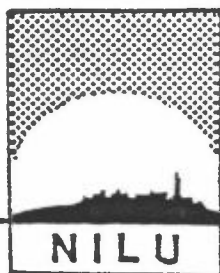


NILU OR : 48/85
REFERANSE: 0-8443
DATO : FEBRUAR 1985

NO_2 - OG SO_2 - EKSPONERING I OSLO ÅR 2000

K.E.Grønskei og F. Gram



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 130 - 2001 Lillestrøm

NILU OR : 48/85
REFERANSE: 0-8443
DATO : FEBRUAR 1985

NO₂- OG SO₂-EKSPONERING I OSLO ÅR 2000

K.E.Grønskei og F. Gram

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

ISBN 82-7247-613-4

KONKLUSJON

Målinger av nitrogenoksider ved Nordahl Brunsgt. og St. Olavs gt., kombinert med spredningsberegninger indikerer at ca 30.000 mennesker i Oslo bor i områder hvor NO_2 -konsentrasjonen kan være over $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som maksimal timesmiddelverdi. Frem mot år 2000 kan antall personer som utsettes for overskridelser øke til 90-100 000 personer pga økningen i NO_x -utslippet fra hver enkelt bil og økningen i trafikkarbeidet i Oslo.

I 1983 bodde ingen personer i Oslo i boliger hvor SO_2 -konsentrasjonene var over grenseverdiene for vinterhalvåret. I en vinter med særlig dårlige spredningsforhold vil ca 28.000 personer bo i området hvor SO_2 -konsentrasjonen i vinterhalvåret kan bli over $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Halvårsmiddelkonsentrasjoner over $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vil sannsynligvis ikke forekomme. Maksimale døgnverdier omkring $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kan forekomme i sentrale byområder. SO_2 -konsentrasjonen kan øke fram mot år 2000 avhengig av hvorledes fjernvarmeutbyggingen gjennomføres og avhengig av endringer i SO_2 -utslippet i lave pipeutslipp. Prognosene indikerer at i år 2000 vil det forekomme overskridelser av middelverdiene i vinterhalvåret. Fjernvarmeanleggene vil sannsynligvis bidra lite til forurensningene i bakkenivå i forurensningsepisodene og maksimale døgnverdier vil derfor være under grenseverdiene.

SAMMENDRAG

Formålet og metoden er beskrevet i Grunnlagsmateriale 1.

Sammendrag av resultatene:

Ca 30 000 personer bor i soner langs sterkt trafikkerte veier der høye NO₂-konsentrasjoner kan forekomme i episoder (se Grunnlagsmateriale 2).

Det er utført beregninger av NO_x-utbredelsen fra hovedinnfartsårene. Videre er det utført beregninger av konsentrasjonsbidraget i km²-ruter som følge av utslipp i ulike deler av byen. Beregninger i km²-ruter indikerer lavere NO₂-konsentrasjoner enn grenseverdiene. Målinger av nitrogenoksider i Oslo-området tyder på:

- a. Høyere bakgrunnskonsentrasjoner av NO₂ enn forutsatt i beregningene.
- b. Overskridelser av NO₂-konsentrasjoner i soner nær sterkt trafikkerte gater.

Antall personer som bor i områder hvor NO₂-grenseverdiene kan overskrides er antydnet ved å ta utgangspunkt i 150 m brede soner ved trafikkarer i sentrumssonen med estimerte NO₂-konsentrasjoner høyere enn i St. Olavs gt. I disse sonene bor det i dag ca 30.000 personer. Langs hovedinnfartsårene vil det også forekomme overskridelser, med få personer bor i disse områdene. Midlere NO₂-konsentrasjon i sentrumssonen ligger sannsynligvis nær grenseverdiene, slik at en liten økning i denne middelveidien vil føre til at soner ved flere gater vil få NO₂-konsentrasjoner over grenseverdiene.

Kontrollberegninger har vist at spredningsmodellene må modifiseres for å beskrive de forurensede områdene omkring sterkt trafikkerte soner i Oslo, og det er ønskelig med målinger som bedre kartlegger overskridelser i episoder. Årsaken til høye bakgrunnsforurensninger av NO₂ bør også kartlegges og beskrives bedre.

90-100.000 personer* kan i år 2000 utsettes for NO₂-konsentrasjoner over grenseverdiene i episoder. Foreløpige beregninger som er utført for år 2000

*Totalt antall personer som bor i Oslo sentrum.

tyder på at middelverdien over sentrumssonen i episoder vil være lavere enn grenseverdiene.

På bakgrunn av de observerte overskridelsene i Nordahl Bruns gt. i dag, anser vi denne konklusjonen for usikker. Det er små endringer i utslippsforholdene som skal til før 90-100.000 personer blir utsatt for NO_2 -verdier over grenseverdiene ved sine boliger.

Nitrogenoksidkonsentrasjonene nær bakken vil øke gradvis fram mot år 2000. Maksimale døgnerverdier og timesverdier for NO_2 -konsentrasjoner er i dag observert over grenseverdiene:

- a. Ved sterkt trafikkerte gater.
- b. Ved hovedinnsfartsårene.
- c. I deler av sentrumsområdet.

Trafikkavviklingen i og ved sentrum (grunnlinjen, ringveier, etc.) vil etter dette få avgjørende betydning for hvor mange personer som utsettes for overskridelser.

Det forekom ikke overskridelser av grenseverdier for halvårsmiddelkonsentrasjoner i Oslo 1983 (se Grunnlagsmateriale 3). Maksimale døgnerverdier kan være over grenseverdiene i sentrumsområdet.

Prognosene tyder på at i år 2000 vil ca 10.000 personer bo i områder med 1/2 års midlere SO_2 -konsentrasjoner over $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og ca 80.000 personer vil bo i områder med 1/2 års midlere SO_2 -konsentrasjoner over $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I perioden 1979-1983 er det registrert en 40% reduksjon i SO_2 -utslippet i Oslo. med en bakgrunnskonsentrasjon på $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fører det til $40 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ i sentrumssonen ved normale spredningsforhold. Maksimale døgnerverdier er estimert til ca $170 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$.

Vintrene 1982-83 og 1983-84 er det registrert lavere konsentrasjoner. Det skyldes sannsynligvis gode spredningsforhold.

I beregningene for år 2000 er det tatt utgangspunkt i utslippstall fra 1979/80. Mange små utslipp i takhøyde vil bli redusert i takt med fjernvarmeutbyggingen. Utbygging planlagt i 1990 er lagt til grunn for SO_2 -forurensningene i år 2000. I samsvar med tidligere beregninger (Gotaas og Gram, 1984) vil det observeres en betydelig reduksjon av SO_2 -forurensningene i Oslo sentrum. Nord for sentrum vil en finne de høyeste konsentrasjonene, 40-60 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ i vinterhalvåret. Reduksjonen av konsentrasjonen ved bakken vil være spesielt stor i inversjonssituasjoner. For å beskrive årsaken til de høyeste SO_2 -konsentrasjonene, er det sannsynligvis nødvendig å beskrive vertikalblandingen bedre i episodemodellen (flere lag). Et betydelig SO_2 -utslipp fra fjernvarmeanleggene vil skje over bakken. I enkelte områder kan disse utslippene bringes ned til bakken. Eventuell tilførsel er avhengig av flere parametre enn en gradvis fortykning av forurensning som slippes ut ved bakken. Disse parametre omfatter effektiv utslippshøyde, blandingshøyde over sentrum og variasjoner i vindforholdene med høyden.

INNHOLOSFORTEGNELSE

	Side
KONKLUSJON	3
SAMMENDRAG	5
GRUNNLAGSMATERIALE 1	
Utgangspunkt og forutsetninger for undersøkelsen	11
GRUNNLAGSMATERIALE 2 NO ₂ -EKSPONERING I OSLO	
I 1983 bor ca 30 000 personer i områder hvor NO ₂ -konsentrasjonene er over grenseverdiene i forurensningsepisoder. ² Frem mot år 2000 kan antallet øke gradvis til 90-100 000 personer	17
GRUNNLAGSMATERIALE 3 SO ₂ -EKSPONERING I OSLO	
Det forekom ikke overskridelser av grenseverdier for SO ₂ -konsentrasjoner i 1983. Overskridelser kan forekomme i år 2000 ² avhengig av detaljer vedrørende fjernvarmeutbyggingen	27
REFERANSER	35

NO_2 - OG SO_2 -EKSPONERING I OSLO ÅR 2000

GRUNNLAGSMATERIALE 1:

Utgangspunkt og forutsetninger for undersøkelsen.

På oppdrag fra SFT skal NILU beregne antall personer som utsettes for høye NO_2 - og SO_2 -nivåer i år 2000.

Ved gjennomføringen av oppdraget har en lagt til grunn:

- a) Prosjektskissen av 22.juni 1984
- b) Referat fra møte angående prosjektgjennomføringen den 20.11.84 og fra møte på SFT angående fremtidig fjernvarmeutbygging den 24.1.85.

NILUs beregningsmetode for langtidsmiddelkonsentrasjoner ble opprinnelig utviklet for å beregne SO_2 -konsentrasjoner i Nedre Telemark (Schjoldager 1974). Modellens anvendbarhet for SO_2 -beregninger er utprøvet i et NATO/CCMS samarbeide (Sivertsen 1977). Senere er modellen benyttet i en rekke utredninger, spesielt i Oslo (Grønskei 1978), (Grønskei, Gram og Larssen 1982) og (Gotaas og Gram 1984).

Spredning av SO_2 og NO_2 foregår på samme måte i atmosfæren ved samme utslippsforhold. Tidligere er frekvensfordelingen av NO_x -konsentrasjonene beregnet. Vi refererer fra konklusjonen i rapporten (Grønskei 1978): "Målingene av NO_x -konsentrasjonene (St. Hanshaugen) er høyere enn de beregnede verdiene. Spredningsmodellene ble først utviklet og tilpasset for SO_2 -forurensninger og uoverenstemmelsen kan dels skyldes at den midlere utslippshøyden for NO_x (bilutslipp) er lavere enn for SO_2 . Det bør også pekes på den store usikkerheten i utslippsestimatene for NO_x fra boligoppvarming, og årsakene til uoverenstemmelsen bør klarlegges nærmere".

Grunnlaget for utslippsoversiktene er oppdatert og forbedret når det gjelder forbruk av fyringsoljer og trafikkarbeid (Gram 1982). SFT har senere skaffet tilveie bedre faktorer for utslipp fra norsk bilpark og norske fyringsanlegg.

