

NILU: OR 60/2002
REFERANSE: O-100090
DATO: JANUAR 2003
ISBN: 82-425-1409-7

Konsentrasjoner av SO₂, NO_x, partikler og bly i Oslo 1973-1998

**Samarbeidsprosjekt om
luftforurensning og helse i Oslo**

Frederick Gram og Knut Erik Grønskei

Innhold

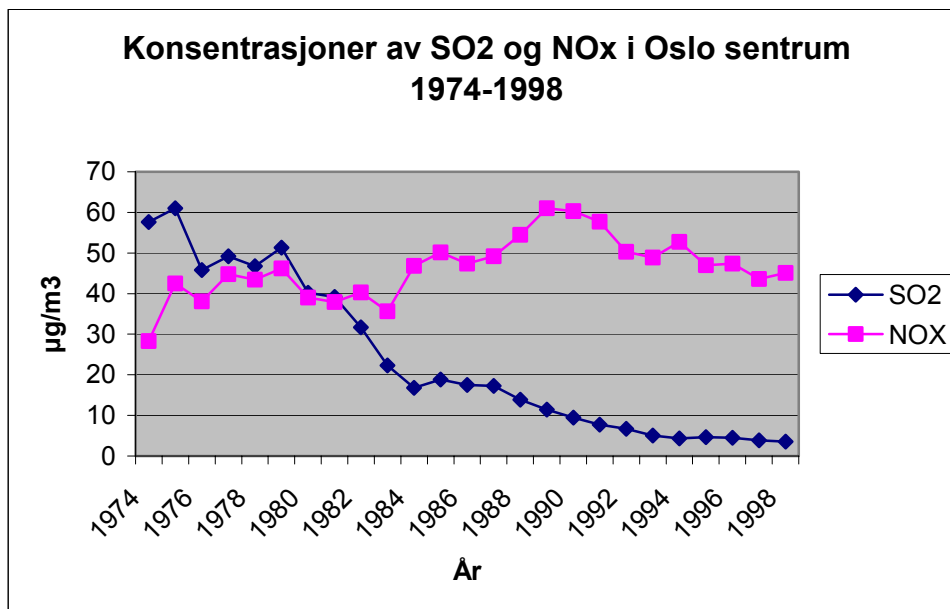
	Side
Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Måleserier	6
3 Beregningene for 1979 og 1995	8
3.1 Beregningene for 1979	8
3.2 Beregningene for 1995	11
4 Andre beregninger av utslippsfelter (SO₂ for 1 kv 1970, tiltaks-analysen 1985)	12
4.1 Beregninger for 1970.....	12
4.2 Tiltaksanalysen 1985	14
4.3 NO _x NO _x -modellberegningene 1991/92.....	14
5 Graddager	16
6 Sommer/vinter	17
7 Beregning av årsutslipp	17
7.1 Utslipp fra biltrafikk	18
7.2 Utslipp fra fyring	20
8 Beregninger av SO₂-felter	24
9 Spredningsfelter	27
10 Beregninger av NO_x-felter	29
11 Beregninger av støv-felter og Pb-felter	30
12 Tilleggsberegninger	31
12.1 Konsentrasjoner utenom Oslo.....	31
12.2 Beregning av tilleggsbidrag for trafikkerte gater i Oslo.....	32
13 Referanser	32
Vedlegg A Målinger av SO₂ og sot i sentrale Oslo	35
Vedlegg B Målinger av sot, PM₁₀ og bly i Oslo	39
Vedlegg C Målinger av NO_x og NO₂ i sentrale Oslo Error! Bookmark not defined.	
Vedlegg D Forurensningskonsentrasjoner i Norge 1973-1998	47
Vedlegg E Tilleggs-konsentrasjoner ved sterkt trafikkerte gater i Oslo 1973-1998	53

Sammendrag

Folkehelsa har fått økonomisk støtte fra Kreftforeningen og Norges forskningsråd til et prosjekt som går ut på å studere sammenhengen mellom luftforurensning, kreft og dødelighet i en kohort av 16 000 Oslo-menn som er fulgt fra 1972/73 til 1998. NILU har bidratt til prosjektet med å beregne årlige forurensningsfelter av SO₂, NO_x, partikler og bly i Oslo. Disse er så er benyttet til å beregne forurensningsnivåene og eksponeringen på boligadressene til deltakerne.

Alle beregningene er gjort for et rutenett med 22 x 18 km²-ruter, hvor Oslo sentrum er i ruten (11,11). Beregningene av forurensningene er basert på detaljerte beregninger av konsentrasjonsbidraget fra fyring og trafikk i Oslo for årene 1979 og 1995. Resultatene fra disse er ekstrapolert etter målte SO₂-konsentrasjoner i Oslo sentrum til årskonsentrasjonsfelter av SO₂ for årene 1974-1998. For de andre komponentene er det beregnet konsentrasjonsfelter på grunnlag av årlige forbruks- og utslippstall, sammen med målte tidsserier for noen komponenter på noen steder i Oslo.

Figuren viser utviklingen i årsmiddelkonsentrasjonene i Oslo sentrum 1974-1998. SO₂-konsentrasjonene har gått drastisk ned, mens NO_x-konsentrasjonene har holdt seg på samme nivå. Bidraget fra fyring har gått ned, mens trafikkbidraget har økt. For de senere årene har innføringen av katalysator på bensinbiler demmet litt opp for trafikkveksten.



Figur A: Utviklingen i årsmiddelkonsentrasjonene i Oslo sentrum 1974-1998.

For de som har vært bosatt i kortere eller lengre tid utenom selve beregningsområdet er det anslått konsentrasjoner for ialt 20 regioner i Norge for 1973, og disse er så pålagt en tidsutviklingsfaktor som gjelder for hele landet. Anslaget er basert på subjektive

vurderinger av noen målte verdier fra noen steder, samt en vurdering av forurensningssituasjonen i norske byer og tettsteder som NILU gjorde i 1983, mens tidsutviklingen følger endringene i utslippet av hver enkelt komponent. Vedlegg D beskriver metodikken.

For de som har vært bosatt ved sterkt trafikkerte gater i Oslo (ÅDT >10 000) er det beregnet et tilleggsbidrag til rutekonsentrasjonene. Gatene er delt i tre klasser etter trafikken, og enkelte av gatene har skiftet klasse i løpet av beregningsperioden. Vedlegg C beskriver beregningene av gate-tillegget.

Konsentrasjoner av SO₂, NO_x, partikler og bly i Oslo 1973-1998

Samarbeidsprosjekt om luftforurensning og helse i Oslo

1 Innledning

Folkehelsa har fått økonomisk støtte fra Kreftforeningen og Norges forskningsråd til et prosjekt som går ut på å studere sammenhengen mellom luftforurensning, kreft og dødelighet i en kohort av 16 000 Oslo-menn som er fulgt fra 1972/73 til 1998. NILU har bidratt til prosjektet med årlige forurensningsfelter som så er benyttet til å beregne forurensningsnivåene på boligadressene til deltakerne. Dette har gjort det mulig å studere betydningen av forurensningsnivå på deltakernes bosted på 1970- og 1980-tallet for risikoen for kreft, hjerte-karsykdommer og dødelighet. Med tidligere innsamlet informasjon kan en kontrollere for forstyrrende faktorer som bl.a. røyking.

Per Nafstad ved Folkehelsa har vært prosjektleder, Lise Lund Håheim ved Livsforsikringsselskapenes institutt for medisinsk statistikk (LIMSI) har stått for den statistiske behandlingen av helsedataene, mens Frederick Gram ved NILU har utført konsentrasjonsberegningene.

