute} og c_{inne} på 0,34 når utekonsentrasjonen lå mellom 50 og $160 \mu g/m^3$ (Larssen, 1981).

For å etablere en sammenheng mellom konsentrasjonen av SO_2 ute og inne, ble det derfor valgt å legge en rett linje gjennom følgende to punkter:

$$1. \text{ punkt: } c_{inne} = c_{ute} = 10 \mu g/m^3 \quad (I/O=1,0)$$

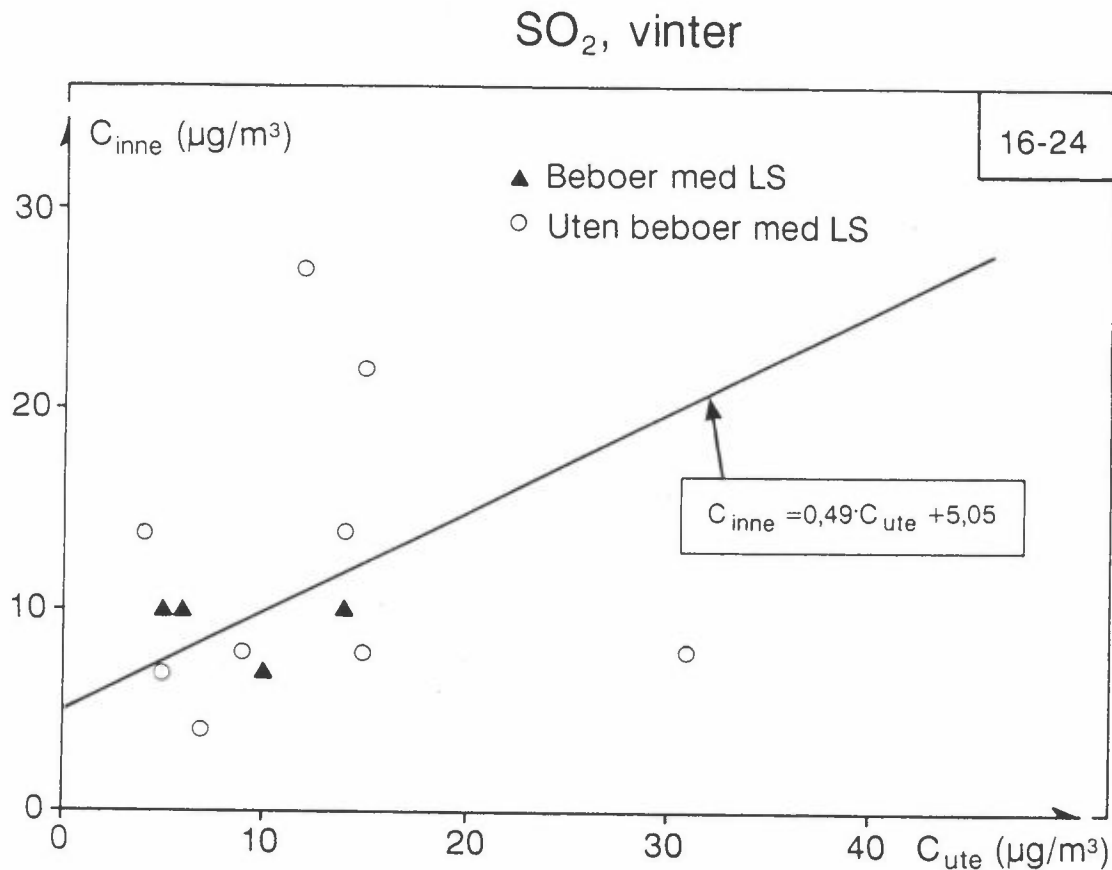
$$2. \text{ punkt: } c_{inne} = 500 \mu g/m^3 \text{ og } c_{ute} = 1000 \mu g/m^3 \quad (I/O=0,5)$$

Dette gir følgende omregningsformel:

$$c_{inne} = 0,49 \cdot c_{ute} + 5,05, \quad (\mu g/m^3)$$

Formelen brukes for omregninger hele døgnet i begge måleperiodene både i boliger med og uten personer med kroniske obstruktiv lungelidelse.

Figur 2 viser gjennomsnittsverdiene av SO₂-konsentrasjonene ute og inne i tidsrommet 16-24 i vinterperioden i alle de 15 boligene hvor det ble målt. Boligene er delt i to grupper: med og uten beboer med eksisterende lungesykdom (LS). På figuren er også omregningslinja tegnet inn.



Figur 2: Gjennomsnittlige SO₂-konsentrasjoner ute og inne i de 15 boligene i tidsrommet 16-24 i vinterperioden. Omregningslinjen er også markert.

4.1.2 Nitrogendioksid (NO₂)

De viktigste utslippskildene for NO_x i Grenlandsområdet var punktkilder (industribygg o.l.) og biltrafikk (Haugsbakk og Grønskei, 1989). NO_x betegner generelt summen av nitrogenmonoksid (NO) og nitrogendioksid (NO₂), men det direkte NO_x-utslippet utgjøres hovedsakelig av NO (90-95%). Reaksjoner i atmosfæren fører imidlertid til at NO etter hvert omdannes til

NO₂. I Grenlandsområdet gjør dette at konsentrasjonen av NO₂ i uteluft stort sett er høyere enn konsentrasjonen av SO₂.

I mange andre land hvor det er utført målinger av NO₂-konsentrasjoner i inneluft, benyttes gass som energikilde til matlaging og vannoppvarming. Denne forbrenningen av gass fører til at NO₂-konsentrasjonene i boliger i disse landene blir klart høyere enn i Norge hvor vi ikke har noen viktige innendørs NO₂-kilder. Her i landet kommer derfor stort sett NO₂ inn i husene med utelufta. I innemiljøet reagerer NO₂ med aktive overflater (betong, tekstiler o.l.) og derfor er stort sett c_{inne} mindre enn c_{ute} . I tillegg går trolig omdannelsen av NO til NO₂ svært langsomt i inneluft.

Tabell 3 viser de etablerte regresjonslinjene for NO₂ i boliger i Grenland.

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

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

a) LS = eksisterende lungesykdom.

b) Romertall fungerer som referanser til figur.

c) Regresjonslinje IV er ikke basert på målinger (se teksten).

Stort sett er linjene i tabell 3 beregnet ut fra måleresultatene i alle boligene. I tidsrommene 08-16 og 16-24 i sommerperioden var imidlertid resultatene fra bolig nummer 5 (se

Braathen, 1989a) svært forskjellige fra det som ble målt i de andre boligene. Av den grunn ble resultatene fra denne boligen ikke tatt med i beregningen av regresjonslinja i dette tidsrommet for "Bolig uten beboer som lider av LS".

I tidsrommet 00-08 i sommerperioden var det vanskelig å gi noen fysikalsk tolkning av resultatene fordi målingene indikerte at c_{inne} avtok når c_{ute} økte. Inspeksjon av måleresultatene førte til at det i stedet ble etablert en omregningsformel fra c_{ute} til c_{inne} ved å legge en linje gjennom følgende to punkter:

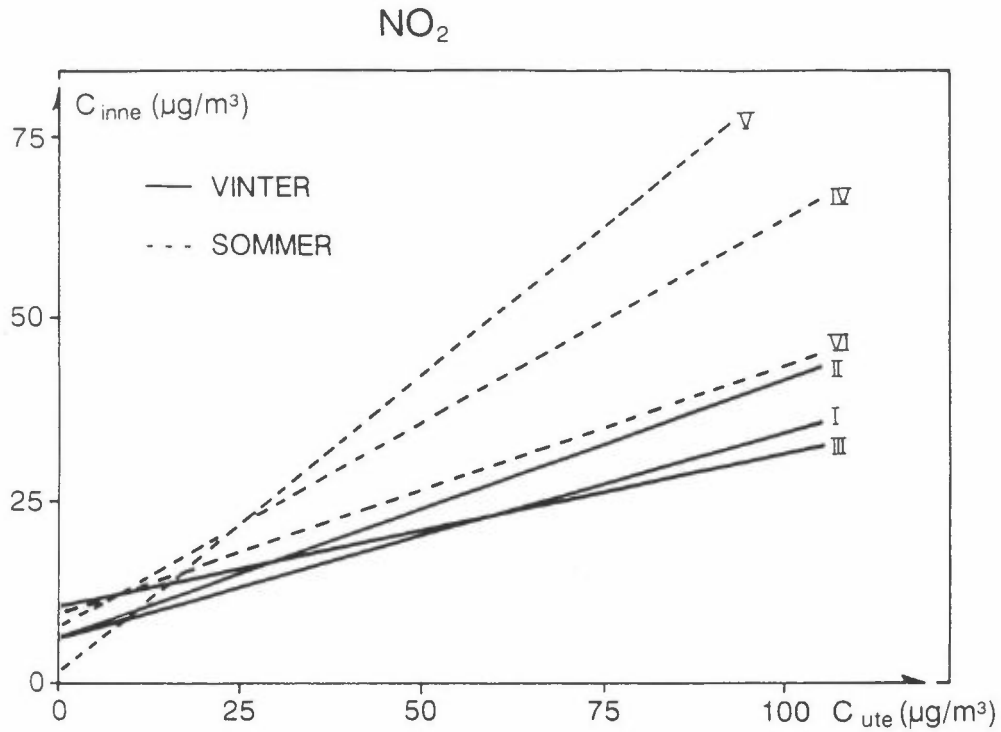
$$1. \text{ punkt: } c_{inne} = 7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ og } c_{ute} = 0$$

$$2. \text{ punkt: } c_{inne} = 22 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ og } c_{ute} = 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