Senere er en samtidige NO_x- og SO₂-målinger fra Nordahl Brunsgt. brukt til å justere utslippshøyden for NO_x-utslippet fra biltrafikken (Gotaas og Gram, 1984). Det ga bedre samsvar mellom målte og observerte langtidsmiddelverdier. Den samme metoden ble benyttet når befolkningseksposeringen på grunn av ulike kildegrupper skulle bestemmes (Grønskei og Gram 1984).

Spredning av sporstoff fra små fyringsanlegg og fra biltrafikk ble undersøkt i Sarpsborg. Resultatene viste at samtidige utslipp fra biltrafikk og fra fyringsanlegg ble godt blandet 100 - 200 m fra utslippet. Forskjellen i utslippshøyde var av liten betydning. Utslippet fra biltrafikken langs trafikkårer ved bakken, "linjekilder", forårsaker høye konsentrasjoner nær utslippet. Utslippet fra fyringsanleggene skjer i mange små piper som for-deler utslippet bedre i km²-rutene (arealkilder) enn biltrafikken.

I de eksisterende by-modellene behandles store punktkilder for seg.

I forurensningsepisoder (max timeskonsentrasjon og max døgnkonsentrasjon) er forutsetningene om homogene og stasjonære spredningsforhold sannsynligvis ikke oppfylt i hele Oslo-området. Modellen kan i noen tilfeller benyttes til å beskrive bidraget fra enkelt-kilder som funksjon av utslippsbetingelsene når avstanden fra utslippet er liten i forhold til skalaen på variasjonene i spredningsforholdene. I andre episoder vil det være avvik mellom beregnede og observerte verdier.

Det er utviklet en episodemodell for km²-beregninger for Oslo. (Grønskei 1973) hvor ulike vind og spredningsforhold i ulike deler av byen er innarbeidet. Tidligere beregninger avslørte svake sider ved denne modellen særlig når det gjelder vertikalspredning i utkanten av byen. En bedre beskrivelse av spredningsforholdene oppnås ved å utføre beregninger i flere nivåer. På samme måte som tidligere utnyttet meteorologiske data fra vinteren 1970/71 til å angi vind og spredningsforhold i ulike lag.

Beregning av langtidsmiddelverdier

På grunn av problemer med overensstemmelse mellom beregnede og observerte konsentrasjoner spesielt nær sterkt trafikkerte gater, er beregningsmetodene vurdert og analysert på nytt. Det har resultert i en ny beregningsmetode for spredning fra arealkilder og volumkilder.

Konsentrasjonen beregnes for midtpunktet i hver km²-rute. Konsentrasjonen i hver rute beregnes som summen av bidraget fra enkeltkilder og arealkilder. Figurene 1.1, 1.2 og 1.3 viser bidragene fra de ulike kildetyperne. Beregningsformlene er gitt på figurene. Når arealkildene gir et betydelig konsentrasjonsbidrag, er oppløsningen i beregningene begrenset av rutenettet. En må derfor være varsom med å tolke resultatene med en finere oppløsning enn dette.

Figur 1.1 viser hvorledes utslipp fra enkeltkilder spres uavhengig av bygningen når utslippshøyden er større enn 2.5 ganger bygningshøyden. Når utslippet er mellom 1.5 og 2.5 ganger bygningshøyden påvirkes utslippshøyden av bygningen. I NILU's beregningsmetoder skiller en ikke mellom disse to utslippstypene. Modellene kan kanskje forbedres ved å ta hensyn til disse forholdene.

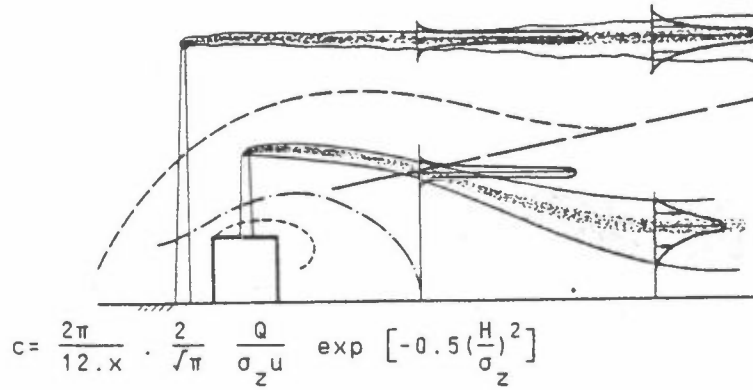
Når $H < 50\text{m}$ benyttes Mc Elroy Poolers spredningsparametere

$$\sigma_z = ax^b$$

	Stabilt	Nøytralt	Instabilt
a	1.93	0.91	0.08
b	0.47	0.70	1.20

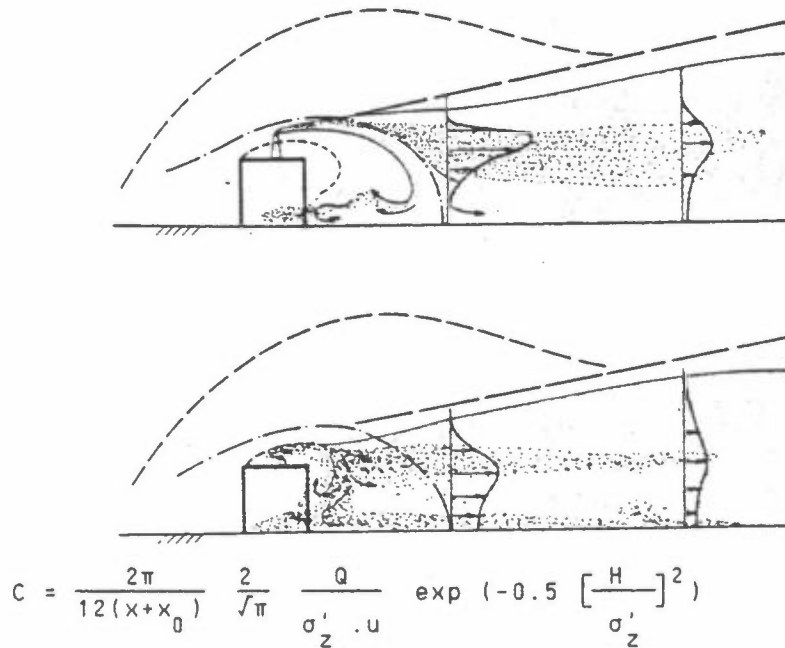
Når $H > 50\text{m}$ benyttes Brookhavens spredningsparametere

	Stabilt	Lett stabilt	Nøytralt	Instabilt
a	0.06	0.16	0.22	0.33
b	0.71	0.74	0.78	0.86



c : konsentrasjonen i avstanden x fra kilden
 u : vindhastigheten langs x -aksen
 σ_z : standardavvik i z -retningen
 H : effektiv utslippshøyde

Fig. 1.1: Spredning av forurensning fra punktkilder. Konsentrasjonen i bakkenivå beregnes ved formelen vist ovenfor, og angir forventet middelerdi i 30° -vindsektorer ut fra punktkildene. Verdiene multipliseres med frekvensen av angitte spredningsforhold.



$$\sigma'_z = (\sigma_z^2 + \sigma_0^2)^{0.5}; \quad \sigma_0^2 = H_B^2 \cdot 0.5 \left(1 + \frac{0.7}{u} \right)^2$$

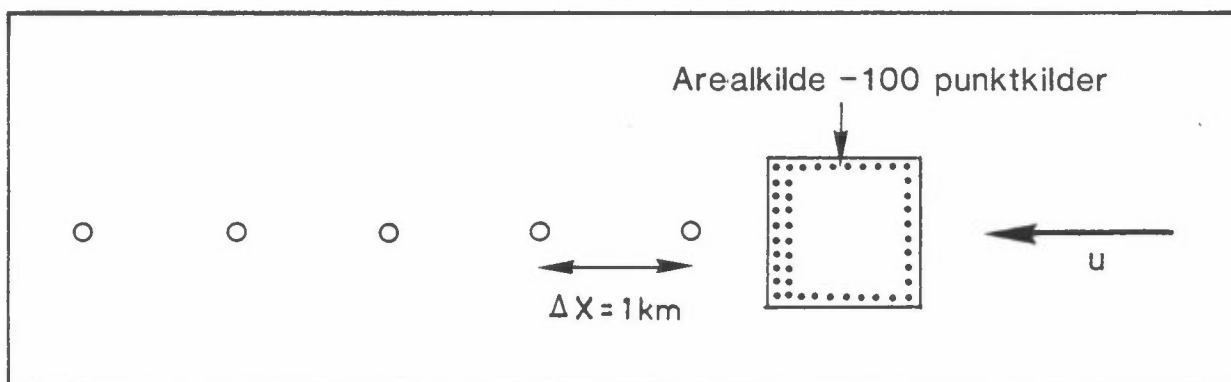
$$x_0 = 7 \text{ m}$$

H_B : Bygningshøyden

Fig.1.2: Spredning av forurensning fra volumkilder. Konsentrasjonen i bakkenivå beregnes ved formelen som angitt ovenfor, og angir forventet middelerdi i 30° -vindsektorer ut fra volumkildene.

Figur 1.2 viser hvorledes forurensning fra volumkildene beregnes. Utslippene regnes som volumkilde når utslippshøyden er mindre enn 1.5 ganger bygningshøyden. Hvorledes utslippet spres fra taket er avhengig av detaljer i forbindelse med takutformingen og vindforholdene. Vi har ikke data som belyser alle detaljer i denne forbindelse. Vi behandler derfor alle disse utslippene på samme måte. Når utslippet spres på grunn av flere husrekker, vil sannsynligvis eventuelle forskjeller utviskes raskt.

Formelen for spredningen nær bygninger er konsistent med beskrivelsen av spredning i gater når utslippet skjer nær bakken, og vinden er svak. Forøvrig vises det til beregningsmetoder for spredning nær bygninger, (Sivertsen, 1983).