Bakgrunnen for beregningene er i utgangspunktet meget spinkelt, men 30 års erfaring i beregninger av forurensninger i Oslo-området kommer nå til nytte. I utgangspunktet skulle man **hvert** år ha samlet inn data for:

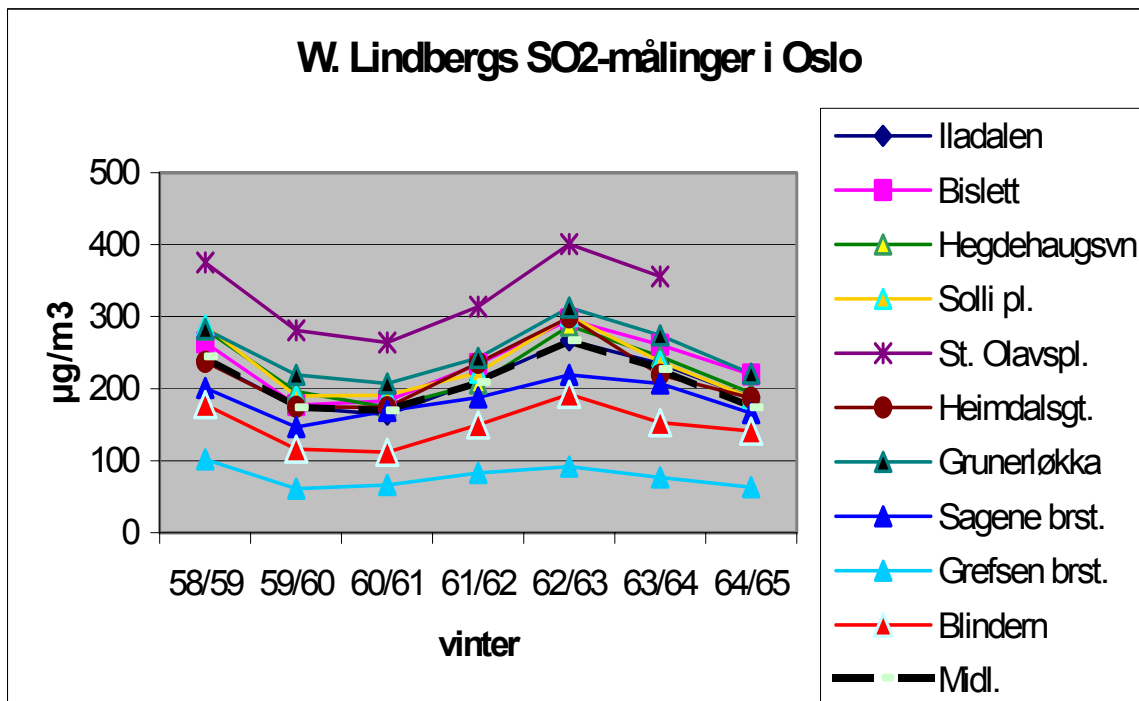
- forbruk-, trafikk- og utslippsfelter
- tidsvariasjoner for utslippene (måned, time, temperatur)
- vind og stabilitet en rekke steder i Oslo-området, noe som danner grunnlaget for vurderinger av spredningsforholdene
- konsentrasjonsmålinger, som en kontroll av beregningene

Dette har man ganske enkelt ikke. Men det har i årenes løp vært utført mange prosjekter i Oslo der det har vært samlet inn detaljerte data over en kortere periode, og dette blir benyttet her. Beregningene av forurensningene er basert på detaljerte beregninger for årene 1979 og 1995, og disse er så ekstrapolert på forskjellige måter med målte tidsserier for noen steder og noen komponenter samt med forbruks- og utslippstall. Siden resultatene av disse beregningene skal benyttes til å studere statistiske sammenhenger mellom luftforurensninger og helse, har det vært lagt stor vekt på at utslipps- og konsentrasjonsberegningene skal være mest mulig uavhengige, i den grad dette er mulig. Det har også vært viktig at det har vært benyttet samme metodikk for hele tidsserien, slik at en kan unngå metodiske endringer.

Alle beregningene er gjort for et rutenett med 22 x 18 km²-ruter, hvor Oslo sentrum er i ruten (11,11).

2 Måleserier

De første målinger av luftforurensninger i Oslo ble utført av Walter Lindberg i perioden 1956-1966. Han gjorde bl.a. målinger av døgnmiddelkonsentrasjoner av SO₂ og røykpartikler (sot) på 11 steder i Oslo-området, og studerte korrelasjoner mellom luftforurensninger og dødelighet i Oslo. Figur 1 viser et plott av Lindbergs vintermiddelverdier for perioden 1958/59 til 1964/65 (Lindberg, 1968). Vintermiddelverdien for St. Olavs plass for 1964/65 kan ut fra sammenhenger i andre år anslås til ca. 283 µg/m³. I perioden 1965-69 ble det ikke målt SO₂ i Oslo. I 1970 gjorde M. J. Thyvold beregninger av SO₂-utslippet i Oslo (Joranger et al., 1970), og disse kan tyde på at en vinteren 1967/68 kunne ha kommet opp i en vinterkonsentrasjon av SO₂ i sentrum på nærmere 500 µg/m³. På 1970-tallet kom de første restriksjonene på bruk av svovelholdig fyringsolje i Oslo, og konsentrasjonene har sunket drastisk i forhold til 60-årene.

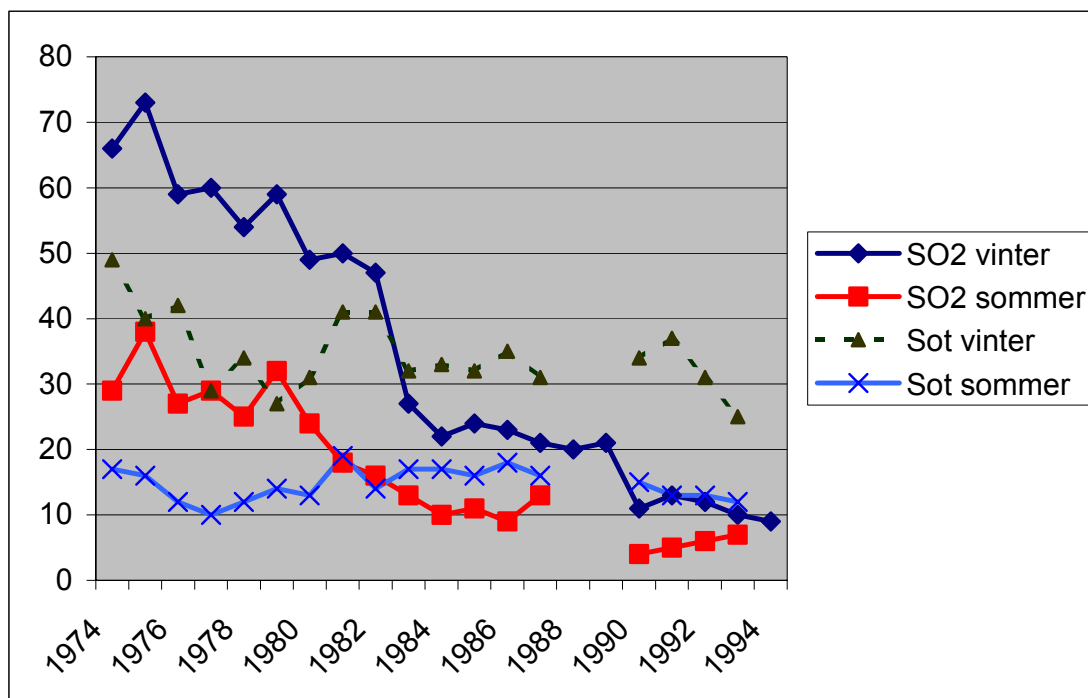


Figur 1: SO₂-konsentrasjoner i Oslo vintrene 1958-65 (Lindberg, 1968). Enhet: µg/m³.