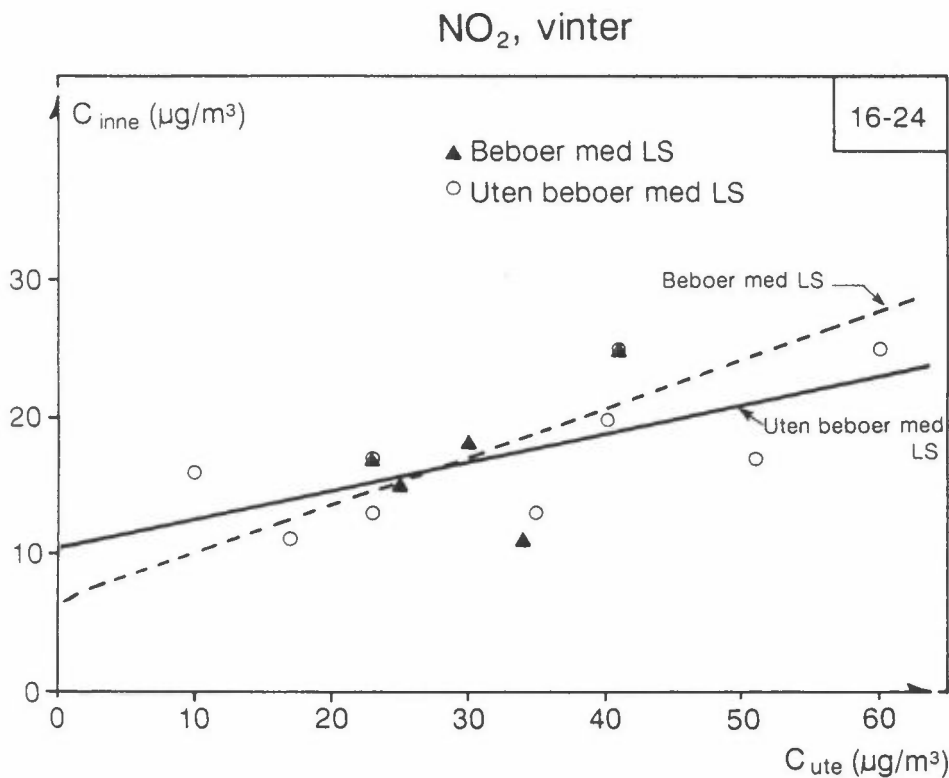
Dette gir linje IV i tabell 3.

I figur 3 er linjene i tabell 3 tegnet inn. Figuren viser at linje II stiger raskere enn linje III og at linje V stiger raskere enn linje VI. Dette indikerer at NO_2 -konsentrasjonen inne er mer avhengig av utekonsentrasjonen i "Bolig med beboer som lider av LS" enn i "Bolig uten beboer som lider av LS". Forklaringen er trolig at personer med lungesykdommer stort sett ønsker å få så mye "frisk" uteluft inn i boligen som mulig, og at det derfor er høyere luftskifte i slike boliger enn i andre. Stort sett stiger også linjene fra sommerperioden raskere enn linjene fra vinterperioden. Dette kan trolig også forklares med høyere luftskifte, fordi i de fleste norske boliger luftes det betydelig mer om sommeren enn om vinteren.

Figur 4 viser middelveidene av inne- og utekonsentrasjonene i boligene i tidsrommet 16-24 i vinterperioden og de tilhørende regresjonslinjene.



Figur 3: Regresjonslinjer mellom konsentrasjoner av NO_2 i inne- og uteluft i boliger i Grenland. Nummerering av linjene med romertall refererer til tabell 3.



Figur 4: Middelerverdier av inne- og utekonsentrasjoner i boligene i Grenland i tidsrommet 16 - 24 i vinterperioden og de tilhørende regresjonslinjene.

Dersom en velger en typisk NO_2 -konsentrasjon i uteluft på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kan inneluftkonsentrasjonene i de forskjellige tidsrommene i de to måleperiodene beregnes. En kan så beregne forholdene $c_{\text{inne}}/c_{\text{ute}}$ og sammenlikne dem med litteraturverdier.

I boligene i Grenland lå dette forholdet mellom 0,5 og 0,6 i vinterperioden og mellom 0,65 og 0,85 i sommerperioden.

Moschandreass et al. (1981) fant at i boliger med elektriske komfyrer var $c_{\text{inne}}/c_{\text{ute}}$ -forholdet omtrent 0,4 og at røyking i boligen hadde liten betydning for konsentrasjonen av NO_2 innendørs.

Yocom (1982) sier at i boliger uten innendørs NO_2 -kilder er $c_{\text{inne}}/c_{\text{ute}}$ -forholdet sannsynligvis mindre enn eller nær 1,0. Han sier også at der det ikke er luftskifting i det hele tatt, vil NO_2 ha en halveringstid på 0,5 til 0,8 timer i inneluft.

En amerikansk undersøkelse i 6 byer ga $c_{\text{inne}}/c_{\text{ute}}$ -forhold mellom 0,6 og 1 i leiligheter uten gassbrenning (Spengler et al., 1979).

Sexton et al. (1983) kom fram til et forhold på 0,6 ved målinger i 25 boliger uten gass i Portage, Wisconsin i USA.

Stort sett harmonerer resultatene fra boliger i Grenland godt med publiserte resultater.

4.1.3 Svevestøv, finfraksjon

Finfraksjonen av svevestøvet inneholder partikler med diameter (EAD) mindre enn $2,5 \mu\text{m}$. Dette er partikler som stort sett stammer fra forbrenning eller partikkeldannende reaksjoner i gassfase. Slike partikler kan derfor dannes både inne og ute, og i boliger der det røykes tobakk vil dette være den totalt dominerende kilden til finfraksjonen i innelufta. Dette gjør at forholdet mellom ute- og innekonsentrasjonen for finfraksjonen

av svevestøvet ofte er helt annerledes enn for SO_2 og NO_2 , som stort sett bare har utendørs kilder.

Det ble røykt tobakk i 8 av boligene hvor det ble foretatt målinger. Siden røykingen er den dominerende finfraksjonskilden i inneluft, er det derfor vanskelig å bestemme penetreringskoeffisienten i disse boligene. Imidlertid ble også konsentrasjonene av SO_4^{2-} -ioner (sulfationer) bestemt i finfraksjonen både inne og ute (se nedenfor). SO_4^{2-} i luft stammer stort sett fra oksidasjon av SO_2 i atmosfæren og kan derfor sies å ha bare utendørs kilder. Siden SO_4^{2-} altså ikke har noen viktige kilder innendørs, vil penetreringskoeffisienten for SO_4^{2-} på finfraksjonen av svevestøvet være en god tilnærming til penetreringskoeffisienten for finfraksjonen selv.

Av denne grunn ble de etablerte penetreringskoeffisientene for SO_4^{2-} på finfraksjonen av svevestøvet (se nedenfor) også brukt for finfraksjonen selv.

Tabell 4 viser middelveidene av konsentrasjonene av finfraksjonen i tre kategorier boliger: boliger hvor det røykes mer enn 10 sigaretter pr. dag, boliger hvor det røykes mellom 1 og 10 sigaretter pr. dag og boliger hvor det ikke røykes.

Tabell 4: Middelveidier av konsentrasjonene av finfraksjonen av svevestøvet i tre kategorier boliger.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Tabell 4 viser helt tydelig hvor stor betydning tobakksrøyking har for konsentrasjonen av finfraksjonen i inneluft. Det framgår også at middelverdiene om dagen (08-20) er høyere enn om natta (20-08), sannsynligvis fordi det røykes mest om dagen.