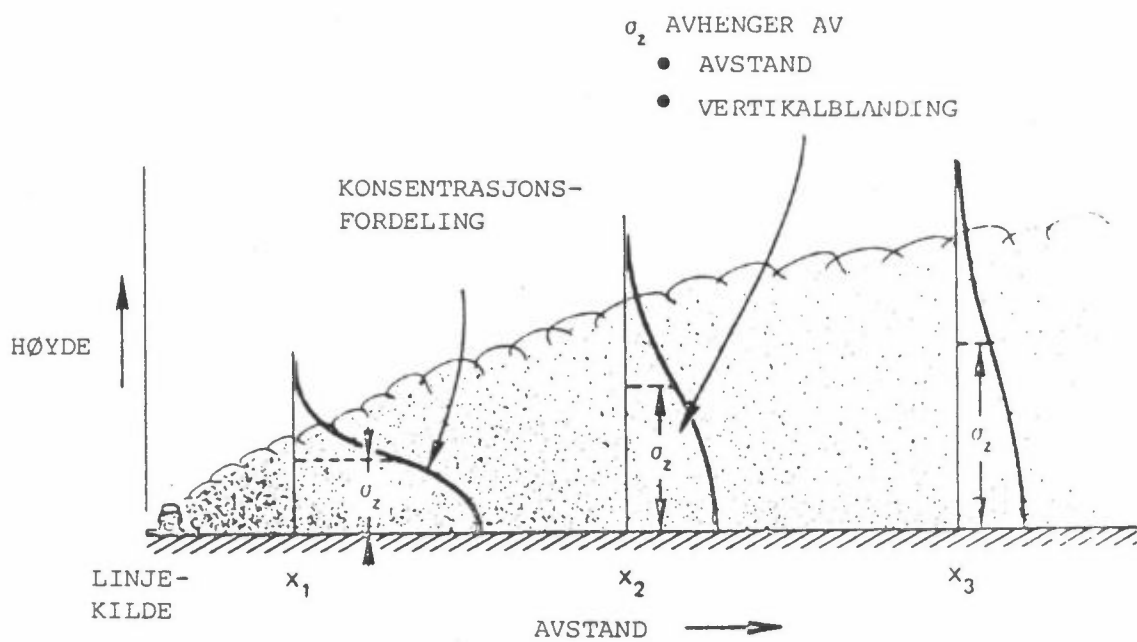


Figur 1.3: Spredning av forurensninger fra arealkilder. Bidragene fra 100 punktkilder beregnes i faste avstander med 1 km mellomrom merket (O).

Utslipp fra arealkilder kan grovt sett deles i to; utslipp fra fyring og utslipp fra trafikk. Fyringsutslipp skjer i hushøyde gjennom en rekke små piper, mens trafikkutslippet skjer i bakkenivå i gater som er omkranset av lange husrekker.

Samtlige små utslipp i hver km^2 rute blir summert og utslippet blir fordelt jevnt over rutene. Utbredelsen fra arealkilden beregnes som bidraget fra 100 punktkilder spredd jevnt over km^2 -ruten. I beregningene skiller en mellom utslipp ved bakken og i taknivå.

Utslipp fra biltrafikken langs store trafikkårer må behandles spesielt i km^2 -modellen. Vi regner med at det vil gi bedre samsvar mellom observerte og beregnede NO_x -konsentrasjoner når målingene utføres i omegnen av store trafikkårer. I denne rapporten har vi belyst belastningen ved store trafikkårer ved å benytte EPA's HIWAY-modell og den nordiske beregningsmodell for spredning av bilavgasser, samt målinger i Oslo-området (se figur 1.4).



Figur 1.4: Vertikalspredning ifølge Hiway-modellen.

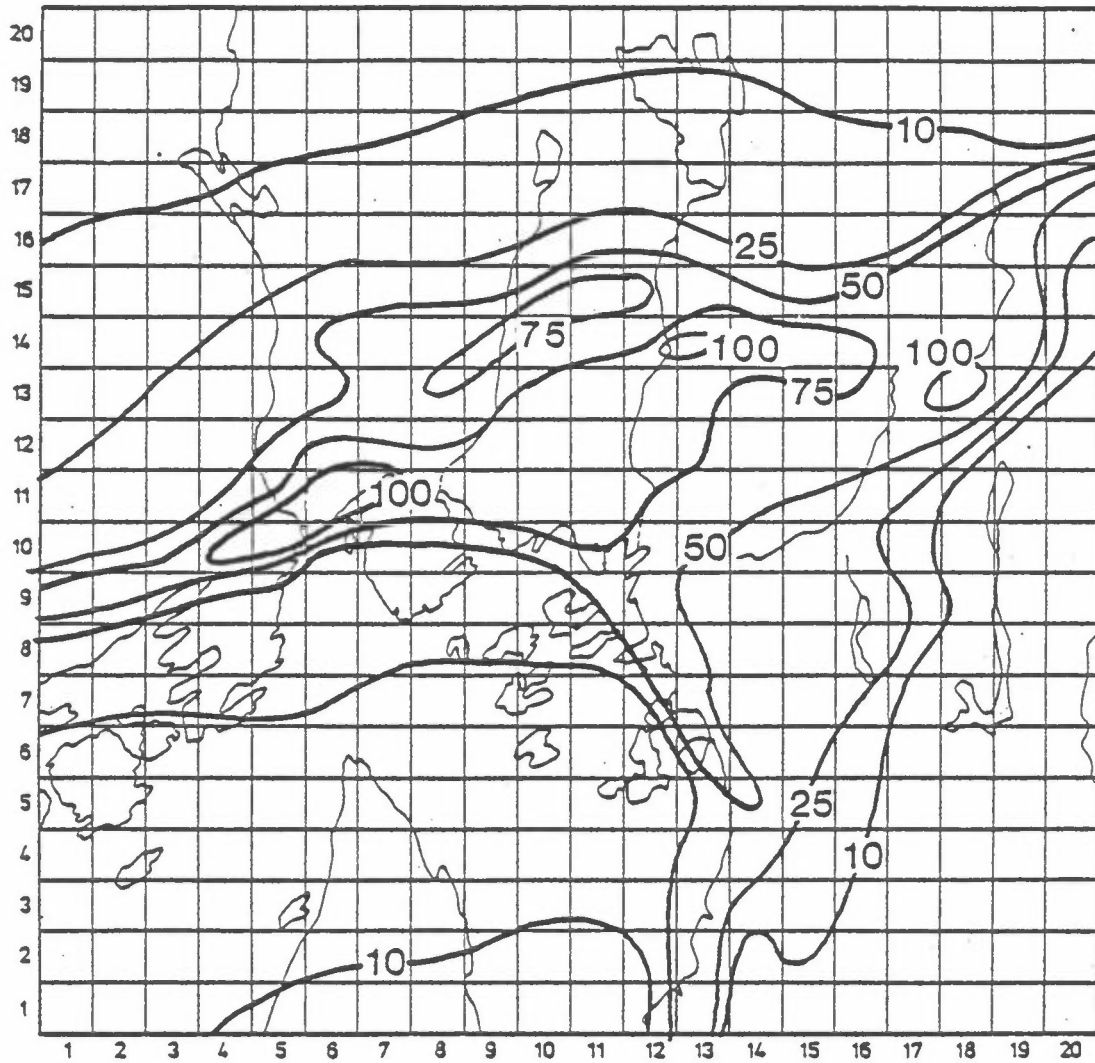
GRUNNLAGSMATERIALE 2: NO₂-EKSPONERING I OSLO

I 1983 bor ca 30.000 personer i områder hvor NO₂-konsentrasjoner er over grenseverdiene i forurensningsepisoder. Frem mot år 2000 kan antallet øke gradvis til 90-100.000 personer

Det er tidligere utført to beregninger av konsentrasjonsfordelingen av NO_x. Det er videre regnet med at 30% av NO_x konsentrasjonen foreligger som NO₂.

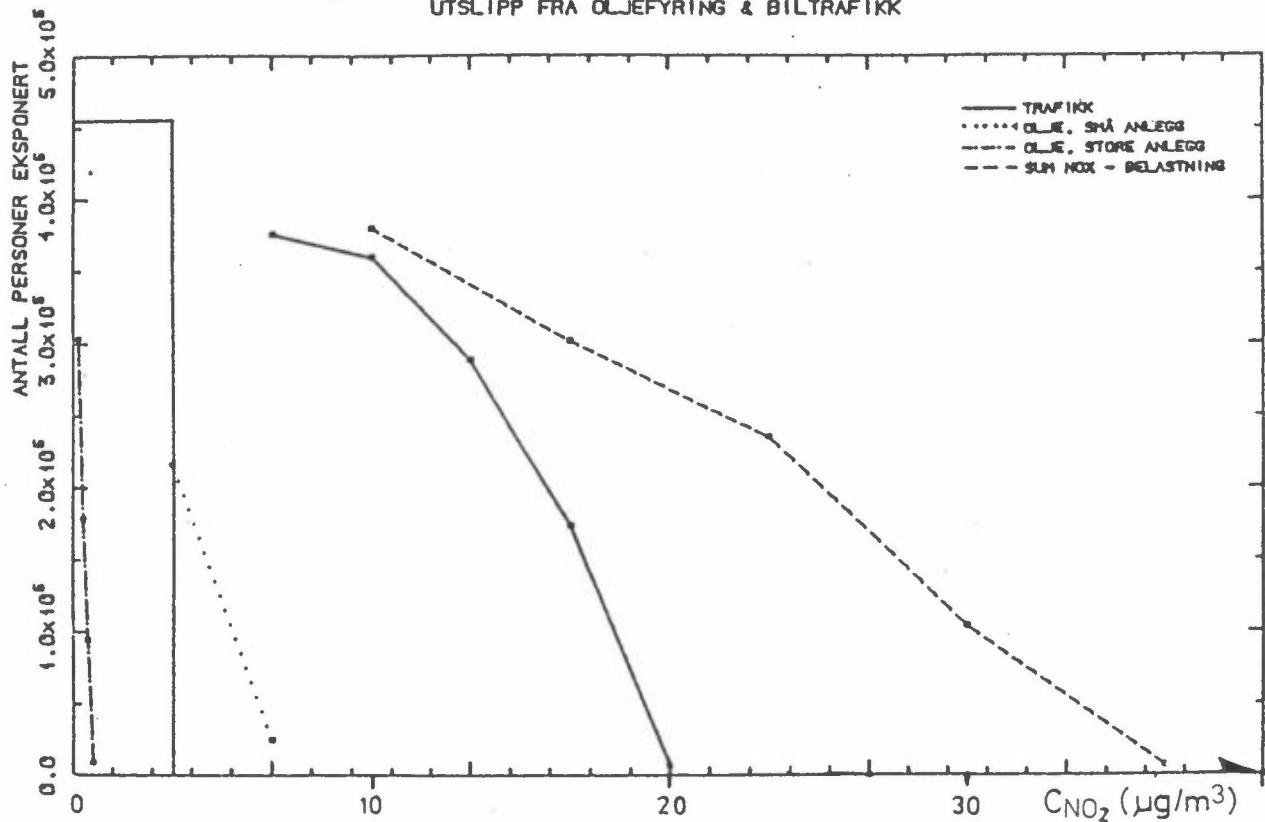
- a) Beregninger utført for SFT i 1981 (Grønskei al.1982).
- b) Beregninger utført for Oslo Lysverker i 1983 (Gotaas og Gram 1984).