Oslo Helseråd, Oljeselskapenes miljøvernvalg og etter hvert NILU foretok målinger av SO₂ og støv på tilsammen 13 steder i Oslo vinteren 1969/70, men bare Oslo Helseråds stasjoner på St Olavs plass, Bryn og Nyland gikk uten vesentlige avbrudd. Vinteren 1970/71 ble det også målt timeverdier flere steder (Grønseth et al., 1973). Senere har NILU i samarbeid med Oslo Helseråd og på oppdrag fra Statens Forurensningstilsyn utført forurensningsmålinger forskjellige steder i Oslo. Til å begynne med ble det målt døgnmiddelkonsentrasjoner i vinterhalvåret, for noen steder også i sommerhalvåret, men etter hvert som måleverdiene sank ble måleprogrammene endret noe. Vi har derfor svært hullete måleserier å holde oss til. Antall stasjoner har variert sterkt, men vi har prøvd å se på lengre dataserier. I perioden 1974-1994 ble det

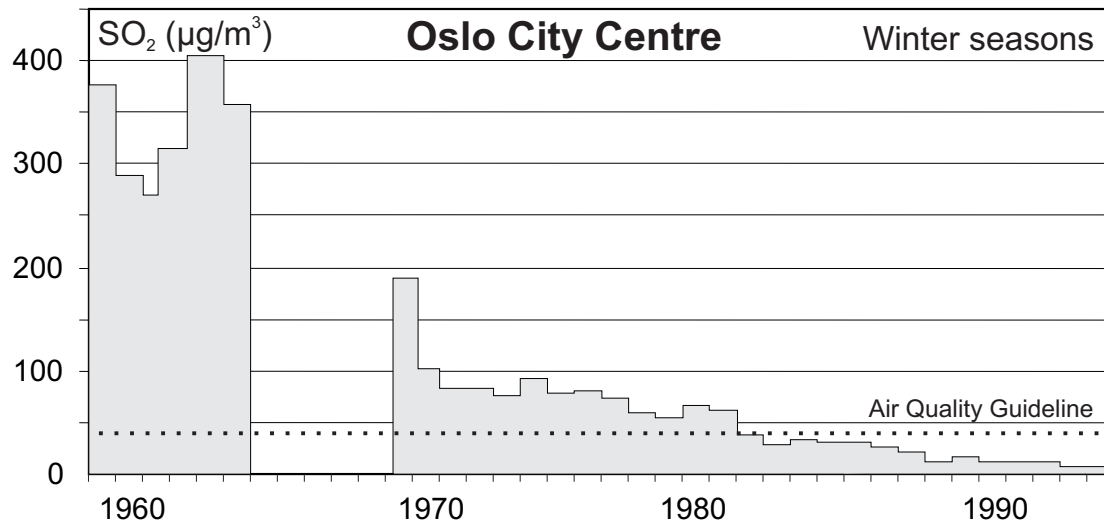
målt SO₂ og sot på 5 stasjoner i sentrale Oslo, som vist i Vedlegg A. Figur 2 viser et plott av vinter- og sommermiddelverdiene av SO₂ og sot for sentrumsstasjonene. I løpet av disse årene har analysemetodikken endret seg noe, til å begynne med ble SO₂-konsentrasjonene bestemt våtkjemisk, etter hvert har monitorer overtatt.

Målingene av sot/partikler har også endret karakter. På 1970-tallet hadde en sot fra fyring med kull og tungolje som ble bestemt ut fra måling av svertning på filtre. Etter hvert har partikkelutslipp fra biltrafikk (diesel) og veidekkslitasje overtatt som viktigste partikkelkilde, og måles som PM₁₀ (partikler mindre enn 10 µm). Vedlegg B viser vinter- og sommermiddelkonsentrasjoner av PM₁₀ og bly i Oslo sentrum.



Figur 2: Middelkonsentrasjoner av SO₂ og sot i Oslo sentrum 1974-1994.
Enhet: µg/m³.

Figur 3 viser et annet plott med vintermiddelverdier av SO₂ i Oslo sentrum (Larssen og Hagen, 1998).



Figur 3: Vintermiddelkonsentrasjoner av SO₂ i Oslo sentrum 1958-1995. Den norske grenseverdien for anbefalt luftkvalitet er angitt. (Larssen og Hagen, 1998).

De første målingene av NO_x ble foretatt vinteren 1980/81 med St. Olavsgt. som en trafikkstasjon og i Nordahl Brunsgt. som en referanse/bakgrunnsstasjon. Fra oktober 1987 ble det også målt NO₂. Etter en brann i 1990 ble stasjonen St. Olavsgt. flyttet til Pilestredet, hvor den gikk til oktober 1993. Vedlegg C viser vinter- og sommermiddelkonsentrasjoner av NO_x og NO₂ i Oslo sentrum.

3 Beregningene for 1979 og 1995

3.1 Beregningene for 1979

I 1979 ble det laget en utslippsoversikt for Oslo-området basert på detaljerte forbrukstall og data fra trafikktegninger (Gram, 1982). Forbruket av fyringsoljer og trafikkarbeidet (bil-km) ble fordelt på km²-ruter, og utslippene beregnet ved bruk av forskjellige utslippsfaktorer. Tabell 1 viser endel samletall fra utslippsoversikten. For fyring er utslippet delt i vinter-utslipp og sommer-utslipp, mens for trafikk og noen andre kildegrupper er det regnet med et jevnt utslipp over hele året. Vinterutslippet fra fyring er beregnet ut fra fordelingen av månedvis fyringsoljesalg for perioden 15. oktober til 15. april. Utslippet fra trafikken er noe større om vinteren enn om sommeren, p.g.a at det ble regnet med et høyere drivstofforbruk når det er kaldt. I rapporten 10/82 ble det presentert tilsvarende utslippsfelter, disse er punchet påny og benyttet ved konsentrasjonsberegningene. Partikkelutslippet fra biltrafikken ble ikke beregnet direkte, men ble avledet fra sammenhengen med CO-utslippet:

$$Q_{\text{sof}}/Q_{\text{CO}} = 0.0215.$$

Tabell 1: Utslipp av luftforurensninger i Oslo-området 1979. Enhet: kg/h.

Kilde	SO ₂	Partikler	NO _x	Bly
Oljefyring, vinter	522.1	108.3	293.5	
Oljefyring, sommer	316.8	59.8	164.4	
Enkeltkilder vinter	106.8	38.5	60.4	0.7
Enkeltkilder sommer	49.0	27.6	28.1	0.7
Fast brensel, vinter	28.7	89.0	11.7	
Fornebu, vinter	14.9	3.7	17.2	
Fornebu, sommer	5.0	1.6	11.5	
Oslo havn, hele året	36.4	3.9	10.7	0
Bensindistr., hele året				0.06
Bensinbiler, vinter	10.9	135.5	305.4	7.62
Bensinbiler, sommer	9.9	114.6	297.3	6.89
Diesel, hele året	27.4	3.0	85.5	
Trafikk Ø. Bærum	2.2	8.8	1.1	
Utslipp vinter	749.4	390.7	785.5	8.38
Utslipp sommer	446.7	219.3	598.6	7.65
Utslipp vinter %	62.65	64.05	56.75	52.28
Utslipp sommer %	37.35	35.95	43.25	47.72

Langtidsmiddelkonsentrasjonene av SO₂ er beregnet ved at utslippene fra henholdsvis fyring og trafikk er slått sammen til felter som inngår i programmet AREA-KILDER (Gram, 1996) sammen med frekvensmatrisen for meteorologi vist i Figur 4. Figuren viser frekvensen av vind og stabilitet i 4 vindstyrkeklasser (0-2, 2-4, 4-6 og over 6 m/s), 4 stabilitetsklasser og 12 30 graders vindsektorer. For trafikkutslippet er det benyttet en midlere utslippshøyde på 1 m, mens fyringsutslippet slippes ut i takhøyde (varierer over området).