Middelverdiene om sommeren er klart lavere enn om vinteren. Dette kommer trolig av at det røykes mindre innendørs om sommeren og at luftskiftet er høyere.

For å etablere omregningslinjer mellom C_{ute} og C_{inne} , ble det valgt å la middelverdiene av konsentrasjonene av finfraksjonen som er vist i tabell 4. gjelde som aktuelle konsentrasjoner i innelufta når konsentrasjonen i utelufta var $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sammen med penetreringskoeffisientene for SO_4^{2-} , ga dette omregningslinjene som er vist i tabell 5 og 6.

Tabell 5: Sammenheng mellom konsentrasjoner av finfraksjonen av svevestøvet inne (C_{inne}) og ute (C_{ute}) i boliger i Grenland i vinterperioden.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

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

Tabell 6: Sammenheng mellom konsentrasjoner av finfraksjonen av svevestøvet inne (C_{inne}) og ute (C_{ute}) i boliger i Grenland i sommerperioden.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

a) LS = eksisterende lungesykdom

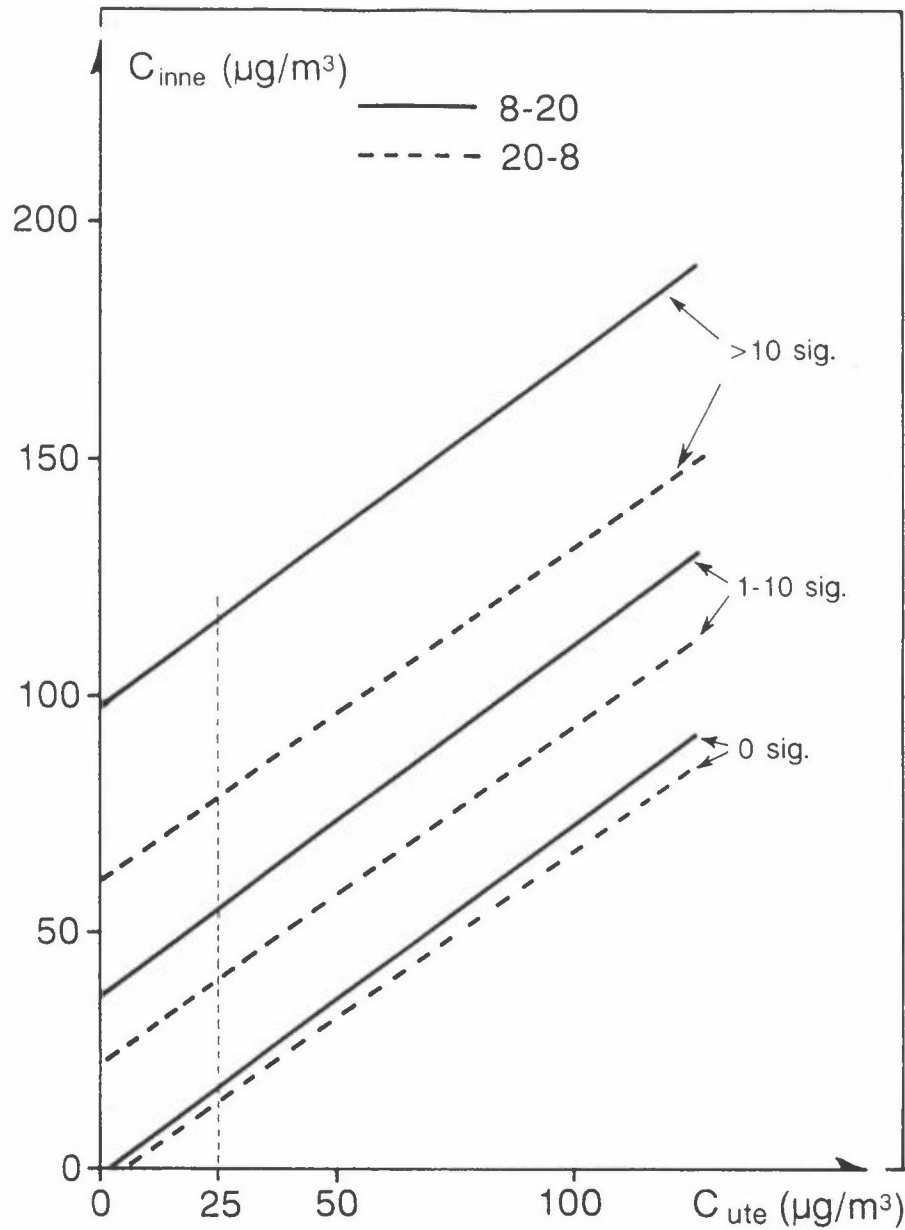
b) Dersom beregnet C_{inne} er negativ, settes $C_{inne} = 0$.

Figur 5 viser omregningslinjene mellom C_{ute} og C_{inne} i boliger i Grenland i vinterperioden. Alle linjene stiger omtrent like bratt fordi penetreringskoeffisientene er nesten like i alle tilfellene. Figuren illustrerer tydelig tobakkryøkingens betydning for konsentrasjonen av finfraksjonen innendørs.

I figur 6 er vist middelveidene av C_{ute} og C_{inne} og omregningslinjer i tre kategorier boliger i Grenland om dagen (08-20) i vinterperioden.

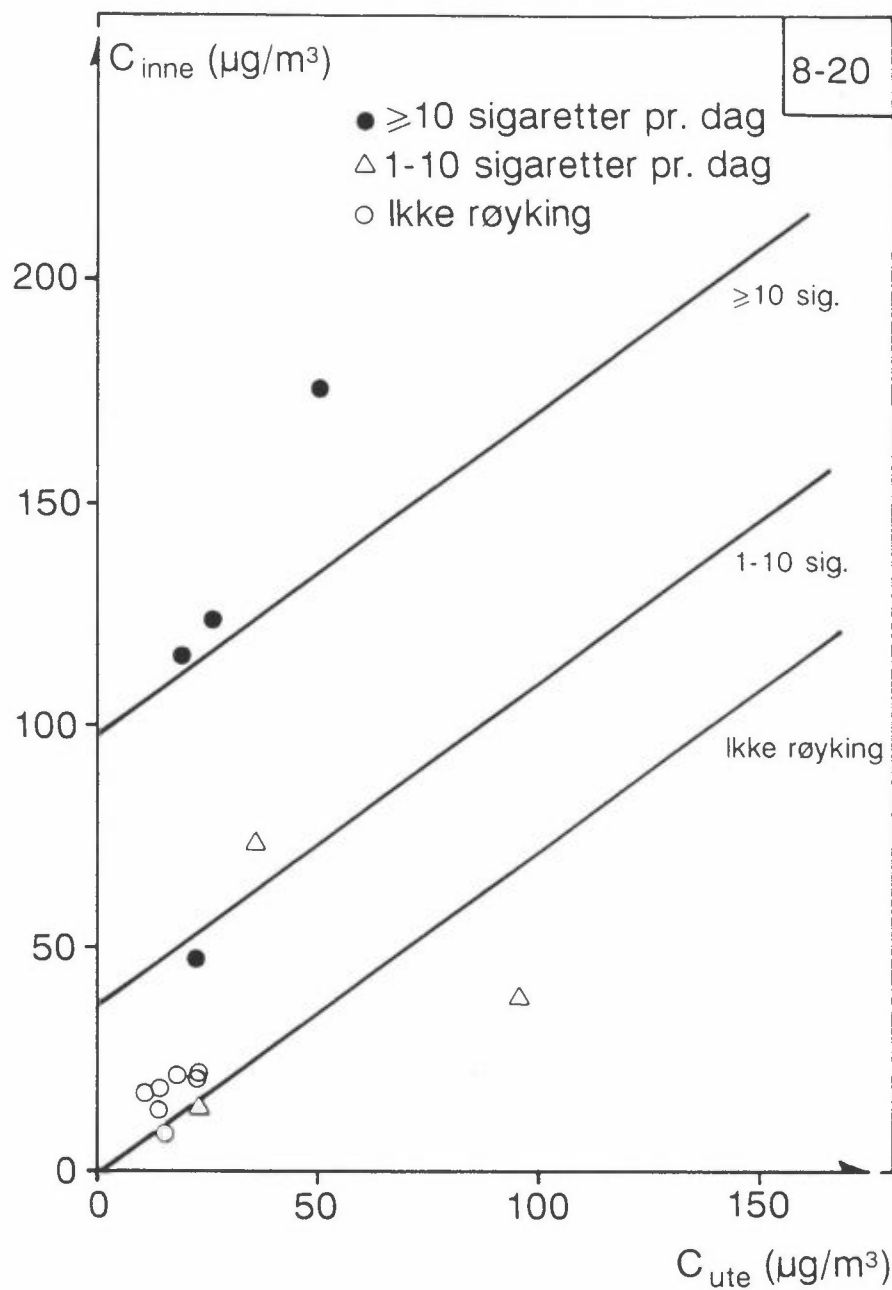
Ved å velge en typisk konsentrasjon av finfraksjonen i uteluft på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kan innekonsentrasjonen og dermed C_{inne}/C_{ute} -forholdet beregnes. Omregningslinjene i tabell 5 og 6. gir forhold mellom 2,2 og 4,6 i boliger der det røykes mer enn 10 sigaretter pr. dag, mellom 0,9 og 2,2 i boliger der det røykes mellom 1 og 10 sigaretter pr. dag og mellom 0,5 og 0,8 i boliger uten røyking.