Beregninger for Lysverkene bygger på oppdaterte utslippsfaktorer som førte til høyere utslipp av nitrogenoksyder fra biltrafikken, men lavere utslipp fra oljefyring. Dette kommer tydelig frem i de to konsentrasjonsfordelingene som er gitt i de to rapportene. De siste beregningene danner grunnlaget for eksponeringsberegninger utført for Nordisk Ministerråd (Mil-4 prosjektet) (Grønskei og Gram 1984). Figurene 2.1 og 2.2 viser konsentrasjonsfordelingen i vinterhalvåret samt eksponeringskurvene. Et lite antall personer bor inn til sterkt trafikkerte gater hvor NO₂-konsentrasjonen kan overskride 75 µg NO₂/m³. Overskridelser forekommer ikke utenfor disse gatetverrsnittene. Eksponeringssituasjonen vil ikke endre seg vesentlig frem mot år 2000 dersom ikke trafikkavviklingen i sentrumsonen endres vesentlig.



Figur 2.1: NOx-konsentrasjonen i vinterhalvåret 1979/80 (regnet som NO_2) $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NO₂- BELASTNING I OSLO, VINTERHALVÅRET UTSLIPP FRA OLJEFYRING & BILTRAFIKK



Figur 2.2: NO₂-belastning i Oslo. Vinterhalvåret. Utslipp fra oljefyring og biltrafikk. Det er forutsatt at 30% av NO_x-konsentrasjonene foreligger som NO₂ (halvårs middelerverdier).

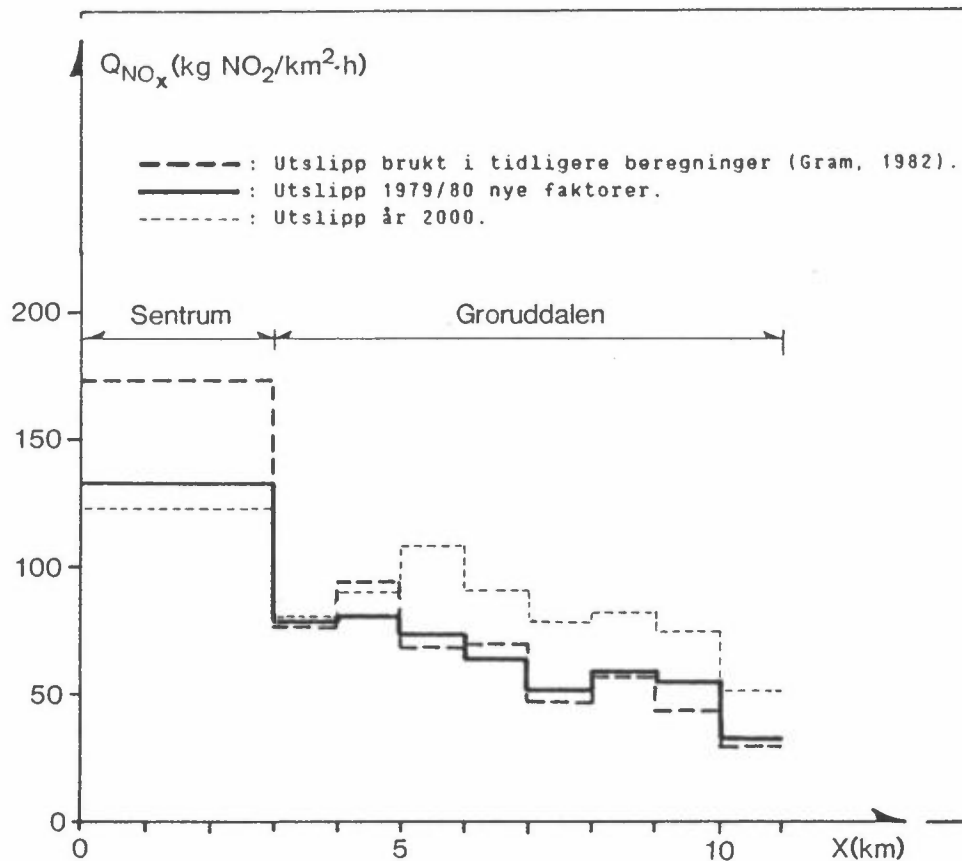
Middelerverdier av NO₂ over sentrum overskrider muligens grenseverdiene for NO₂ i episoder.

Tidligere beregninger og målinger viser at NO₂ kan bli et forurensningsproblem ved de store innfartsårene, i sterkt trafikkerte bygater og i soner av sentrumsområdet. Det er spesielt i forurensningsepisoder at det kan forekomme overskridelser av grenseverdier.

Forurensningsepisoder i Oslo forekommer på kalde vinterdager med inversjon og dårlig vertikalblanding i atmosfæren. Utslipp fra høye piper bidrar lite til forurensningene ved bakken i disse episodene. I Oslo er forurensningsepisodene videre karakterisert av kaldluftstrømmer ned dalene mot Oslo sentrum. Kaldluftstrømmen ned Groruddalen er spesielt utpreget.

Prognoser for NO_x-utslippet i år 2000 antyder liten utslippsreduksjon i Oslo sentrum mens NO_x-utslippet fra biltrafikken i Groruddalen kan øke med 40%.

Midlere NO_x-utslipp i sentrum og i Groruddalen er fremstilt som funksjon av avstanden fra Oslo sentrum i figur 2.3 for vinterhalvåret 1979/80 og for vinteren år 2000.



Figur 2.3: Middelutslipp i Oslo sentrum og i Groruddalen fremstilt som funksjon av avstanden fra Oslo sentrum. Utslipp fra høye piper (sentralfyranlegg) er ikke inkludert.

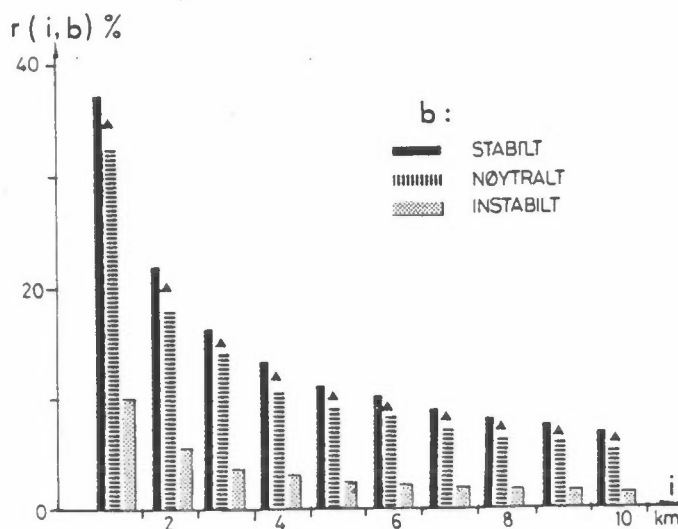
Figuren viser at utslippene øker i Groruddalen og avtar i Oslo sentrum. De samlede utslippsendringer fra lave kilder i Groruddalen og i sentrum er forholdsvis små. Økningen i utslipp fra biltrafikken kompenseres av overgangen til fjernvarmeanlegg. NO_x-utslippet fra fjernvarmeanleggene vil foregå i høye piper. Spredningsberegninger viser at når pipehøyden dimensjoneres på vanlig måte, blir forurensningene i bakkenivå lave. Det gjelder både for halvårsmiddelverdi og maksimalkonsentrasjonen ved lav vind og inversjon. Vi har derfor sett bort fra utslippet i de høye pipene ved fremstillingen av figur 2.3. For å sammenligne betydningen av utslippsendringen for luftkvaliteten i Oslo sentrum, må utslippene i Groruddalen multipliseres med faktorer

som vist i figur 2.4. Faktorene er beregnet som foreslått av Gifford og Hanna i 1973 (Hanna, 1973). I beregningen av faktorene ser en bort fra horisontalspredningen som er av mindre betydning når en vurderer middelutslippet i Groruddalen.

Tidligere beregninger som er utført for NO_x indikerte en konsentrasjon på 100 µg NO₂/m³ (halvårs middelerdi) i Oslo sentrum (Grønskei et al., 1981). Høyeste døgnerdi var 200-300 µg/m³ og høyeste timesverdi var 400-600 µg/m³. Når det gjelder NO_x-konsentrasjonene, registreres betydelig høyere verdier f.eks. på referansestasjonen i Nordahl Brunsgt. i episoder med maksimale døgnerdi og timesmiddelkonsentrasjoner. Disse episodene karakteriseres av lav vind og inversjonsforhold (dårlige vertikale spredningsforhold).

Tabell 2.1: Målinger av NO_x, SO₂ og NO₂ fra Nordahl Brunsgt vintrene 1980/81 og 1981/82. Enhet: µg/m³.

	Månedserdi µg/m ³	Maksimum døgnerdi µg/m ³		Maksimum timesverdi µg/m ³	
NO _x - 1980/81	144	655	390	1300	1230
SO ₂ - 1980/81	76	146	143		
NO ₂ - 1980/81	47	92	86	366	360
NO _x - 1981/82	144	397	352	855	803
SO ₂ - 1981/82	76	196	185		
NO ₂ - 1981/82	84	73	69	123	109



Figur 2.4: Bidrag til luftforurensningen i sentrumsonen på grunn av kilder i forskjellig avstand.
angir verdier som er benyttet i beregningene.

Vi har ingen grunn til å tvile på utslippsestimatene eller på tidligere beregninger. Uoverensstemmelsene mellom beregninger og målinger skyldes sannsynligvis at målestasjonene for NO_x er plassert nær sterkt trafikkerte gater og at NO_x-konsentrasjonene er mindre utjevnet enn SO₂-konsentrasjonene, særlig i episoder. Nordahl Brunsgt. ligger nær St. Olavsgt (ca 40 m fra gaten, ca 70 m fra St. Olavs plass). Målingene i Nordahl Brunsgt representerer sannsynligvis forurensningene i soner ved gater i Oslo sentrum som er like mye eller mer forurenset enn St. Olavs gt. Beregningene av middelkonsentrasjoner i km²-ruter og en vurdering av avstanden mellom sterkt trafikkerte gater tyder på at overskridelser av grenseverdier må forekomme i soner samlere enn ca 200 m.

Utbredelsen av de høye konsentrasjonene bør kartlegges bedre ved målinger, og ved spredningsmodeller i km-ruter med spredning fra flere gatesegmenter og gatekryss. Det er spesielt NO₂ og støvkonsentrasjoner i forurensnings-episoder med lav vind og inversjon som er av interesse.

Nye beregninger gir ikke konsentrasjonsestimater som avviker vesentlig fra resultatene som er presentert tidligere. Spredningsberegningene bør derfor utføres mer detaljert nær sterkt trafikkerte gater hvor det forekommer overskridelser av NO₂-grenseverdiene i episoder. Arbeid pågår for å ta hensyn til gateutslipp i spredningsmodellene.