	1.0 m/s				3.2 m/s				4.9 m/s				7.1 m/s			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30	0.3	2.0	0.3	0.1	0.7	3.1	0.1	0.0	0.4	1.9	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
60	0.7	6.5	5.0	5.9	3.1	8.2	1.6	0.9	0.8	1.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
90	0.3	3.6	4.3	5.0	0.5	0.6	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
120	0.2	0.9	0.9	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	0.1	2.2	0.6	0.7	0.3	0.6	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180	0.5	2.8	0.5	0.3	0.5	2.0	0.1	0.0	0.8	2.4	0.1	0.0	0.7	1.5	0.0	0.1
210	0.4	2.5	0.7	0.4	0.3	1.8	0.2	0.0	0.2	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
240	0.2	1.6	1.3	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
270	0.1	0.5	0.9	0.4	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
330	0.0	0.4	0.1	0.0	0.3	0.8	0.1	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0
360	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.7	0.1	0.0	0.3	1.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
stille	0.2	0.5	0.2	0.1												

Figur 4: Standard frekvensmatrise for vind, stabilitet og vindretning i Oslo. Figuren viser hvor stor prosent av tiden det har blåst fra en vindsektor for forskjellige vindstyrkeklasser (0-2 m/s, 2-4 m/s, 4-6 m/s og over 6 m/s) og for forskjellige stabilitetsklasser: 1: Ustabil, 2: Nøytral, 3: Lett stabil, 4: Stabil.

Data for utslippet fra punktkildene ble brukt sammen med frekvensmatrisen i programmet POINT-KILDER (Gram, 1996). Konsentrasjonsbidragene fra fyring og punktkilder ble summert til et fyringsfelt, som sammen med trafikkfeltet og en

bakgrunnsverdi gav totalfeltet for SO₂. Det ble regnet med en konstant bakgrunnsverdi på 1.5 µg/m³ i alle ruter fra kilder utenom beregningsområdet, vesentlig fra langtransport. Figur 5 viser konsentrasjonsfeltet for SO₂ for vinteren 1979. Feltet har en maksimalverdi på 68.14 µg/m³ i ruten (10,11), merket i **halvfet**.

```

MAP OF : SO2                UNIT: UG/M3                SOURCE: ALLE 79
PERIOD : VINTER-MIDDEL     PLACE: OSLO                GRID SIZE: 1000 METER
CREATED: 2000/10/06 16.21  FILE: SUM-SO2-79.PRN

      MAXIMUM VALUE IS  6.8142E+01, IN (10,11)
              SUM= 4.32323E+03    SCALE FACTOR: .01

      1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22
J=18  393. 411. 431. 454. 501. 521. 518. 526. 572. 612. 641. 655. 640. 599. 572. 528. 540. 540. 539. 473. 393. 346.
J=17  490. 519. 535. 561. 618. 626. 638. 664. 757. 828. 890. 919. 856. 766. 697. 677. 842. 861. 711. 544. 423. 360.
J=16  605. 649. 706. 777. 842. 867. 931. 984.1130.1326.1465.1397.1156. 981. 931. 981.1114.1022. 908. 642. 470. 365.
J=15  793. 867. 934.1026.1104.1221.1423.1570.2170.2511.2241.1977.1678.1498.1635.1669.1517.1393.1239. 847. 463. 360.
J=14  997.1149.1333.1389.1470.1695.1913.2293.3069.2952.2794.2701.2498.2461.2329.1850.1741.1476.1117. 579. 409. 346.
J=13  1271.1507.1589.1571.1826.2063.2400.2997.3766.3842.4000.3592.2932.2619.2370.2066.1634.1173. 703. 429. 365. 327.
J=12  1440.1675.1763.1969.2301.2731.2963.3566.4530.5002.4845.3494.2873.2584.2311.1547.1372. 947. 484. 375. 337. 308.
J=11  1547.1693.1852.2101.2545.3102.3139.3937.5693.6814.5088.3129.2565.2378.1608.1222. 968. 488. 395. 339. 312. 291.
J=10  1575.1739.1917.2111.2237.2228.2550.3517.4501.4678.3701.2435.2382.1795.1189. 998. 708. 491. 350. 312. 288. 274.
J= 9  1558.1663.1774.1854.1733.1734.1793.2422.2442.2357.1558.1604.1440.1203.1073.1127. 857. 426. 318. 288. 271. 258.
J= 8  1457.1517.1632.1584.1441.1411.1378.1407.1358.1109.1076. 974. 973. 953. 784. 893. 485. 351. 278. 260. 249. 240.
J= 7  1294.1351.1363.1320.1226.1056.1030. 922. 868. 835. 768. 748. 792. 803. 817. 780. 506. 303. 255. 240. 228. 221.
J= 6  1151.1150.1128.1075.1005. 906. 766. 740. 683. 619. 597. 650. 735. 908. 877. 634. 309. 258. 237. 227. 219. 213.
J= 5  990. 989. 963. 891. 788. 727. 671. 608. 555. 517. 506. 545. 651. 728. 534. 322. 252. 230. 220. 215. 210. 206.
J= 4  866. 832. 787. 719. 648. 601. 565. 508. 478. 448. 448. 481. 569. 512. 349. 256. 221. 210. 207. 205. 202. 198.
J= 3  737. 699. 638. 582. 547. 510. 471. 440. 408. 389. 396. 414. 406. 318. 257. 221. 204. 199. 198. 196. 194. 192.
J= 2  614. 569. 524. 493. 465. 433. 408. 381. 359. 346. 330. 319. 282. 276. 264. 211. 199. 192. 190. 189. 188. 187.
J= 1  498. 465. 442. 421. 394. 383. 357. 338. 314. 297. 286. 281. 268. 262. 207. 200. 188. 186. 183. 183. 183. 182.

      1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22

```

Figur 5: Konsentrasjonsfelt for SO₂ for vinteren 1979. Enhet: 0.01 µg SO₂/m³.
Maksimum av feltet er i rute (10,11) med 68.14 µg SO₂/m³.

Konsentrasjonsbidraget (summen av konsentrasjonene i alle rutene i feltet) fra de enkelte feltene var:

TRAFIKK	Sum= 224.22 µg SO ₂ /m ³
FYRING	Sum= 3 191.41 µg SO ₂ /m ³
PUNKTKILDER	Sum= 313.61 µg SO ₂ /m ³
Bakgrunnsverdi	Sum= 594.00 µg SO ₂ /m ³
	<u>Sum= 4 323.23 µg SO₂/m³</u>

I 1979 var det utslippet fra fyring som gav det overlegent største konsentrasjonsbidraget. I tillegg gav bakgrunnsverdien på $1.5 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ et visst bidrag til totalen.

3.2 Beregningene for 1995

For 1995 ble det laget en tilsvarende utslippsoversikt, og det ble også beregnet felter med bidraget fra trafikk, fyring og punktkilder. Beregningene av utslippet fra biltrafikken ble basert på oppskrevne trafikktall og nye utslippsfaktorer i henhold til programmet VLUFT 3.1 (Torp et al., 1995). Statistisk Sentralbyrå har gitt tall for årsutslippet fra fyring etc. innen hver grunnkrets, og dette er fordelt på rutenettet via AirQUIS-systemet. For å beregne utslippet i vintersesongen ble det benyttet tall for månedsvise oljeforbruk vinteren 1970, og det er antatt at fordelingen på vinter- og sommersesongen er rimelig riktig. Beregningene ble utført med samme frekvensmatrise for meteorologi som vist i Figur 4. Tabell 2 viser et sammendrag av utslippsberegningene.