Svevestøv, finfraksjon, vinter



Figur 5: Omregningslinjer mellom konsentrasjoner av finfraksjonen ute (C_{ute}) og inne (C_{inne}) i boliger i Grenland i vinterperioden.

Svevestøv, finfraksjon , vinter



Figur 6: Middelerdier av C_{ute} og C_{inne} og omregningslinjer i tre kategorier boliger i Grenland om dagen (08-20) i vinterperioden.

Det er publisert mange undersøkelser av konsentrasjoner av svevestøv i inne- og uteluft, men i mange tilfeller er resultatene vanskelige å sammenlikne fordi målemetodene er forskjellige. Sannsynligvis vil imidlertid C_{inne}/C_{ute} -forholdene som er publisert være mer sammenliknbare enn konsentrasjonene.

Seifert (1982) fant at C_{inne}/C_{ute} -forholdet kan bli så høyt som 5 i rom der det røykes. Moschandreas et al. (1981) sier at forholdet i boliger i USA var 4,4 med røyking og 1,4 uten røyking. I "The Harvard Six Cities Study" i USA fant en at forholdet i boliger uten røyking var 1,16, i boliger med én røyker 1,73 og i boliger med to eller flere røykere 3,34 (Spengler et al., 1981).

Berk et al. (1981) utførte målinger i en bolig før og etter at tiltak for å redusere energiforbruket ble gjennomført. Målingene før tiltak ga C_{inne}/C_{ute} -forhold på 3,44 med røyking i huset og 0,64 uten røyking.

Målinger i 12 boliger i Houston i Texas ga forhold mellom 0,9 og 2,7, og de høyeste verdiene ble målt i boliger med tobakksrøyking (Stock et al., 1985a).

Generelt kan det derfor sies at resultatene av målingene i boliger i Grenland samsvarer godt med tidligere publiserte verdier.

4.1.4 Sulfat (SO_4^{2-}), finfraksjonen

SO_4^{2-} (sulfat) dannes, som nevnt, stort sett ved oksidasjon av SO_2 (svoveldioksid) i atmosfæren. Dette betyr at SO_4^{2-} stort sett har utendørs kilder og at C_{ute} derfor vanligvis er høyere enn C_{inne} . Dannelsesmekanismen fører også til at hovedmengden av SO_4^{2-} i luft finnes på partikler i finfraksjonen av svevestøvet.

Siden det ikke er noen viktige innendørs kilder for sulfat, er det altså lettere å etablere penetreringskoeffisienter for SO_4^{2-} på finfraksjonen enn for finfraksjonen selv. Dette førte til at en for finfraksjonen valgte å benytte de samme penetreringskoeffisientene som for SO_4^{2-} på finfraksjonen. Ved å gjøre dette har en samtidig antatt at det er de samme reaksjonene og prosessene som eventuelt reduserer konsentrasjonene av både finfraksjonen og SO_4^{2-} i inneluft.

De etablerte regresjonslinjene for SO_4^{2-} på finfraksjonen er vist i tabell 7.

Tabell 7: Beregnet sammenheng mellom konsentrasjonen av SO_4^{2-} på finfraksjonen innendørs (C_{inne}) og utendørs (C_{ute}) i boliger i Grenland. Samme formler benyttes for NO_3^- på finfraksjonen.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

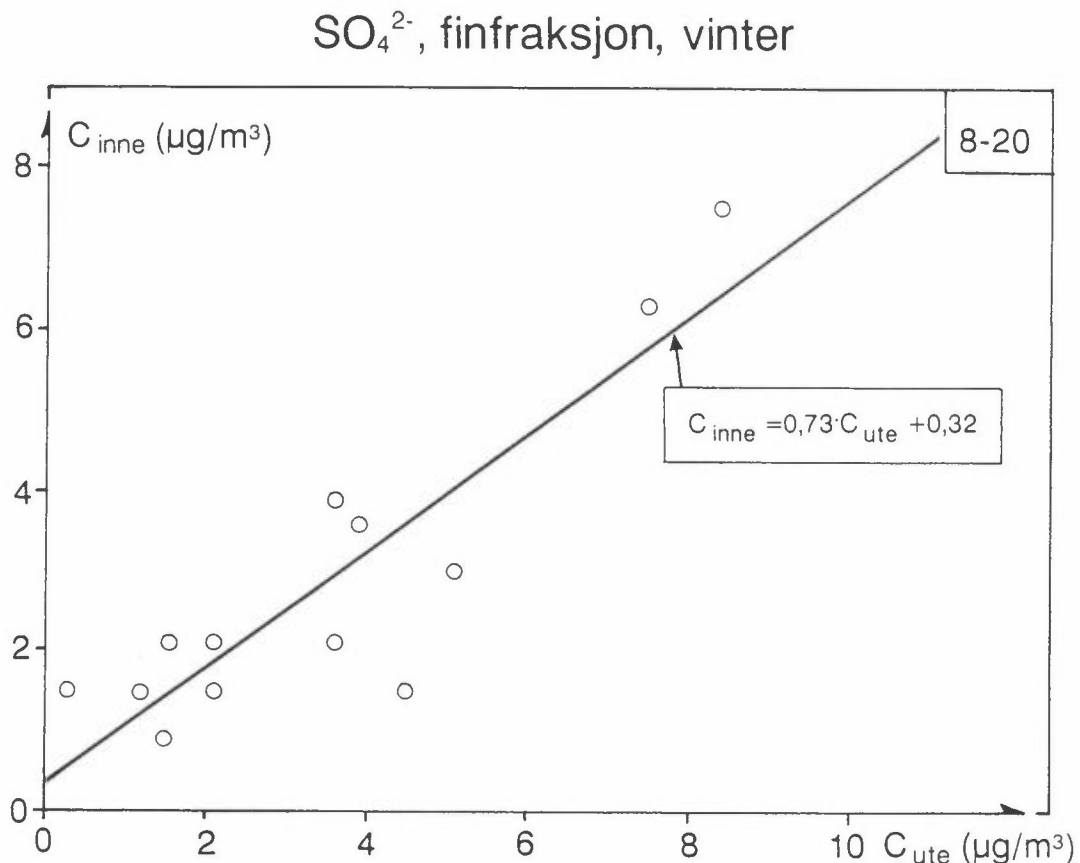
Periode	Tidsrom	Boliger med beboer som lider av LS ^a	Bolig uten beboer som lider av LS ^a
Vinter	08-20	$C_{inne}=0,73 \cdot C_{ute} + 0,32, r=0,89$	
	20-08	$C_{inne}=0,70 \cdot C_{ute} - 0,23^b, r=0,73$	
Sommer	08-20	$C_{inne}=0,87 \cdot C_{ute} + 0,94, r=0,95$	$C_{inne}=0,75 \cdot C_{ute} + 0,43, r=0,92$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

a) LS = eksisterende lungesykdom.

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

Tabellen viser at om vinteren og om natta (20-08) om sommeren var penetreringskoeffisienten omtrent 0,72 i alle boligene, og omtrent den samme koeffisienten (0,75) ble beregnet på dagtid (08-20) om sommeren i boliger uten beboer som led av lungesykdom. Koeffisienten på dagtid om sommeren var imidlertid noe høyere i boliger der det var beboer som led av lungesykdom (0,87). Årsaken til dette var muligens høyere luftskifte i disse boligene.

Figur 7 viser middelveidene av de målte ute- og innekonsentrasjonene av SO_4^{2-} i tidsrommet 08-20 i vinterperioden og regresjonslinja. Det framgår at det var forholdsvis godt samsvar, og dette gjenspeiles også i at korrelasjonskoeffisienten var 0,89.