Eksposering for høye NO₂-konsentrasjoner i episoder.

Befolkningseksposering for høye NO₂-konsentrasjoner er foreløpig estimert ved å ta utgangspunkt i tidligere kartlegging av gater med høye NO₂-konsentrasjoner i episoder. Mellom Nordahl Brunsgt og St. Olavs plass registreres det overskridelser av grenseverdiene for NO₂ og CO. Overskridelsene i dette området skyldes en kombinasjon av tre kildegrupper.

1. Biltrafikken i St. Olavs gt
2. Biltrafikken på St. Olavs plass
3. Summen av alle småbidragene fra andre deler av Oslo-området, spesielt fra sentrumsområdet

For å få et estimat av antall mennesker som bor i områder hvor episodeverdier av NO₂-konsentrasjonene overskrider grenseverdiene har vi regnet at overskridelser finner sted i en 150 m bred sone (anslått middelbredde) langs de gatene som er like mye eller mer belastet av eksosforurensninger enn

St. Olavs gt. Sonene er avmerket på figur 2.5. Ca 30.000 personer bor i disse sonene.

I kryssene mellom sterkt trafikkerte veier summeres utslippsintensitetene for NO_x. For CO øker utslippet i kryssene også på grunn av komplisert trafikkavvikling.

NO₂-konsentrasjonene i episoder kan være høyere enn grenseverdiene i episoder ved hovedinnfartsårene til Oslo idag. Ved en bakgrunnskonsentrasjon på 100 µg NO₂/m³ vil utstrekningen av sonen være ca 70 m fra veikanten.

Prognosene indikerer (Gotaas og Gram, 1984) en trafikkøkning på 25% vest for sentrum. Det vil si at en må regne med en årsdøgntrafikk på 75.000 kjøretøyer ved Lysaker. Trafikktellinger indikerer at dette er for lavt estimert for trafikken i år 2000. På østsiden av sentrum indikerer prognosene en økning på 40% av trafikkarbeidet i Groruddalen. Dette vil medføre en årsdøgntrafikk nær 50.000 kjøretøyer både på Trondheimsveien og langs E6 og Strømsveien. Langs Østre Aker vei vil trafikken overskride 25.000 kjøretøyer.

Trafikkprognosene tyder på liten endring i biltrafikken i sentrum frem mot år 2000. Ved en 10% økning i biltrafikken er det nødvendig å kjenne til hvilke gater som blir belastet med økningen for å vurdere økningen i forurensningsbelastede soner, og for å estimere antall personer som vil bo i området hvor det forekommer overskridelser av grenseverdier. Middelerverdiene i km²-ruter beskriver ikke disse overskridelsene.

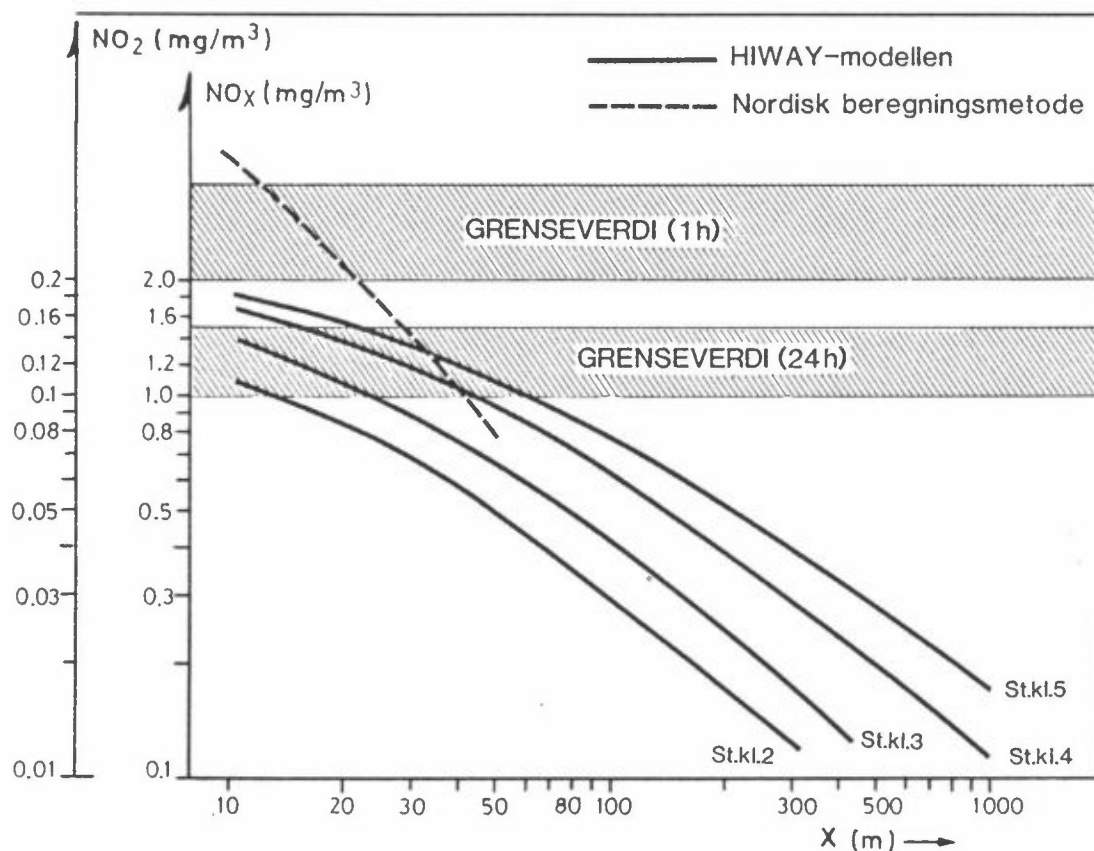
Det er utført beregninger av NO_x-konsentrasjonen ved en åpen veibane. Beregninger er utført med EPAs HIWAY-modell og med den nordiske bilavgassmodellen. Det er regnet med et totalutslipp på 4.5 mg NO_x pr meter og sekund som et utslipp som vil forekomme i rush-tiden ved en vei med en årsdøgntrafikk på 75.000 kjøretøyer. Beregningsresultatene er gitt i figur 2.6. Beregningsmetodene er basert på ulike forutsetninger:

- a) Den nordiske beregningsmetoden angir 99-prosentilen i konsentrasjonsfordelingen i ulike avstander.

b) HIWAY-beregningene angir konsentrasjonsavtakingen som funksjon av avstanden fra veien ved 1 m/s vind på tvers av veien. Konsentrasjonen er angitt ved ulike spredningsforhold (stabilitetsklasser 2 - 5).

Angående a)

Svak og variabel vind gir de høyeste konsentrasjonene nær veien. Den nordiske beregningsmetoden er basert på målinger i Norden og gir derfor den beste beskrivelsen nær veien. I 80-90 timer (1% av tiden) i året vil konsentrasjonen være høyere enn de verdiene som er angitt på figuren.



Figur 2.6: NO_x- og NO₂-konsentrasjonene ved en åpen vei. Beregnet konsentrasjon som funksjon av avstand fra veibanen ved vanlig forekommende vindforhold (vindkomponenter vinkelrett på veien er 1 m/s). Konsentrasjonen (NO_x og NO₂) er gitt som funksjon av avstanden fra veikanten ved ulike vertikale spredningsforhold betegnet (st. kl 2, St. kl 3, St. kl 4 og St. kl 5). St. kl 2 forekommer i solskinn om sommeren. St. kl 5 forekommer når det er inversjonsforhold. I beregningene er det forutsatt at 10% av NO_x-konsentrasjonene foreligger som NO₂. I tillegg til konsentrasjonsverdiene på grunn av en enkelt veibane er det nødvendig å legg til bidraget fra andre kilder. Ved Lysaker i Oslo er bidraget fra sentrumsområdet estimert til 100 µg NO₂/m³.

Angående b)

Når avstanden øker over ca 50 m, vil de høyeste NO₂-konsentrasjonene forekomme når vinden transporterer forurensningene systematisk bort fra veibanen i en retning. Slike forhold beskrives av HIWAY-beregningene.

Figuren antyder at når bakgrunnskonsentrasjonen er 100 µg NO₂/m³, vil NO₂-konsentrasjonen ved veibanen overskride grenseverdier på 200 µg NO₂/m³ ut til ca 70 m fra veikanten. Når årsdøgntrafikken og rush-tidstrafikken blir mindre, blir konsentrasjonen tilsvarende mindre. Når årsdøgntrafikken er 50.000 kjøretøyer er avstanden ca 30 m. Avstanden er ca 15 m når ÅDT er 25.000 kjøretøyer. Det bør få personer i disse områdene.

Usikkerheten i anslagene skyldes vesentlig:

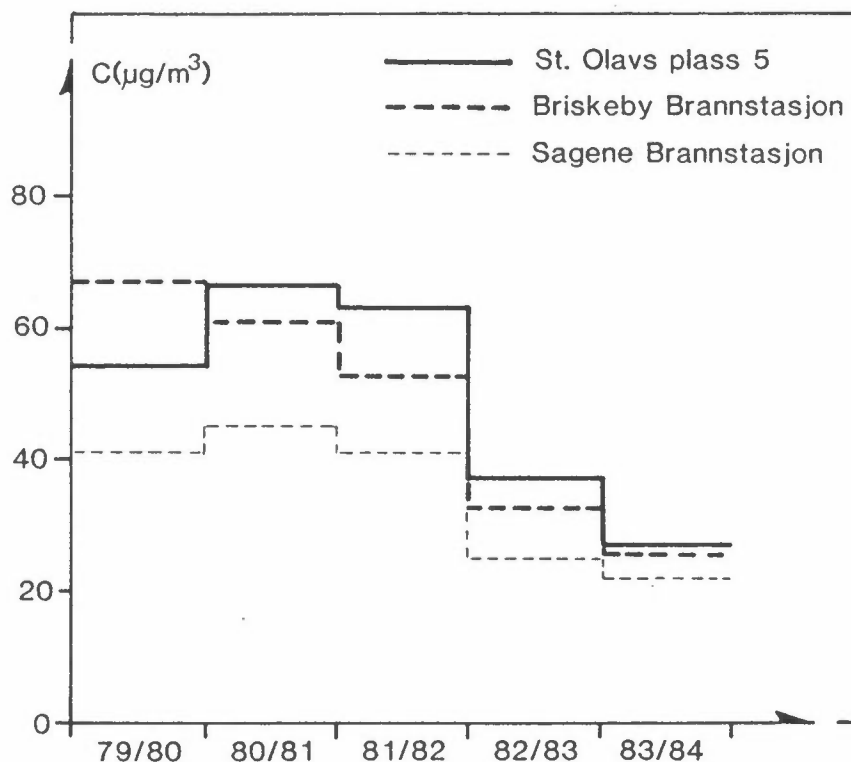
- a) Utbredelsen av eksosforurensninger ved veibanen i episoder.
- b) Overgangen fra NO til NO₂. I beregningene er det forutsatt at 10% av NO_x-forurensningene foreligger som NO₂ ved veien.
- c) NO₂-forurensningene i luften som kommer inn over området er også usikker.