Tabell 2: *Utslipp fra forskjellige kildegrupper i Oslo vinteren 1995. Enhet: kg/h. Kilde: SSB og NILU.*

Kilde	SO ₂	NO _x	NO ₂
Vedfyring, vinter	4.40	8.56	0.85
Oppvarming vinter	14.20	18.21	1.82
Industri, vinter	3.56	4.78	0.48
Primær, vinter	11.23	18.55	1.86
Punkt, vinter	2.58	5.74	0.57
Trafikk, vinter	12.26	859.54	87.55
Utslipp vinter	48.24	915.37	93.13

Figur 6 viser det totale konsentrasjonsfeltet for SO₂ for vinteren 1995. Konsentrasjonsbidraget fra de enkelte feltene var:

TRAFIKK	Sum=	132.89	$\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$
FYRING	Sum=	201.00	$\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$
PUNKTKILDER	Sum=	40.63	$\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$
Bakgrunnsverdi	Sum=	396.00	$\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$
	Sum=	<u>770.51</u>	<u>$\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$</u>

Ser vi bort fra bakgrunnsbidraget, så er SO₂-konsentrasjonene redusert til en tiendedel fra 1979 til 1995. I 1995 var det en bakgrunnsverdi på $1.0 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ som gav det største konsentrasjonsbidraget, mens fyringsbidraget nå er nesten borte. Dette skyldes i første rekke nedleggelsen av industrien i Nydalen (bl.a. Christiania Spigerverk) og i Lodalen (bl.a. Kværner), fjernvarmeutbyggingen i store deler av det sentrale Oslo og Groruddalen, samt restriksjonene på bruk av tunge fyringsoljer i Oslo.

MAP OF : SO2 UNIT: UG/M3 SOURCE: ALLE 95
PERIOD : VINTER-MIDDEL PLACE: OSLO GRID SIZE: 1000 METER
CREATED: 2000/09/26 15.47 FILE: SUM-SO2-95.PRN

MAXIMUM VALUE IS 6.8643E+00, IN (10,10)
SUM= 7.70511E+02 SCALE FACTOR: 1.0E-03

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
J=18	1219.1242.1263.1285.1317.1336.1339.1342.1368.1392.1415.1417.1406.1374.1362.1345.1359.1354.1334.1330.1293.1211.																					
J=17	1278.1307.1339.1380.1431.1441.1439.1445.1482.1534.1569.1593.1559.1482.1458.1450.1589.1593.1500.1466.1326.1238.																					
J=16	1382.1427.1470.1560.1637.1649.1641.1655.1752.1896.1965.1950.1816.1630.1590.1631.1835.1784.1670.1522.1394.1277.																					
J=15	1536.1612.1703.1862.1933.1925.1945.2048.2271.2458.2517.2437.2162.1938.1846.1928.2089.1963.1745.1620.1502.1350.																					
J=14	1746.1913.2073.2172.2171.2251.2359.2545.2749.2939.3147.3117.2728.2347.2111.2163.2142.1951.1816.1712.1556.1313.																					
J=13	1994.2193.2249.2278.2356.2536.2760.3045.3565.3998.4277.3999.3341.2704.2382.2308.2169.1905.1617.1465.1373.1265.																					
J=12	2260.2378.2454.2613.2856.3099.3114.3713.4658.5166.5204.4654.3749.3181.2684.2274.1918.1563.1373.1294.1277.1195.																					
J=11	2396.2542.2718.3104.3477.3574.3568.4415.5589.6759.6797.4976.3831.3188.2458.1997.1660.1419.1276.1225.1195.1156.																					
J=10	2444.2618.2883.3165.3165.3105.3509.4633.5851.6864.6049.4348.3371.2557.2067.1784.1528.1327.1231.1190.1163.1141.																					
J= 9	2501.2627.2695.2709.2664.2856.3156.3990.4503.4707.3674.2981.2361.2170.1881.1700.1463.1281.1203.1169.1148.1131.																					
J= 8	2337.2392.2479.2516.2528.2606.2734.2963.3019.2729.2638.2262.2015.1938.1711.1600.1381.1248.1177.1152.1132.1113.																					
J= 7	2159.2211.2291.2339.2381.2255.2281.2235.2041.2141.2085.1967.1896.1807.1665.1661.1442.1210.1150.1132.1110.1099.																					
J= 6	2061.2094.2126.2153.2096.2041.1901.1773.1757.1711.1672.1725.1699.1735.1663.1568.1272.1170.1134.1106.1095.1085.																					
J= 5	1934.1970.2000.1941.1869.1812.1703.1602.1525.1471.1480.1513.1577.1626.1510.1373.1213.1141.1104.1094.1086.1078.																					
J= 4	1835.1850.1807.1758.1686.1600.1574.1474.1443.1418.1419.1407.1475.1425.1343.1222.1162.1103.1090.1084.1077.1063.																					
J= 3	1738.1696.1651.1584.1504.1498.1432.1385.1364.1343.1349.1380.1385.1340.1354.1295.1150.1090.1073.1066.1061.1057.																					
J= 2	1599.1564.1507.1428.1413.1372.1337.1322.1302.1284.1285.1313.1301.1309.1402.1219.1147.1084.1065.1059.1055.1052.																					
J= 1	1488.1436.1366.1352.1310.1297.1284.1268.1241.1236.1293.1344.1348.1343.1209.1201.1126.1085.1055.1047.1044.1041.																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Figur 6: Konsentrasjonsfelt for SO₂ for vinteren 1995. Enhet: 0.001 µg SO₂/m³.
Maksimum av feltet er i rute (10,10) med 6.86 µg SO₂/m³.

4 Andre beregninger av utslippsfelter (SO₂ for 1 kv 1970, tiltaksanalysen 1985)

4.1 Beregninger for 1970

Etter W. Lindbergs målinger av SO₂ og sot i 1956/66 fikk NILU som ett av sine første større prosjekter vinteren 1969/70 i oppdrag av Oljeselskapenes miljøvernutvalg å ta opp luftforurensningsforholdene i Oslo til fornyet undersøkelse. Målenettet som er nevnt tidligere ble vurdert, og oljeforbruket ble kartlagt i detalj. Tidlig i kartleggingen ble en klar over at oljeselskapenes statistikk var rettet mot andre interesser enn miljøvernarbeidet, og at mange større industrikunders oljeforbruk ble lokalisert til Oslo mens bedriften lå et helt annet sted. Oljeselskapenes salgsdistrikter falt heller ikke sammen med bygrensen. Dette har gjort det vanskelig å sammenligne tall for utslipp av SO₂ før og etter 1970. På grunnlag av data fra oljeselskapenes kunderegistre ble det laget et kart over SO₂-utslippet fra bruk av

fyringsoljer i Oslo for 1 kvartal 1970. Dette gav et totalutslipp på 3670 tonn SO₂, som gir et midlere fyringsutslipp på 1685.33 kg SO₂/time, og feltet som vist i Figur 7 nedenfor.