Figur 7: Middelveidier av målte ute- og innekonsentrasjoner av SO_4^{2-} på finfraksjonen i tidsrommet 08-20 i vinterperioden i boliger i Grenland. Regresjonslinja er også vist.

Typisk konsentrasjon av SO_4^{2-} på finfraksjonen i Grenland er $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hagen og Hoem, 1989). Ut fra denne konsentrasjonen i uteluft kan så innekonsentrasjonen og $C_{\text{inne}}/C_{\text{ute}}$ -forholdet beregnes. Regresjonslikningene i tabell 7 gir forhold mellom 0,6 og 0,85 unntatt i tidsrommet 08-20 om sommeren i "Bolig med beboer som lider av LS" der forholdet var 1,2. Denne forholdsvis høye verdien er vanskelig å forklare, men det kan ikke

utelukkes at enkelte innendørs kilder kan være av betydning og dermed gi C_{inne}/C_{ute} -forhold som er større enn 1. Blant annet er det kjent at bruk av fyrstikker og gasskomfyrer gir bidrag til innekonsentrasjonen.

Moschandreas et al. (1981) fant C_{inne}/C_{ute} -forhold på 0,73 i boliger med elektriske komfyrer, og Spengler et al. (1981) fant forhold mellom 0,56 og 0,95 i seks amerikanske byer.

Yocom (1982) oppsummerer tilgjengelige resultater og sier at forholdet mellom konsentrasjoner av SO_4^{2-} inne og ute ligger i området fra 0,5 til 1,0, mens Seifert (1982) mener at forholdet ligger i området 0,7 til 1,0.

Dockery og Spengler (1981) fant at penetreringskoeffisienten for sulfat var 0,75 i vanlige boliger og 0,48 i boliger med balansert mekanisk ventilasjon.

I en undersøkelse i 12 boliger i Houston fant en C_{inne}/C_{ute} -forhold mellom 0,3 og 0,7 og lineær regresjon ga følgende sammenheng:

$$C_{inne} = 0,42 \cdot C_{ute} - 0,07 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} \text{ (Stock et al., 1985a)}$$

De fleste av disse boligene hadde imidlertid mekanisk ventilasjon, og det var muligens årsaken til at penetreringskoeffisienten var klart lavere i Houston enn i Grenland.

Generelt kan det sies at resultatene i Grenland harmonerer godt med resultater fra andre undersøkelser.

4.1.5 Nitrat (NO_3^-), finfraksjon

I atmosfæren dannes NO_3^- (nitrat) stort sett ved reaksjonen mellom NO_2 (nitrogendioksid) og OH-radikaler. I innemiljøet kan NO_3^- dannes ved gassbrenning o.l., men dette er uaktuelt i de fleste boliger i Norge.

For NO_3^- og SO_4^{2-} på finfraksjonen av svevestøvet er forholdene trolig stort sett svært like, og derfor benyttes de samme regresjonslinjene for disse to komponentene.

Disse linjene er vist i tabell 7.

I uteluft i Grenlandsområdet er $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ typisk konsentrasjon av NO_3^- på finfraksjonen av svevestøvet (Hagen og Hoem, 1989). Regresjonslikningene i tabell 7 gir forhold mellom 0,4 og 2,0, og den høyeste verdien stammer igjen fra tidsrommet 08-20 om sommeren i "Bolig med beboer som lider av LS"

Yocom (1982) oppsummerer publiserte resultater og sier at for nitrat er $C_{\text{inne}}/C_{\text{ute}}$ -forholdet mellom 0,6 og 1,0 når det ikke er innendørs kilder. Det skilles imidlertid ikke på fraksjonene av svevestøvet.

Stock et al. (1985a) gjorde en undersøkelse i 12 boliger i Houston og fant $C_{\text{inne}}/C_{\text{ute}}$ -forhold mellom 0,1 og 11,1 for nitrat på finfraksjonen. De sier at i boliger uten innendørs kilder var forholdet omtrent 0,4, mens det var omtrent 6,6 i boliger med innendørs kilder. Det er imidlertid viktig å observere at forfatterne hevder at tobakksrøyking var den viktigste innendørs kilden i boligene i Houston.

Det er mulig at de valgte regresjonslinjene for NO_3^- på finfraksjonen ga noe for høye $C_{\text{inne}}/C_{\text{ute}}$ -forhold i boligene i Grenland, og at dette førte til at de beregnete innekonsentrasjonene var for høye. Trolig utgjorde dette imidlertid et lite problem.

4.1.6 Karbonmonoksid (CO)

CO (karbonmonoksid) spiller en viktig rolle i atmosfærekjemien og finnes derfor overalt. Endel viktige antropogene kilder fører imidlertid til at konsentrasjonen i byområder forhøyes betydelig. De klart viktigste av disse kildene er trafikk og forbrenninger av alle slag.

Som nevnt, måtte alle resultatene av målingene av CO-konsentrasjoner i innelufta i boligene forkastes, og derfor måtte litteraturverdier benyttes for å etablere C_{inne}/C_{ute} -forholdet for CO.

Yocom (1982) sier at inne- og utekonsentrasjonene av CO er omtrent like i bygninger uten innendørs CO-kilder. Årsaken til dette er at CO er forholdsvis lite reaktiv. Viktige innendørs-kilder som tobakksrøyking, peis, gasskomfyr o.l. kan imidlertid føre til at innekonsentrasjonen blir klart høyere enn utekonsentrasjonen.

Wädding og Westerlund (1978) målte CO inne i og utenfor fire leiligheter ved sterkt trafikkerte gater i Stockholm. Tre av leilighetene hadde gasskomfyrer og tobakksrøyking, og i disse leilighetene lå C_{inne}/C_{ute} -forholdet i området 0,7-1,3. Den fjerde leiligheten hadde ingen viktige CO-kilder innendørs, og der var forholdet 0,6-0,7.

Målinger inne i og utenfor en leilighet i 2. etasje i Strømsveien i Oslo (Larssen, 1981) ga forhold i området 0,3 til 0,85.

I 1987 ble det utført målinger av CO-konsentrasjoner inne i og utenfor bygninger i Rådhusgata i Oslo (Clench-Aas et al., 1989). I gjennomsnitt ga disse målingene C_{inne}/C_{ute} -forhold på 0,67 for rom som hadde fasade mot Rådhusgata.

Basert på disse litteraturverdiene ble følgende sammenheng valgt for Grenlandsområdet:

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

Siden en antar at CO-eksponeringen bare er av betydning langs trafikkerte gater og veier, og siden få bygninger i Grenlandsområdet er høyere enn fire etasjer, ble det samme forholdet benyttet for alle rom med fasade mot trafikkert vei.

4.1.7 Ozon (O₃)

O₃ (ozon) er reaktivt og kan reagere med de fleste luftforurensninger. Dette medfører at områder med mye forurensning ofte har lave O₃-konsentrasjoner.

Ozon finnes naturlig i atmosfæren og dannes stort sett ved reaksjoner som involverer sollys, nitrogendioksid (NO₂) og oksygen (O₂). I tillegg kan ozon dannes ved kraftige elektriske utladninger (lyn).

I innemiljøet dannes ozon stort sett bare av laserskrivere og enkelte kopimaskiner. Dette betyr at det i boliger sjelden er viktige ozonkilder.

Siden forurensningsnivået innendørs ofte er forholdsvis høyt, er derfor ozonkonsentrasjonen neste alltid lavere inne enn ute.

Ozonkonsentrasjoner ble ikke målt i innelufta i noen av boligene i Grenland, og det var derfor også i dette tilfellet nødvendig å basere seg på litteraturverdier.

Moschandreas et al. (1981) fant at C_{inne}/C_{ute}-forholdet for O₃ var 0,20 i boliger med elektrisk komfyr og oppvarming.

Yocom (1982) sier at innekonsentrasjonen nesten alltid er klart lavere enn utekonsentrasjonen.

I 1989 ble det publisert resultater av ozonmålinger inne i og utenfor tre kontorbygninger i USA (Weschler et al., 1989). Målingene viste at C_{inne}/C_{ute} -forholdet var sterkt avhengig av luftskiftet i bygningene. En bygning med 8,2 luftskifter pr. time hadde i gjennomsnitt C_{inne}/C_{ute} -forhold på 0,71, en bygning med 4,0 luftskifter pr. time hadde gjennomsnittlig forhold på 0,54 og en bygning med 0,6 luftskifter pr. time hadde gjennomsnitt forhold på 0,22. Artikkelen inneholder også en oversikt over resultater fra andre liknende undersøkelser i kontorer, museer og boliger. C_{inne}/C_{ute} -forholdet ligger mellom 0,1 og 0,8, men i de fleste boliger ligger det mellom 0,1 og 0,6.