I perioden januar-mars 1983 viste 17 av 63 døgnmålinger ved Rud-Hauger i Bærum av NO₂-konsentrasjonen verdier over 50 µg/m³ (Haugsbakk, 1983). Så høye NO₂-verdier kan ikke forklares ved de beregningene som er utført. Målingene antyder at NO₂-konsentrasjonene kan være høye i store områder, og at NO₂-andelen er betydelig høyere enn 10% utenfor bysenteret.

GRUNNLAGSMATERIALE 3: SO₂-EKSPONERING I OSLO

Det forekom ikke overskridelser av grenseverdier for SO₂-konsentrasjonen i Oslo 1983. Overskridelser kan forekomme i år 2000, avhengig av detaljer vedrørende fjernvarmeutbyggingen.

Det er observert en betydelig nedgang i SO₂-konsentrasjonen i Oslo som vist i figur 3.1. Denne nedgangen skyldes dels reduserte SO₂-utslipp fra oljefyring, dels milde vintre de siste årene.



Figur 3.1: Observerte middelveier av SO₂-konsentrasjonen i vinterhalvåret i perioden 1979/80 - 1983/84. Enhet: µg SO₂/m³.

Endringen i SO₂-utslippet fra år til år beskrives av salgstallene for fyringsoljer i Oslo. I 1980 ble det gjennomført en registrering av faktiske forbrukstall i Oslo for 1979 (Gram, 1982). Vi tar utgangspunkt i disse tallene når utslippstallene fra år til år skal estimeres, og legger vi til grunn salgstallene for fyringsparafin, fyringsolje nr 1 og 2, tungdestillater og lavsvovlig tung fyringsolje. Salgstallene for 1979 og for 1983 indikerer en nedgang i SO₂-utslippet fra oljefyring i Oslo på ca 40%.

Beregningene er vist i tabell 3.2. Utslippsfaktorene for 1983 er beregnet på grunnlag av informasjon fra Norsk Petroleumsinstitutt om svovelinholdet i oljen som er solgt.

Tabell 3.1: SO₂-utslipp på grunn av forbruk av fyringsoljer.

Oljetype	Salg 1979.	Utslipps- faktor	SO ₂	Salg 1983-	Utslipps- faktor	SO ₂
	10 ³ .m ³	kg SO ₂ /m ³	tonn/år	m ³	kg SO ₂ /m ³	tonn/år
F. parafin	27.1	0.16	4.3	11.6	0.16	1.8
F. olje nr 1	103.2	8.3	856.5	60.0	6.6	396.2
F. olje nr 2	221.5	8.5	1882.5	140.9	7.65	1078.1
T. dest	68.0	12.6	856.4	41.4	12.6	521.7
T. olje LS	35.6	19.0	676.9	33.1	17.1	565.3
Totalt			4276.6			2563.1

Reduksjon av SO₂-utslipp fra oljefyring i Oslo (1979-1983)

$$\frac{(4276.6 - 2563.1) \cdot 100}{4276.6} = 40\%$$

SO₂-utslippene i Oslo i 1979 er gitt av Gram (1982). Vi mangler data for endringer av SO₂-utslippene fra Oslo havn, fra forbruk av fast brensel og Fornebu lufthavn og har funnet det akseptabelt å regne dette utslippet for uendret som vist i tabell 3.2. I samsvar med tallene i tabell 3.2 er SO₂ utslippet redusert med ca 34% fra 1979 til 1983 i Oslo.

Tabell 3.2: SO₂-utslipp i Oslo vinteren 1979 og vinteren 1983.

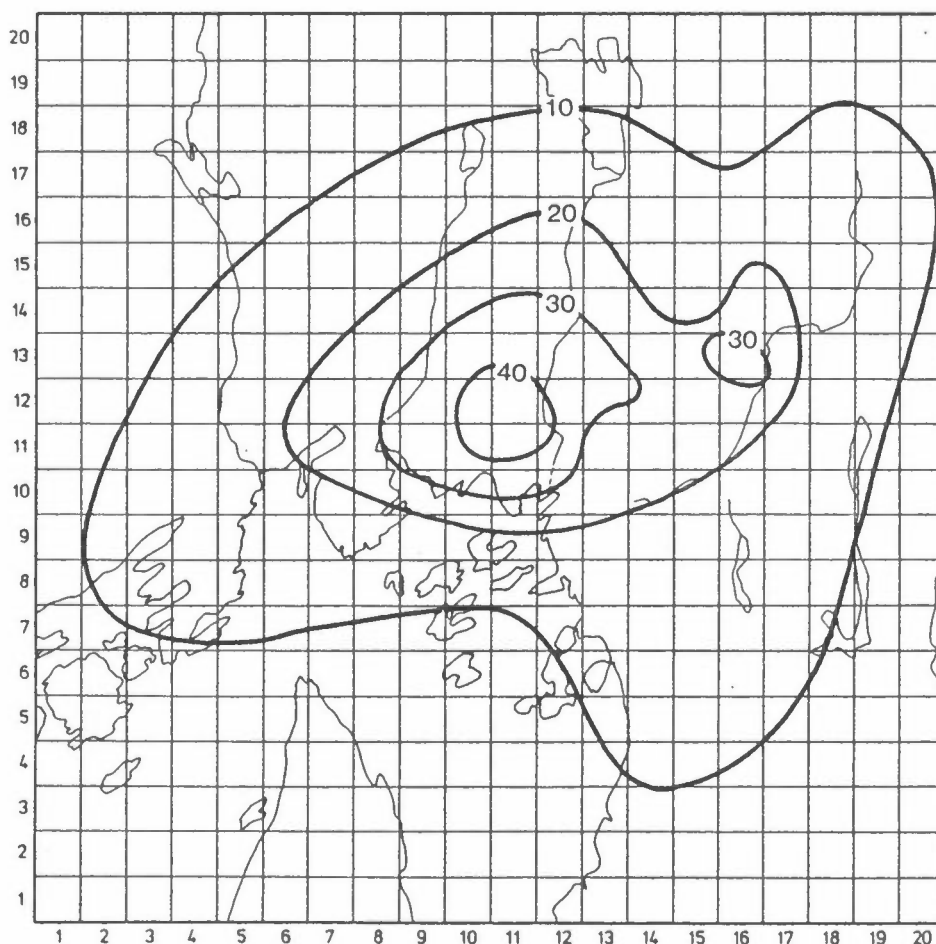
Kildegruppe	SO ₂ -1979* kg/time	Reduksjon %	SO ₂ -1983 kg/time
Oljefyring	522.1	40	313.3
Biltrafikk	38.3	0	38.3
Oslo havn	36.4	0	36.4
Fast brensel	28.7	0	28.7
Fornebu	14.9	0	14.9
Ø. Bærum	2.2	40	1.3
Enkeltkilder	106.8	40	64.1
Sum	749.5		497.0

*Tallene for SO₂-utslippene i 1979 er hentet fra tabellene 4.9 og 5.1 i utslippsoversikten Gram (1982).

Data fra bakgrunnstasjonene indikerer at det er rimelig å anta at bakgrunnskonsentrasjonene i Oslo er redusert fra 10 til $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette vil føre til konsentrasjonsfordelingen som vist i figur 3.2 når vi forutsetter at fordelingen av SO_2 -utslippet over Oslo er det samme som tidligere.

SO_2 -målinger fra fem stasjoner i Oslo viser at konsentrasjonene i Oslo er redusert med 50% eller mer fra vinteren 1979/80 til vinteren 1983/84.

Målte SO_2 -konsentrasjoner er vist i tabell 3.3 sammen med meteorologiske parametre. De meteorologiske målingene viser at middeltemperaturen på Blindern var høy de to siste vintrene, 1982/83 og 1983/84. Midlere vindhastighet var høyere enn normalt på Blindern vinteren 1983/84.



Figur 3.2: SO_2 -konsentrasjonen i Oslo i vinterhalvåret med SO_2 -utslipp som angitt for 1983 og normale spredningsforhold som er² benyttet i tidligere beregninger. Enhet: $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$.

Tabell 3.3: Målte SO₂-konsentrasjoner i Oslo. 6 måneders middelværdi og maksimal døgnavverdi i perioden 1979/80 til 1984. Enhet: µg SO₂/m³.

	Sagene brannstasjon		Briskeby brannstasjon		Bryn skole		St. Olavs plass 5		Heimdalsgt.		Meteorologiske parametre		
	Middel	Maks. døgn	Middel	Maks. døgn	Middel	Maks. døgn	Middel	Maks. døgn	Middel	Maks. døgn	Øindern		
											Temp. C	Vind (Ø) m/s	Nedbør mm
Vinter 1979/80	41	151	67	312	36	101	54	172			-2.6	1.7	310
Sommer 1980					21	49	26	64					
Vinter 1980/81	45	135	61	177	29	130	66	147	51	107	-1.4	1.7	310
Sommer 1981					10	63	21	74					
Vinter 1981/82	41	134	53	177	32	190	63	202	46	178	-2.3	1.6	393
Sommer 1982					10	69	17	60					
Vinter 1982/83	25	119	33	119	17	89	37	120	27	92	0.8	1.8	384
Sommer 1983					7	76	14	63					
Vinter 1983/84	22	73	26	79	14	42	27	90	23	66	-0.3	2.2	280
Sommer 1984					5	18	9	49					

Vi kan derfor regne med at spredningsforholdene var gode og at midlere forurensningskonsentrasjon var spesielt lav. Tidligere undersøkelser tyder på at halvårsmiddelkonsentrasjonen kan fluktuere ±15-20% omkring en middelværdi. Dette betyr at beregnede konsentrasjoner vist i figur 3.2 bør justeres for meteorologiske forhold.

I vinterperioder med dårlige spredningsforhold kan maksimalkonsentrasjonene være 35 og 50 µg/m³ høyere enn i perioder med gode spredningsforhold. Gode spredningsforhold er sannsynligvis årsaken til at observerte maksimalkonsentrasjoner er lavere enn observerte verdier vinteren 83/84.