Dette var utslippsfeltet fra oljeforbruk i Oslo. I tillegg kommer SO₂-utslippet fra østre Bærum og fra trafikken, vesentlig dieselskjøretøyer. Tabell 3 viser utslippstall for Oslo-området for 1970 (Grønскеi et al., 1973). Det mangler tall for utslippet fra industriprosesser utenom fyring (utslipp fra fyringen er med under stasjonære kilder), og her kommer i første rekke støvutslippene fra Spigerverket og støperiene i Lodalen inn. Siden 1970-undersøkelsen i første rekke gikk på å studere konsentrasjonen av SO₂, og industriens utslippstall fortsatt var hemmelige, ble det ikke nedlagt mer arbeide i å anslå utslippene fra prosessutslipp. Dessuten er filene med enkeltdata for de enkelte bedriftene slettet. Det bør kunne være mulig å få fatt i disse tallene fra Statistisk Sentralbyrås rapporteringsskjemaer til Industristatistikken.

MAP OF : SO2 UTSLIPP UNIT: kg/h SOURCE: OR 50/73
 PERIOD : 1 kv 1970 PLACE: OSLO GRID SIZE: 1000 METER
 CREATED: 2001/04/24 13.04 FILE: UTSLIPP-SO2-70.FLD

MAXIMUM VALUE IS 1.2476E+02, IN (11,11)
 SUM= 1.68533E+03 SCALE FACTOR: .1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
J=18	2.	1.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
J=17	2.	3.	.	.	.	.	7.	74.	2.	.	.	.	226.	1.	1.	.	.
J=16	5.	3.	6.	7.	4.	34.	24.	150.	6.	72.	.	.	1.	72.	72.	69.	1.	.
J=15	4.	33.	11.	13.	8.	40.	123.	443.	189.	28.	10.	113.	243.	241.	95.	219.	3.	2.
J=14	5.	135.	11.	14.	115.	447.	57.	559.	221.	92.	52.	38.	24.	53.	31.	68.	2.	.
J=13	2.	5.	62.	9.	179.	508.	336.	425.	337.	352.	237.	31.	28.	45.	.	.	.	.
J=12	4.	27.	258.	70.	285.	592.	483.	478.	435.	145.	265.	66.	24.	141.	.	.	.	.
J=11	274.	8.	1.	99.	355.	583.	1248.	457.	267.	238.	102.	60.	68.	22.	.	.	.	.
J=10	47.	.	2.	4.	6.	255.	287.	299.	201.	115.	161.	23.	33.	.	.	.	.	.
J= 9	234.	.	2.	26.	.	.	.	13.	45.	22.	105.	102.	78.	.	.	.	.	.
J= 8	84.	2.	62.	7.	1.	73.	1.	.	.	.	.
J= 7	1.	4.	9.	5.	13.	234.	.	.	.	.	.
J= 6	1.	2.	4.	63.	27.	4.	.	.	.	.	.
J= 5
J= 4
J= 3
J= 2
J= 1

Figur 7: Utslippsfelt for SO₂ fra oljefyring 1 kvartal 1970. Enhet: 0.1 kg SO₂/h. Maksimum av feltet er i rute (11,11) med 124.76 kg SO₂/h. (Grønскеi et al., 1973).

Tabell 3: *Utslipp for Oslo-området 1970. Enhet: tonn/år.*

KILDEKATEGORI		SO ₂	Partikler	NO _x
Mobile kilder	Bensin	120	160	3 300
	Diesel	420	420	1 200
Stasjonær fyring	Olje	8 730	480	1 180
	Kull-koks	230	420	170
Avfall	Brenning	100	30	?
Industriprosesser	Olje/kull/koks	?	mye	?
Total		9 600	>1 510	5 850

4.2 Tiltaksanalysen 1985

Oslo kommune og Statens forurensningstilsyn utredet i 1985 en rekke tiltak som skulle kunne redusere luftforurensningene i Oslo. Beregningene av utslipp, forurensningsnivå og eksponering ble utført av NILU, mens den videre bearbeidelse av resultatene ble utført av SFT. Oppdragsgiverne var ikke interessert i en egen rapport om våre beregninger, så disse foreligger bare som et internt notat (Gram og Grønskei, 1987).

Tabell 4 viser midlere timesutslipp i vinterhalvåret i Oslo-området for grunnalternativet 1985.

Tabell 4: *Midlere timesutslipp i vinterhalvåret i Oslo-området for grunnalternativet 1985. Enhet: kg/h. (Gram og Grønskei, 1987).*

Kildegruppe	SO ₂	NO _x	CO	Part.
Punktkilder	160.2	93.9	20.1	5.1
Areal kilder	201.6	120.5	111.6	10.2
Oljefyring	361.8	214.4	131.7	15.9
Hovedveier bensin	5.2	472.1	4 777.6	11.7
diesel	29.1	280.3	92.1	44.7
Småveier bensin	1.3	89.7	1 677.4	2.1
diesel	5.1	54.0	16.5	7.7
Biltrafikk	40.7	905.2	6 563.6	66.2
Lufthavn + havn	51.4	27.9	32.2	7.6
Kull + koks	3.7	0.3	23.1	1.4
Ved	3.3	5.9	843.4	84.9
Fast brensel	7.1	6.2	866.5	86.3
Samlet utslipp	460.9	1 153.7	7 494.1	176.1

4.3 NO_xmodellberegningene 1991/92

I 1991/92 hadde NILU et instituttprogram "NO_x og oksidanter i byområder", der en bl.a. studerte dannelsen av oksidanter i Oslo. Som inngangsdata til time-til-time modellberegninger, i første rekke av NO₂, ble det her bl.a. beregnet utslipp av NO_x og ikke-metan hydrokarboner (NMVOC). Tabell 5 viser midlere timesutslipp for Oslo-området vintersesongen 1991 (Gram, 1994).

Tabell 5: Midlere timesutslipp i vinterhalvåret i Oslo-området 1991. Enhet: kg/h. (Gram, 1994).

Kildegruppe	NO _x	NMVOC
Biltrafikk, hovedveier	971	578
Biltrafikk, småveier	103	107
Havnetrafikk	84	6
Flytrafikk	40	8
Sum "trafikk"	1 198	700
Punktkilder	93	34
Arealfordelt oljefyring	83	10
Fast brensel (ved, kull/koks)	12	100
Sum "fyring"	188	144
Bensindistribusjon	-	123
Renserier etc.	-	360
Samlet utslipp	1 386	1 324

Fra dette prosjektet foreligger det fortsatt filer med beregnede timemiddel-konsentrasjonsfelt for NO, NO₂, NO_x, O₃ og Ox (= O₃ + NO₂) (Grønseth et al., 2001), og på grunnlag av disse er det beregnet midlere felt for sommer- og vinter-perioden som vist i Tabell 6. Tabellen viser også tidspunktet da summen av feltene var høyest og lavest. Det er store variasjoner i nivået, og høye NO₂-konsentrasjoner forekommer episodisk, i første rekke ved langtransport av O₃-holdige luftmasser fra Mellom-Europa. Middelfeltet av Ox for sommeren er veldig "flatt", og dette betyr at NO₂ og O₃ er i motfase, d.v.s høye O₃-verdier gir lave NO₂-verdier og omvendt.

Tabell 6: NO_x-O_x-konsentrasjoner i Oslo 1991/92. Enhet: µg/m³.