I norske boliger har vi altså stort sett ingen viktige O_3 -kilder, og vanligvis er det omtrent 0,3 til 0,5 luftskifter pr. time når vinduene er lukket. Følgende sammenheng ble derfor valgt for Grenlandsområdet:

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

4.1.8 Pollen

Stort sett stammer pollen fra trær og planter utendørs. Pollenpartiklene er forholdsvis store og fjernes derfor ganske fort fra innelufta. Det er derfor rimelig å anta at pollenkonsentrasjonen innendørs er klart lavere enn utendørs.

Det ble ikke foretatt målinger av konsentrasjonen av pollen i innelufta i boligene i Grenland. Det var derfor nødvendig å benytte litteraturverdier for å etablere en sammenheng mellom inne- og utekonsentrasjonen. Imidlertid er det foretatt få undersøkelser av pollenkonsentrasjoner innendørs.

En undersøkelse i campingvogn-boliger (mobile homes) i Texas i USA viste at C_{inne}/C_{ute} -forholdet lå i området 0,26-0,45, (Stock et al., 1985c).

Et gjennomsnitt av ca. 170 målinger i boliger i Houston i Texas ga C_{inne}/C_{ute} -forhold på omtrent 0,07 (Stock et al., 1985b).

Følgende sammenheng ble derfor valgt:

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

4.1.9 Relativ fuktighet (RH)

RH (relativ fuktighet) er et mål på hvor mye vanndamp lufta inneholder i forhold til det den maksimalt kan ha før det dannes vanndråper (tåke). Den relative fuktigheten er derfor sterkt avhengig av temperaturen. Dersom lufta varmes opp uten at det tilføres vanndamp, vil den relative fuktigheten avta. Det er dette som skjer når kald, frisk luft kommer inn i en bygning om vinteren.

I forbindelse med fokuseringen på dårlig innemiljø og helseeffekter som følge av dette, er det vanlig å hevde at "tørr" luft er årsak til mange av problemene. Nyere undersøkelser viser imidlertid at de fleste har stor toleranse når det gjelder variasjon av relativ fuktighet, og at det ofte kan sies at det egentlig er forurenset luft som oppleves som "tørr". Den relative fuktigheten er likevel en av de viktigste parametrene som definerer inneklimate.

Det ble ikke foretatt målinger av relativ fuktighet i boligene i Grenland, og en måtte derfor benytte erfaringer og litteraturverdier for å etablere en sammenheng mellom relativ fuktighet i ute- og inneluft.

I Danmark er det gjort en undersøkelse i 60 leiligheter med mekanisk utsuging fra kjøkken og bad (Nielsen og Olufsen, 1989). De fant at RH var 32% inne når temperaturen ute var -2°C og 42% inne når temperaturen ute var 10°C .

NILU har også gjort målinger av relativ fuktighet i forskjellige innemiljøer og funnet at fuktigheten oftest ligger i området 25% til 45%.

Det er rimelig å anta at både relativ fuktighet og temperatur i uteluft vil ha innvirkning på fuktigheten i inneluft. Følgende formler for å beregne den relative fuktigheten innendørs ble derfor valgt:

$$\begin{aligned} \text{RH}_{\text{ute}} \leq 35\%, \text{RH}_{\text{inne}} &= 0,3 \cdot t_{\text{ute}} + 26,0 \\ \text{RH}_{\text{ute}} > 35\%, \text{RH}_{\text{inne}} &= \frac{\text{RH}_{\text{ute}} + 4}{130} t_{\text{ute}} + \frac{2}{13} (\text{RH}_{\text{ute}} + 134) \end{aligned}$$

der

RH_{ute} = relativ fuktighet i uteluft (%)

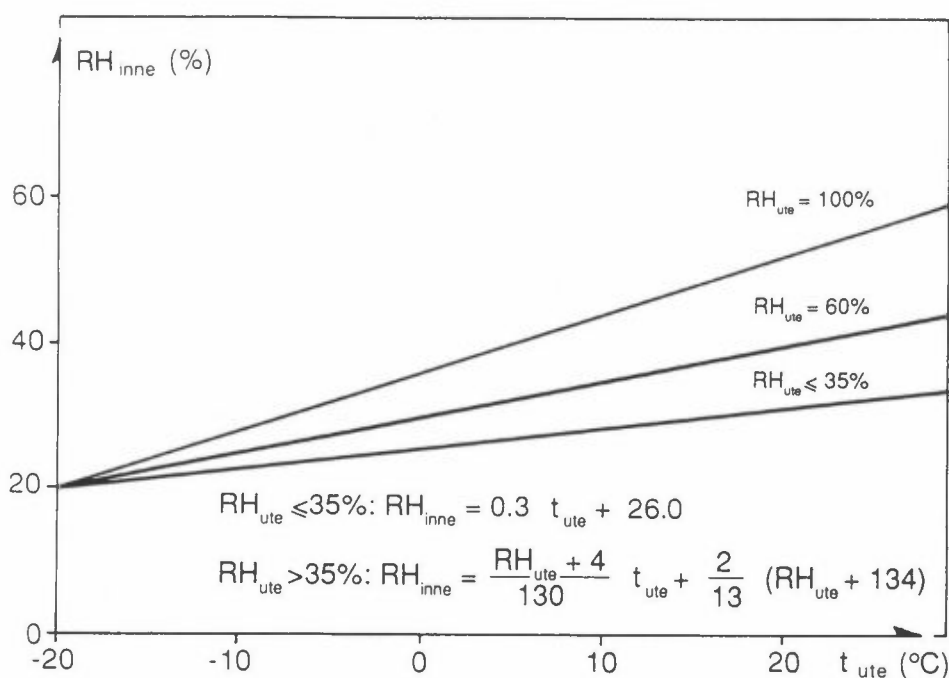
RH_{inne} = relativ fuktighet i inneluft (%) og

t_{ute} = temperatur i uteluft ($^{\circ}\text{C}$).

Formlene er utformet slik at $\text{RH}_{\text{inne}} = 20\%$ når $t_{\text{ute}} = -20^{\circ}\text{C}$ og at RH_{inne} ligger i området 35% til 60% (avhengig av RH_{ute}) når $t_{\text{ute}} = 30^{\circ}\text{C}$.

Når $t_{\text{ute}} = -2^{\circ}\text{C}$ vil RH_{inne} ligge i området 25%-35% (avhengig av RH_{ute}), og når $t_{\text{ute}} = 10^{\circ}\text{C}$ vil RH_{inne} ligge i området 29%-44%. Formlene gir derfor beregnet relativ fuktighet i inneluft som svarer forholdsvis godt til de danske resultatene. Figur 8 viser den valgte sammenhengen mellom temperaturen i uteluft (t_{ute}) og relativ fuktighet i inneluft (RH_{inne}) ved forskjellige verdier av den relative fuktigheten i uteluft (RH_{ute}).

Relativ fuktighet innendørs



Figur 8: Den valgte sammenhengen mellom temperatur i uteluft (t_{ute}) og relativ fuktighet i inneluft (RH_{inne}) ved forskjellige relative fuktigheter i uteluft (RH_{ute}).

4.2 KOMPONENTER SOM IKKE INNGÅR I EKSPONERINGSBEREGNINGENE

4.2.1 Svevestøv, grovfraksjon

Målemetoden som ble benyttet medførte at med "grovfraksjonen av svevestøvet" menes i dette arbeidet partikler med diameter (EAD) mellom $2,5 \mu\text{m}$ og ca. $15 \mu\text{m}$. Den øvre grensen for diameteren er imidlertid noe usikker fordi "cut-off" for prøvetakeren ikke er klart definert.

Partikler i grovfraksjonen har generelt andre kilder enn partikler i finfraksjonen. Grovfraksjonen inneholder stort sett mekanisk genererte partikler, for eksempel fra menneskelig aktivitet, avblåsning fra jordsmonn, industriprosesser og slitasje av veidekke. Siden partiklene har større diameter enn $2,5 \mu\text{m}$, er det forholdsvis få partikler i grovfraksjonen som følger med utelufta inn i en bygning når vinduene er lukket.

Dette gjelder også i bygninger med mekanisk ventilasjon fordi disse partiklene stanses av filteret i ventilasjonsanlegget. Innendørs kilder er derfor de som har absolutt størst betydning for konsentrasjonen av grovfraksjonen i innelufta, og spesielt gjelder dette menneskelig aktivitet.

De etablerte regresjonslinjene for grovfraksjonen av svevestøvet er vist i tabell 8 og figur 9.