Maksimalt døgnavverdi, beregnet på samme måte som tidligere, er vist i figur 3.5 når utslippene er som i 1983. Dersom reduksjonen i SO₂-utslippet vesentlig har foregått i de små fyringsanleggene, kan den reelle forbedringen i luftkvaliteten ved bakken bli bedre i episodene enn beregningene viste. Maksimalt målt døgnavverdi var 90 µg/m³ vinteren 1983/84. Figur 3.4 viser at de sterkeste inversjonene ikke forekom dette året.

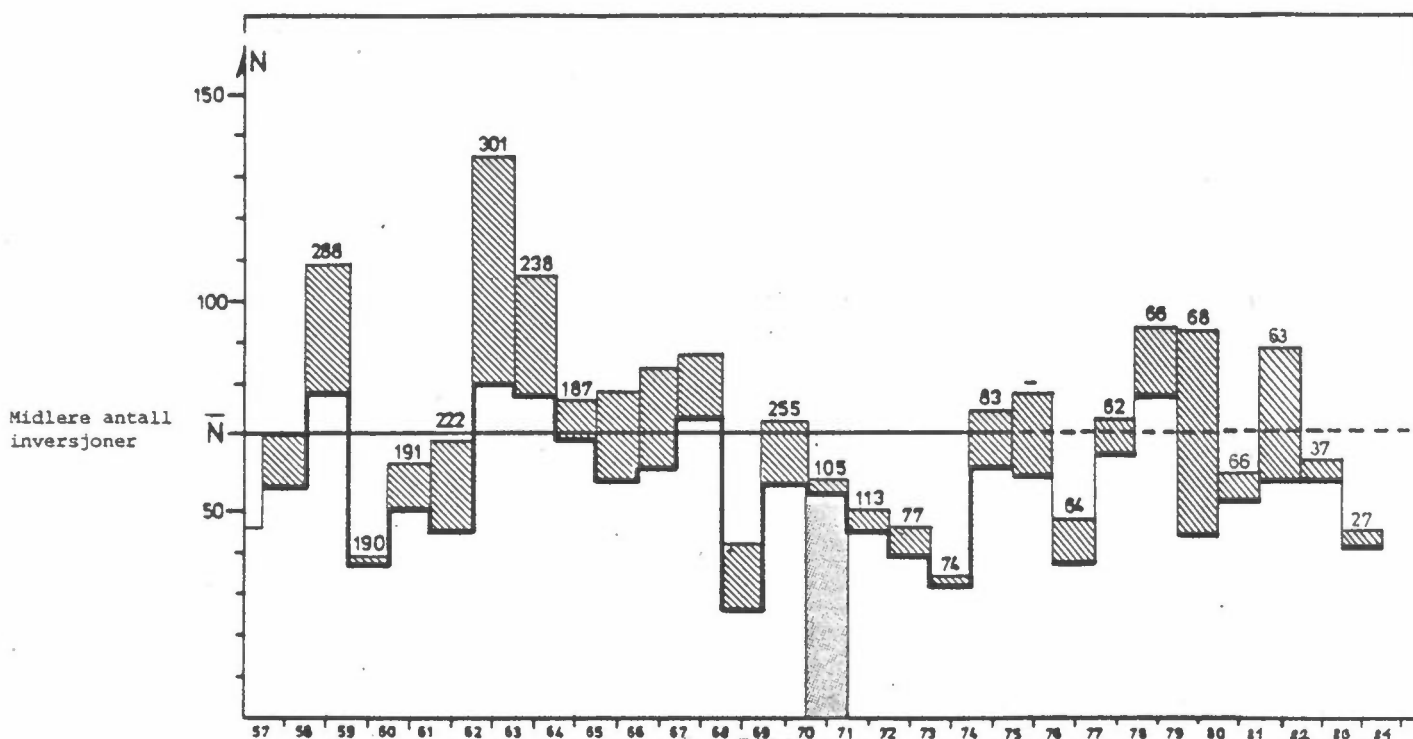
I episodemodellen må vi beskrive vertikalutvekslingen av forurensninger bedre dersom vi vil beskrive effekten av endringer i utslippshøyden. Dette arbeidet pågår, men vi kan ikke vente at det avsluttes innen prosjektets ramme.

Forurensningsepisodene karakteriseres av svak vind, bakkeinversjoner og av kaldluftstrømmer i dalene. Overvåking av luftforurensning fra fyringsanlegg og biltrafikk i Oslo viser at overskridelser av kortperiodiske grenseverdier (midlingstid på 1 time, 8 timer og 24 timer) vanligvis forekommer i slike episoder.

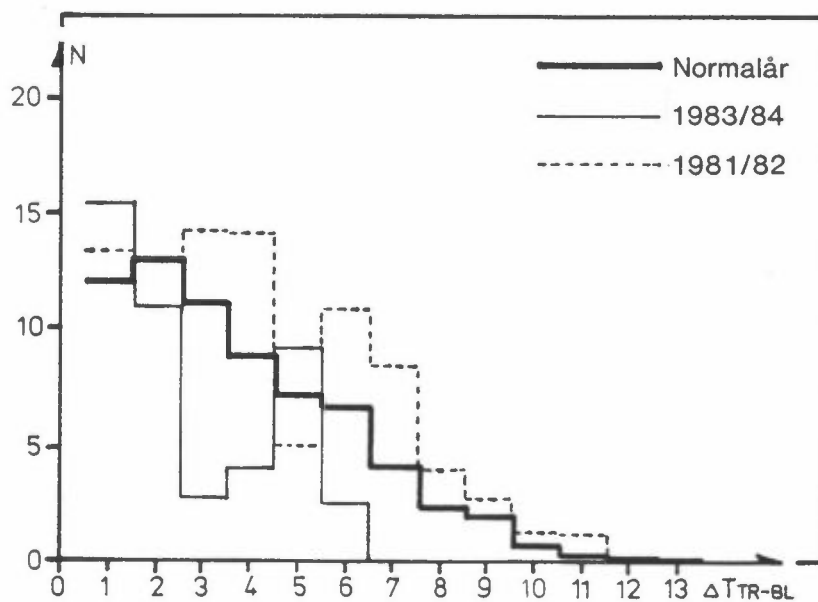
Frekvensen av episoder med dårlige spredningsforhold (antall inversjoner) er derfor vist i figur 3.3 for vintermånedene desember - februar for 27-års perioden 1957/58 - 1983/84. Histogrammet viser antall tilfeller med høyere temperatur på Tryvann enn på Blindern, basert på daglige observasjoner kl 07, kl 13 og kl 19. Den skraverte delen av diagrammet viser antall observasjoner når temperaturen på Tryvann er mer enn 5°C høyere enn på Blindern (sterk inversjon). For å se hvorledes forurensningskonsentrasjonen varierer med denne parameteren (antall inversjoner) er midlere SO_2 -konsentrasjon fra Oslo sentrum avsatt hvert år på figuren. Midlere antall inversjoner er avsatt ved en horisontal linje merket N (normalår).

I figur 3.4 er avsatt frekvensfordelingen av inversjonsstyrken for vintrene 1981/82 (dårlige spredningsforhold) og 1983/84 (gode spredningsforhold). Det midlere antall observasjoner i hver gruppe i 27-års perioden 1957/58 - 1979/80 er avsatt som tykk strek.

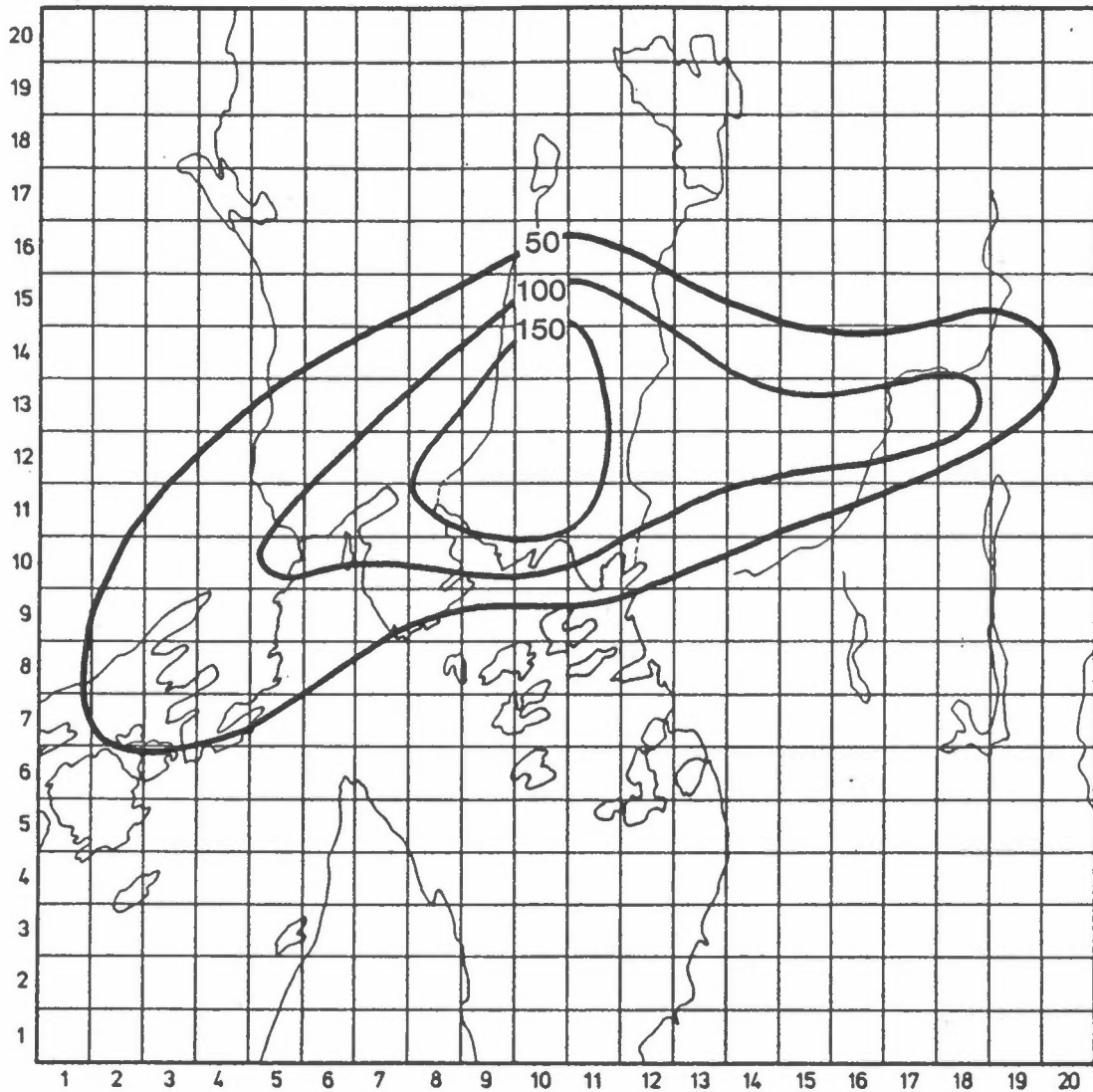
Figurene viser at antall inversjoner og antall sterke inversjoner var høyere enn vanlig vinteren 1981/82, lavere enn vanlig vinteren 1983/84. Forurensningene var sannsynligvis spesielt lave vinteren 1983/84.