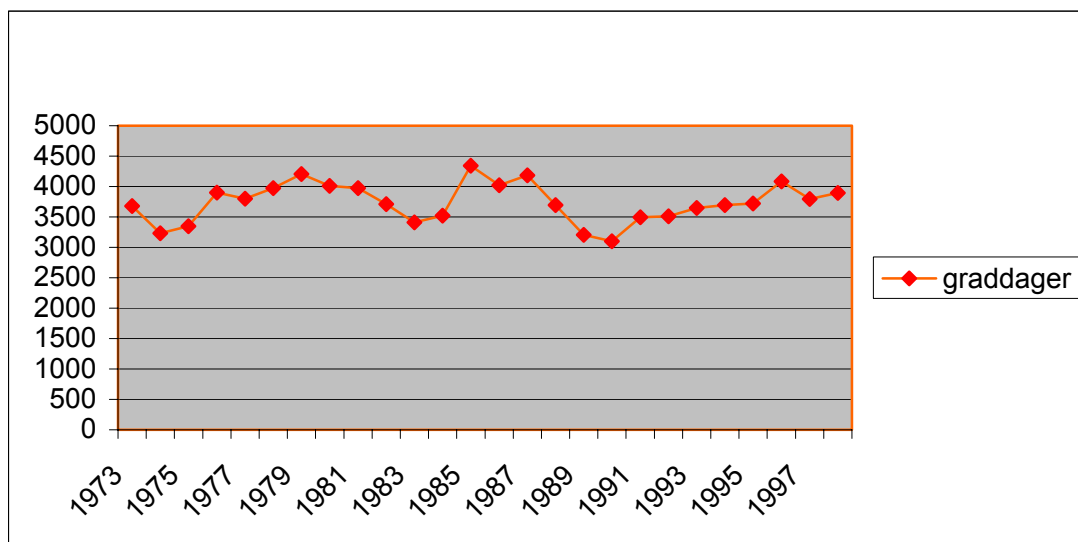
Periode	Komponent	Middel-felt			Høyeste og laveste	
		max/min	sum	rute	tid	sum
Sommer	NO ₂	7.912	6239.9	1,18	26/5-92 22	27 318
		36.439		12,10	8/5-92 04	387
	NO _x	8.987	7576.0	1,18	24/5-92 22	46 058
		55.057		12,10	8/5-92 04	387
	Ox	60.922	24356.8	1,18	20/5-92 05	11 328
		64.582		12,10	1/6-92 09	46 624
O ₃	53.009	18116.8	1,18	13/5-92 05	1 392	
	28.143		12,10	23/5-92 17	38 438	
Vinter	NO ₂	12.813	11699.1	1,18	18/11-91 03	333
		57.463		12,10	29/1-92 16	49 116
	NO _x	14.797	33081.8	1,18	18/11-91 03	333
		293.161		11,10	6/12-91 06	241 500
	Ox	42.882	18925.5	1,18	23/1-92 04	8 612
		64.564		12,10	9/1-92 12	30 956
O ₃	30.069	7226.4	1,18	31/1-92 09	0	
	6.879		11,10	29/12-91 12	27 891	

5 Graddager

Tabell 7 og Figur 8 viser antallet graddager for Oslo for perioden 1973-1998, beregnet av Meteorologisk institutt og Statistisk sentralbyrå (1999). Graddagtallet beregnes som for differansen mellom utetemperaturen og en (antatt) innetemperatur på 17° C. Denne differansen er summert for alle dager hvor utetemperaturen er mindre enn 11° C om høsten og 9° C om våren. Høyt graddagtall indikerer altså kalde år, hvor en kan forvente mer fyring og kanskje også noe dårligere spredningsforhold. Tabellen viser også middeltemperaturen for året.

Tabell 7: Graddager og årsmiddeltemperatur i Oslo 1973-1998 (SSB, 1999).

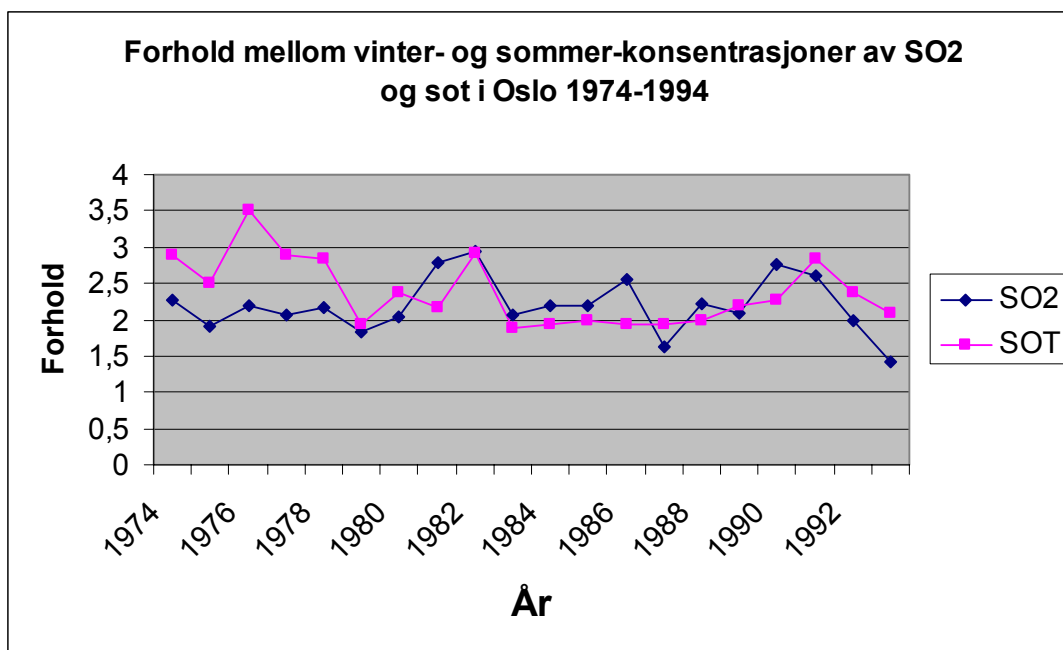
År	grad-dager	middel-temp.	År	grad-dager	middel-temp.
1973	3677	6.3	1986	4021	5.2
1974	3234	7.0	1987	4186	4.3
1975	3348	7.2	1988	3694	6.3
1976	3901	5.8	1989	3207	7.4
1977	3801	5.7	1990	3101	7.5
1978	3974	5.2	1991	3495	6.4
1979	4206	4.5	1992	3509	6.8
1980	4012	5.2	1993	3649	5.9
1981	3976	4.9	1994	3695	6.0
1982	3711	6.0	1995	3719	5.9
1983	3410	6.8	1996	4083	4.9
1984	3522	6.4	1997	3797	5.7
1985	4343	4.1	1998	3897	5.4



Figur 8: Graddager i Oslo 1973-1998 (SSB, 1999).

6 Sommer/vinter.

Som tidligere nevnt har det bare vært foretatt sommermålinger av SO₂ på noen få steder i Oslo, og etter hvert som konsentrasjonene har gått ned har måleprogrammet blitt sterkt redusert. I vedlegg A er det beregnet forholdet mellom vinter- og sommermiddelkonsentrasjonene av av SO₂ og sot i Oslo 1974-1994, som vist i Figur 9. Middelerdien av forholdene for hele perioden er henholdsvis 2.20 og 2.40. I 1989 og 1990 ble det ikke foretatt noen sommermålinger.



Figur 9: Forholdet mellom vinter- og sommer-middelkonsentrasjoner av SO₂ og sot i Oslo 1974-1994.

På grunnlag av dette regner vi med at årsmiddelkonsentrasjonen av SO₂ kan regnes som $(2.20 + 1.0) / (2.20 * 2) = 0.727$ av vintermiddelkonsentrasjonen, og tilsvarende for sot $(2.40 + 1.0) / (2.40 * 2) = 0.708$. For NO_x og bly er det ikke regnet med noen slik sesongforskjell.

7 Beregning av årsutslipp

Statistisk Sentralbyrå har i samarbeid med Statens Forurensningstilsyn siden 1992 utført detaljerte beregninger av utslipp på fylkesbasis, deriblant også for Oslo. Disse beregningene tar i bruk detaljert informasjon fra en rekke forskjellige statistikker, i første rekke Industristatistikken, hvor en kan få stedfestet forbruket nøyaktig. Metodikken er stadig forbedret, og benyttes idag til å lage utslippsoversikter fordelt på grunnkretser til bruk i overvåkningssystemet AirQUIS.