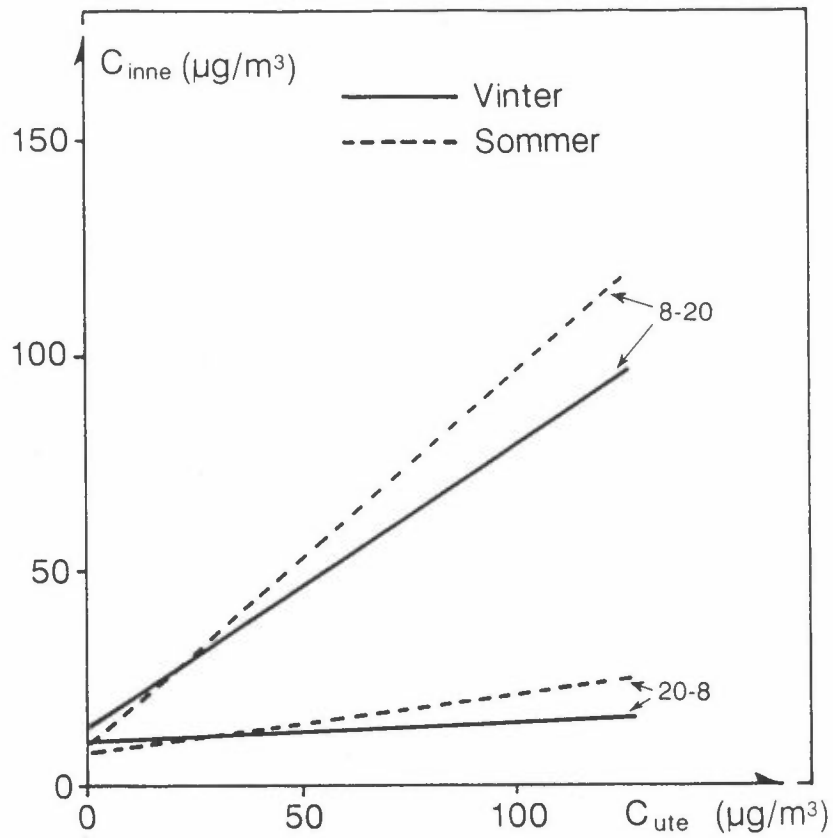
Tabell 8: Beregnet sammenheng mellom konsentrasjonen av grovfraksjon av svevestøvet innendørs (C_{inne}) og utendørs (C_{ute}) i boliger i Grenland.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Periode	Tidsrom	Omregningsformel
Vinter	08-20	$C_{inne} = 0,65 \cdot C_{ute} + 13,60, r = 0,51$
	20-08	$C_{inne} = 0,04 \cdot C_{ute} + 10,52, r = 0,09$
Sommer	08-20	$C_{inne} = 0,86 \cdot C_{ute} + 9,33, r = 0,60$
	20-08	$C_{inne} = 0,13 \cdot C_{ute} + 7,88, r = 0,40$

Tabellen og figuren viser at om natta (20-08) i begge måleperiodene var innekonsentrasjonen av grovfraksjonen i stua lite avhengig av utekonsentrasjonen. Dette kommer trolig av at de fleste ikke lufter i stua om natta og at partikler i grovfraksjonen derfor penetrerer dårlig. Stort sett er konsentrasjonen av grovfraksjonen i stua om natta omtrent $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er derfor trolig en typisk konsentrasjon i rom i norske boliger uten menneskelig aktivitet og lufting.

Om dagen er innekonsentrasjonen i stua klart mer avhengig av utekonsentrasjonen enn om natta. En mulig forklaring på dette er at det luftes mer i stua på dagtid i en vanlig bolig og at penetrasjonen derfor øker.

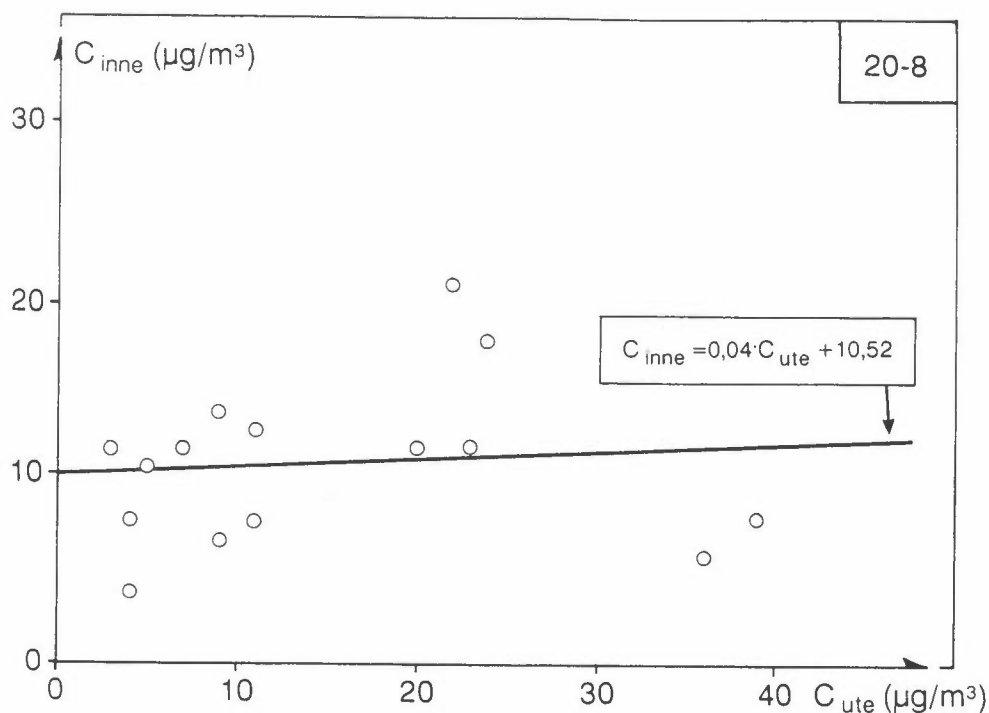
Svevestøv, grovfraksjon



Figur 9: Regresjonslinjer mellom konsentrasjoner av grovfraksjonen av svevestøvet i inneluft og uteluft i boliger i Grenland.

Figur 10 viser den etablerte regresjonslinjen og de målte verdiene om natta (20-08) i vinterperioden.

Svevestøv, grovfraksjon, vinter



Figur 10: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av grovfraksjonen av svevestøvet ute og inne i 15 boliger i Grenland om natta (2000-0800) i vinterperioden. Regresjonslinja er også markert.

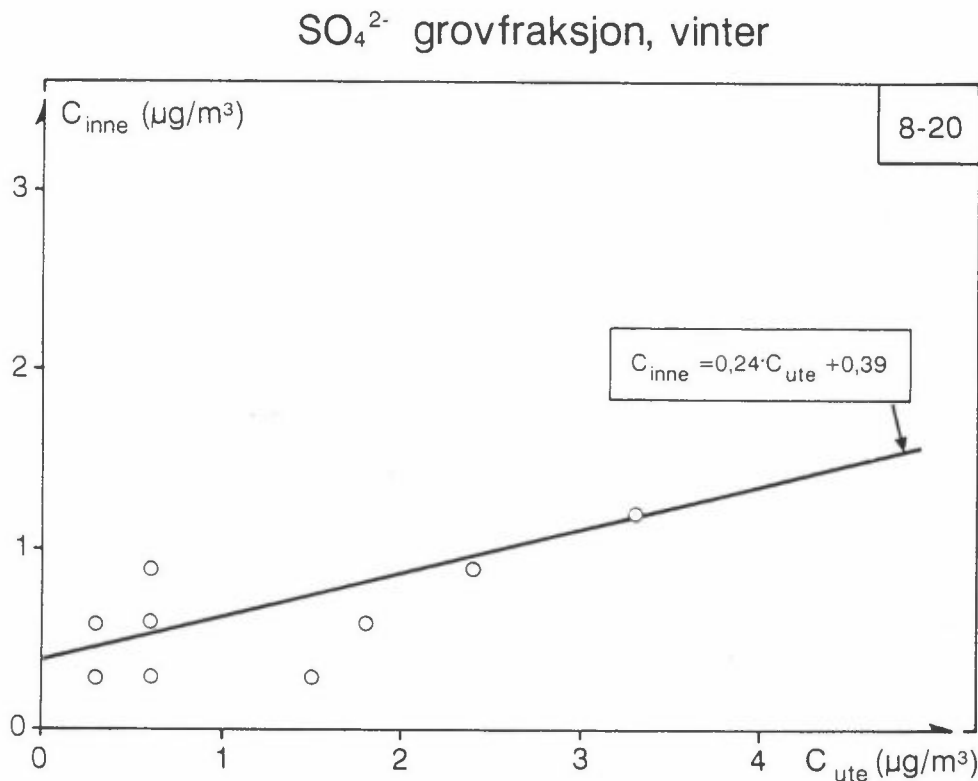
4.2.2 Sulfat (SO_4^{2-}), grovfraksjon

Som nevnt fører dannelsesmekanismen for SO_4^{2-} (sulfat) til at hovedmengden finnes på finfraksjonen av svevestøvet. Dette fører altså til at konsentrasjonen på grovfraksjonen i uteluft blir klart lavere enn på finfraksjonen. Grovfraksjonen penetrerer i tillegg dårlig, og derfor blir konsentrasjonen av SO_4^{2-} på grovfraksjonen i inneluft i mange tilfeller lav.