Figur 3.3: Antall inversjoner (temperatur på Tryvann er høyere enn på Blindern) i vintermånedene desember, januar og februar. Antall sterke inversjoner (temperaturforskjellen er mer enn 5°C) er skravert på histogrammet. Over histogrammet er avsatt midlere SO_2 -konsentrasjon målt i Oslo sentrum i hvert vinterhalvår. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Meteorologiske data fra 1970-1971 (markert på figuren) er benyttet i våre spredningsberegninger.



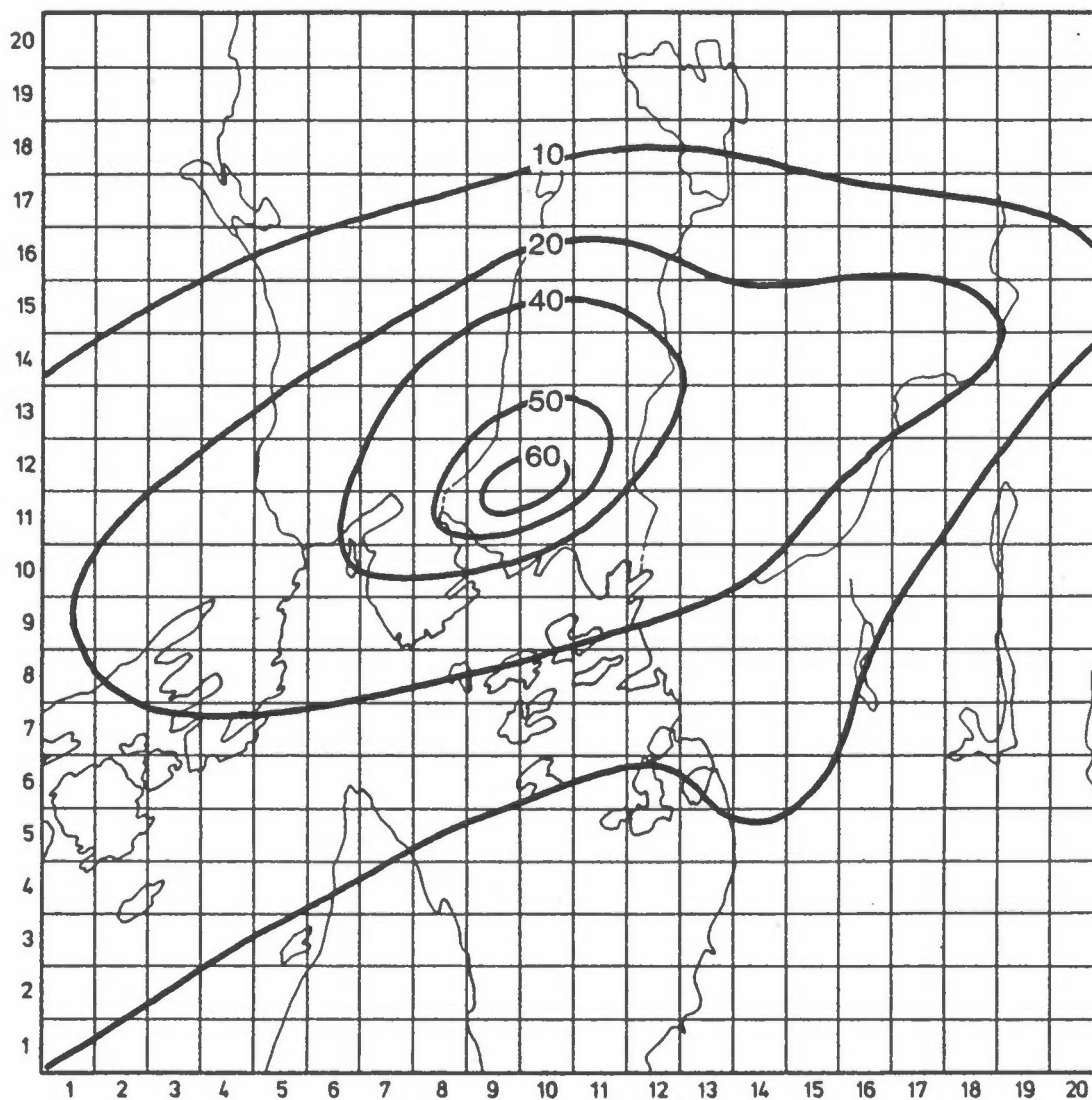
Figur 3.4: Antall inversjoner med ulik styrke for årene 1981/82 og 1983/84. Gjennomsnittlig antall i hver gruppe er avsatt.



Figur 3.5: Maksimal døgnerverdi for SO_2 i Oslo ved utslipp som registrert i 1983. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Eventuell endring i SO_2 -konsentrasjonen frem mot år 2000 er avhengig av gjennomføringen av fjernvarmeutbyggingen.

Det er sannsynlig at en fjernvarmeutbygging som planlagt i 1990 er ferdig i år 2000. For dette alternativet er beregninger utført for langtidsmiddelverdier av Gotaas og Gram (1984). Beregnede middelverdier i vinterhalvåret er vist i figur 3.6. I denne beregningen er det tatt utgangspunkt i forbruk av fyringsoljer som i 1979/80. Reduksjonen i forbruket som er observert i perioden 1980-1984 er ikke tatt med. Dersom denne reduksjonen er permanent vil den maksimale SO_2 -konsentrasjonen bli lavere enn $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 3.6: SO_2 -konsentrasjonen i vinterhalvåret i år 2000. Fordelingen sværer til data Gotaas og Gram (1984) har gitt for fjernvarmeutbygging i 1990.

Episoder med høye SO_2 -konsentrasjoner i år 2000 kan forekomme i begrensede områder.

Vanligvis vil en sentralisering av oljefyringsanleggene redusere bakkekonsentrasjonene av forurensninger betydelig særlig ved svak vind og sterk inversjon. Episodene vil derfor kunne deles i to:

1. Ved svak vind og inversjonsforhold vil konsentrasjonen på grunn av lave utslipp forårsake maksimale konsentrasjoner. Fordelingen vil belaste hele Oslo-området, men maksimal døgnverdi vil sannsynligvis være lavere enn $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Fjernvarmeanleggene bidrar lite til bakkekonsentrasjonen i disse situasjonene.
2. Ved sterk vind og god vertikalblanding vil punktkildene bidra i bakkenivå med maksimale konsentrasjoner nær rådgivende grenseverdier. Dette vil forekomme i begrensede områder som flytter seg med vind- og spredningsforhold. Vi forutsetter da at pipehøydene blir dimensjonert etter vanlige regler.

REFERANSER

- Gotaas, Y. og Gram, F. (1984) Endringer i luftforurensning i Oslo ved innføring av fjernvarme. Lillestrøm (NILU OR 11/84).
- Gram, F. (1982) Utslipp av luftforurensninger i Oslo-området 1979. Lillestrøm (NILU OR 10/82).
- Hanna, S.R. Description of ATDL Model for Dispersion from Multiple Sources. Industrial Air Pollution Control, AnnArbor Science Publishers Inc., 1973, pp. 23-32.
- Grønskei, K.E. (1973) Comparison between a physical dispersion model and a statistical model for ambient SO_2 -concentration in Oslo. In: International Clean Air Congress, 3. Düsseldorf 1973, Proceedings. Düsseldorf, VDI, 1973. pp. B3-B6.
- Grønskei, K.E. (1978) Regionale luftforurensninger fra veitrafikk i Oslo-området. Lillestrøm (NILU OR 25/78).
- Grønskei, K.E. og Gram, F. (1984) Befolkningseksponering for SO_2 og NO_x fra ulike kildegrupper i Oslo. Lillestrøm (NILU OR 18/84).
- Grønskei, K.E., Gram, F. og Larssen, S. (1982) Beregning av sprednings- og eksponeringsforhold for visse luftforurensningskomponenter i Oslo. Lillestrøm (NILU OR 8/82).
- Haugsbakk, I. (1983) Luftkvalitetsmålinger Rud/Hauger, Bærum kommune. Lillestrøm (NILU OR 43/83).

Schjoldager, J.(1974) PROGRAM KILDER. Beregning av spredning fra punktkilder og volumkilder. Lillestrøm (NILU TN 2/75).

Sivertsen, B.(1977) Application of the Norwegian Multiple Source Model "KILDER" to the data base from the Frankfurt Area. Lillestrøm (NILU TN 1/77).

Sivertsen, B.(1983) Estimation of diffuse hydrocarbon leakages from petrochemical factories. JAPCA, 33, 323-327.

**NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH**

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)

POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM (ELVEGT. 52), NORGE

RAPPORRTYPE Oppdragsrapport	RAPPORTRNR. OR 48/85	ISBN-82-7247-613-4	
DATO Februar 1985	ANSV. SIGN. <i>K.E. Grønkei</i>	ANT. SIDER 36	PRIS kr 30,00
TITTEL NO ₂ - og SO ₂ -eksponering i Oslo år 2000		PROSJEKTLEDER K.E. Grønkei	
		NILU PROSJEKT NR. 0-8443	
FORFATTER(E) K.E. Grønkei		TILGJENGELIGHET* A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens Forurensningstilsyn			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) spredningsberegning nitrogenoksider svoveldioksid			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer). Befolkningseksponeringen år 2000 er klarlagt ved spredningsberegninger. Middelkonsentrasjoner i vinterhalvåret og episodekonsentrasjoner er beregnet i km ² -ruter. For å beskrive overskridelser av grensverdier for NO ₂ på grunn av utslipp fra biltrafikken er det nødvendig å utføre spesielle beregninger ved sterkt trafikkerte gater.			

TITLE Population exposure to air pollution in Oslo, in the year 2000

ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines). The population exposure is clarified by dispersion calculations. Average concentration in winter and episode concentrations is calculated in each square kilometer. In order to describe exposure to concentrations above air quality standards for NO₂ because of emission from car traffic it will be necessary to perform detailed calculation close to streets with high traffic.

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