Det ble derfor valgt å bare etablere en felles regresjonslinje for alle boligene over hele døgnet i begge måleperiodene:

$$C_{\text{inne}} = 0,24 \cdot C_{\text{ute}} + 0,39, r = 0,44$$

Figur 11 viser de målte verdiene og regresjonslinja for SO_4^{2-} på grovfraksjonen om dagen (0800-2000) i vinterperioden.



Figur 11: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av SO_4^{2-} på grovfraksjonen ute og inne i 15 boligere i Grenland om dagen (08-20) i vinterperioden. Regresjonslinja er også markert.

4.2.3 Nitrat (NO_3^-), grovfraksjon

Som for finfraksjonen, ble det antatt at NO_3^- (nitrat) og SO_4^{2-} (sulfat) på grovfraksjonen har liknende egenskaper i inne- og uteluft. Det ble derfor valgt å benytte samme regresjonslinje for NO_3^- på grovfraksjonen som for SO_4^{2-} .

5 REFERANSER

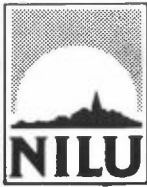
- Benson, F.B., Henderson, I.I. and Caldwell, D.E. (1972) Indoor-outdoor air pollution relationships, Vol. I. Research Triangle Park, North Carolina, U.S. Environmental Protection Agency (Publication AP-112).
- Berk, J.V., Young, R.A., Brown, S.R., and Hollowell, C.D. (1981) Impact of energy-conserving retrofits on indoor air quality in residential housing. Berkeley, California (Lawrence Berkeley Laboratory LBL-12189).
- Braathen, O.-A. (1989a) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Inne/ute-målinger, Grenland, 1988. Lillestrøm (NILU OR 60/89).
- Braathen, O.-A. (1989b) Indoor air pollutants in Norway. I: Man and his ecosystem. Brassler, I.J. and Mulder, W.C. (Eds.). Proceedings of the 8th World Clean Air Congress 1989, The Hague, The Netherlands. Amsterdam, Elsevier. Vol. 1, pp. 283-288.
- Clench-Aas, J., Myhre, K., Krognes, T., Bartonova, A., Johnsrud, M., and Neslein, I.L. (1989) Carbon monoxide exposure in individuals working along Rådhusgata, Oslo, Norway, 1987. Lillestrøm (NILU OR 44/89).
- Dockery, D.W. and Spengler, J.D. (1981) Indoor-outdoor relationships of respirable sulfates and particles. Atmos. Environ., 15, 335-343.
- Hagen, L.O. og Hoem, K. (1989) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Målinger av meteorologiske forhold og luftkvalitet. Lillestrøm (NILU OR 40/89).
- Haugsbakk, I. og Grønskei, K.E. (1989) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Luftforurensende utslipp. Lillestrøm (NILU OR 7/89).
- Johansson, J. (1982) Kemiska luftföroreningar inomhus. En literatursammanställning. Stockholm (Statens Miljömedicinska Laboratorium. Rapport Nr. 6/1982).

- Larssen, S. (1981) Luftforurensninger ute og inne ved Strømsveien 20, Oslo. Lillestrøm (NILU OR 18/81).
- Moschandreas, D.J., Zabransky, J. and Pelton, D.J. (1981) Comparison of indoor and outdoor air quality. Palo Alto, California, Electric Power Research Institute (EPRI EA-1733).
- Nielsen, O. og Olufsen, P. (1989) Temperatur og fugtighed i etageboliger med mekanisk udsugning. VVS, Nr. 8, juni 1989.
- Seifert, B. (1982) Relationship between indoor and outdoor concentrations of inorganic and organic substances. Berlin, Institute for Water, Soil and Air Hygiene, Federal Health Office.
- Sexton, K., Letz, R. and Spengler, J.D. (1983) Estimating human exposure to nitrogen dioxide: An indoor/outdoor modeling approach. Environ. Res., 32, 151-166.
- Spengler, J.D., Ferris, B.G., Dockery, D.W. and Speizer, F.E. (1979) Sulfur dioxide and nitrogen dioxide levels inside and outside homes and the implications on health effects research. Environ. Sci. Techn., 13, 1276-1280.
- Spengler, J.D., Dockery, D.W., Turner, W.A., Wolfson, J.M. and Ferris, B.G. Jr. (1981) Long-term measurements of respirable sulfates and particles inside and outside homes. Atmos. Environ., 15, 23-30.
- Stock, T.H., Kim, Y.S., Prichard, H.M. and Dattner, S.L. (1985a) An investigation of inhalable particulates in twelve Houston homes. Paper 85-30A.4 presented at the 78th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Detroit, Michigan.
- Stock, T.H., Kotchmar, D.J., Contant, C.F., Buffler, P.A., Holguin, A.H., Gehan, B.M., and Noel, L.M. (1985b) The estimation of personal exposures to air pollutants for a community-based study of health effects in asthmatics. Design and results of air monitoring. JAPCA, 35, 1266-1273.
- Stock, T.H., Monsen, R.M., Sterling, P.A., and Norsted, S.W. (1985c) Indoor air quality inside manufactured housing in Texas. Detroit. Paper 85-85.1 presented at the 78th annual meeting of the Air Pollution Control Association, Detroit, Michigan.

Wädding, Å. och Westerlund, K.-G. (1978) Halvårsredovisning av luftföroreningsmätningar i trafikmiljö avseende vissa gator i Stockholm. Stockholms Kommun, Miljö- och hälsovårdsförvaltningen (Rapport 1978-02-06).

Weschler, C.J., Shields, H.C., and Naik, D.V. (1989) Indoor ozone Exposures. JAPCA, 39, 1562-1568.

Yocom, J.E. (1982) Indoor-outdoor air quality relationships. A Critical Review. JAPCA, 32, 500-520.



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

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 8/91	ISBN-82-425-0186-6	
DATO FEBRUAR 1991	ANSV. SIGN. <i>Å. Braathen</i>	ANT. SIDER 55	PRIS NOK 90,-
TITTEL Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurens- ninger og helsevirkninger i Grenland. Forholdet mellom konsentrasjoner av luftforurens- ninger inne i og utenfor boliger i Grenland	PROSJEKTLEDER		
	NILU PROSJEKT NR. O-8747		
FORFATTER(E) O.-A. Braathen	TILGJENGELIGHET *		
	A		
OPPDRAKSGIVERS REF.			
OPPDRAKSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Miljøverndepartementet (MD), Postboks 8013 Dep, 0030 Oslo 1, Statens forurensningstilsyn (SFT), Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1 Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF), Postboks 70 Tåsen, 0801 Oslo 8			
STIKKORD Luftkvalitet	Innemiljø	Helseundersøkelse	
REFERAT Rapporten inneholder de etablerte sammenhengene mellom konsentrasjoner i uteluft og inneluft for følgende forurensningskomponenter: SO ₂ , NO ₂ , finfraksjonen av svevestøvet, SO ₄ ²⁻ på finfraksjonen, NO ₃ ⁻ på finfraksjonen, CO, O ₃ , pollen, grovfraksjonen av svevestøvet, SO ₄ ²⁻ på grovfraksjonen og NO ₃ ⁻ på grovfraksjonen. Sammenhengene er basert på måleresultater og, hvis nødvendig, litteraturverdier.			

TITLE Short term cohort study of the relationship between health and air pollution in Grenland, Norway. Relationships between indoor and outdoor concentrations of air pollutants.

ABSTRACT

The report contains the established relationships between indoor and outdoor concentrations of the following air pollutants: SO₂, NO₂, the fine fraction of the suspended particles, SO₄²⁻ and NO₃⁻ on the fine fraction, CO, O₃, pollen, the coarse fraction of the suspended particles and SO₄²⁻ and NO₃⁻ on the coarse fraction. The relationships are based on measurements and, when necessary, values taken from the literature.

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