Vi har ikke hatt tilgang til de samme opplysningene som SSB, og har for å få konsistente beregninger derfor valgt å bruke tall fra Norsk Petroleumsinstitutt's årlige oppgaver over salg av petroleumsprodukter. I årenes løp har det vært store forandringer

her; noen produkter har gått ut av salg, noen har skiftet betegnelse, mens nye har dukket opp. Siden dette er en salgsstatistikk, forteller den om salget av forskjellige produkter, men den forteller ikke at det samme produktet kan opptre under forskjellige betegnelse, avhengig av bruken. Det har derfor vært en omstendelig oppgave å holde orden på beregningene. På begynnelsen av 1970-tallet hadde vi problemer med at oljeselskapenes salgsdistrikter ikke alltid stemte overens med fylkesgrensene. Det var også endel industribedrifter med hovedkontor i Oslo som fikk allokert sitt salg til Oslo mens fabrikkene lå helt andre steder. En annen usikkerhet har vært salg/forbruk til innen- og utenlandsk skipstrafikk. I beregningene er det tatt hensyn til disse problemene i den utstrekning dette har vært mulig. Hvis vi hadde fått tilgang til rådata fra SSBs industristatistikk og andre data for alle årene kunne estimatene bedres noe.

7.1 Utslipp fra biltrafikk

I SFT-rapport 99:04, "Utslipp fra veitrafikk i Norge - Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oppdatering av SFT-rapport 93:12" (SFT, 1999) er det bl.a. beregnet **nasjonale** utslippstall for bl.a. SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} og Pb for årene 1973, 1980, 1986-87 og 1989-97. Med utgangspunkt i det totale trafikkarbeidet for landet og for drivstoff-forbruket er det beregnet et midlere forbruk i g/km. Sammen med utslippstallene er dette videre brukt til å anslå midlere utslippsfaktorer for bensin- og dieselmotorer i kg/tonn drivstoff som vist i Tabell 8. Til slutt er dette benyttet til å anslå årsutslipp fra biltrafikk ut fra de årlige salgstallene for bensin og diesel i Oslo som vist i Tabell 9.

Tabell 8: Utslippsfaktorer fra biltrafikk i Oslo 1972-1998. Enhet: kg/tonn drivstoff.

År	%S		SO ₂ -faktor		Pb-faktor	NO _x -faktor		PM ₁₀ -faktor	
	Motor-bensin	Auto-diesel	Motor-bensin	Auto-diesel	Motor-bensin	Motor-bensin	Auto-diesel	Motor-bensin	Auto-diesel
1972	0.050	0.45	1.00	9.00	0.644	27.4	41.9	0.44	3.70
1973	0.050	0.40	1.00	8.00	0.644	27.4	41.9	0.44	3.70
1974	0.050	0.40	1.00	8.00	0.417	29.0	40.7	0.50	3.82
1975	0.050	0.40	1.00	8.00	0.417	29.0	40.7	0.50	3.82
1976	0.050	0.40	1.00	8.00	0.417	29.0	40.7	0.50	3.82
1977	0.050	0.40	1.00	8.00	0.417	29.0	40.7	0.50	3.82
1978	0.050	0.35	1.00	7.00	0.417	29.0	40.7	0.50	3.82
1979	0.050	0.30	1.00	6.00	0.417	29.0	40.7	0.50	3.82
1980	0.050	0.33	1.00	6.60	0.417	29.0	40.7	0.50	3.82
1981	0.050	0.36	1.00	7.20	0.223	31.2	35.4	0.49	3.94
1982	0.050	0.32	1.00	6.40	0.223	31.2	35.4	0.49	3.94
1983	0.050	0.35	1.00	7.00	0.223	31.2	35.4	0.49	3.94
1984	0.050	0.22	1.00	4.40	0.223	31.2	35.4	0.49	3.94
1985	0.040	0.22	0.80	4.40	0.223	31.2	35.4	0.49	3.94
1986	0.035	0.22	0.70	4.40	0.223	31.2	35.4	0.49	3.94
1987	0.035	0.22	0.70	4.40	0.220	31.0	35.0	0.47	3.97
1988	0.030	0.20	0.60	4.00	0.235	30.5	34.6	0.46	4.03
1989	0.030	0.17	0.60	3.40	0.250	30.0	34.1	0.45	4.08
1990	0.030	0.16	0.60	3.20	0.200	28.7	33.3	0.43	4.15
1991	0.030	0.14	0.60	2.80	0.170	27.4	33.0	0.42	4.16
1992	0.030	0.13	0.60	2.60	0.140	26.0	32.5	0.40	4.14
1993	0.030	0.11	0.60	2.20	0.100	24.8	32.0	0.38	3.93
1994	0.030	0.07	0.60	1.40	0.016	23.4	30.1	0.36	3.73
1995	0.010	0.07	0.20	1.40	0.026	21.7	29.3	0.33	3.39
1996	0.010	0.06	0.20	1.20	0.008	19.6	28.2	0.30	3.02
1997	0.010	0.06	0.20	1.20	0.008	17.7	26.8	0.26	2.69
1998	0.010	0.04	0.20	0.80	0.008	15.7	25.0	0.23	2.30

Kjøreforholdene i Oslo-området kan være noe forskjellig fra resten av landet, slik at utslippsfaktorene kanskje ikke er helt representative, men det er det nærmeste en kan komme. I alle de tidligere utslippsundersøkelsene for Oslo har det vært antatt at det har vært en likevekt mellom det drivstoffet som fylles opp i Oslo og forbrukes utenfor Oslo og det som er fylt utenfor og brukes i Oslo. Dette kan endre seg kortvarig p.g.a. lokal priskonkurransen. Det kommer også en annen usikkerhetsfaktor inn i bildet: i og med at det er angitt en midlere svovelprosent, så kan den ha vært annerledes for Oslo enn for hele landet. Petroleumsinstituttet har imidlertid vært klar over vår problemstilling, og vi regner derfor med at svovelprosenten er representativ for Oslo-området.

Tabell 9: Utslipp fra biltrafikk i Oslo 1972-1998. Enhet: tonn/år.

År	SO ₂			Pb.				PM ₁₀		
	Motor-bensin	Auto-diesel	SUM	Motor-bensin	Motor-bensin	Auto-diesel	SUM	Motor-bensin	Auto-diesel	SUM
1972	152.2	492.0	644.2	98.04	4171	2291	NOx	66.98	202.27	269.25
1973	147.0	387.4	534.4	94.70	4029	2029	6058	64.70	179.17	243.87
1974	134.7	362.1	496.8	56.17	3906	1842	5749	67.35	172.91	240.26
1975	142.0	396.7	538.7	59.20	4117	2018	6135	70.98	189.45	260.43
1976	145.2	411.4	556.6	60.57	4212	2093	6305	72.62	196.42	269.04
1977	153.9	425.6	579.5	64.17	4462	2165	6628	76.94	203.24	280.17
1978	158.5	427.9	586.4	66.11	4597	2488	7085	79.27	233.51	312.78
1979	160.7	363.9	524.5	67.00	4659	2468	7128	80.33	231.66	311.99
1980	165.1	477.2	642.3	68.86	4789	2943	7731	82.56	276.19	358.75
1981	153.4	517.7	671.2	34.22	4787	2546	7333	75.18	283.32	358.51
1982	154.4	465.4	619.8	34.44	4819	2574	7393	75.68	286.50	362.18
1983	157.3	448.5	605.8	35.08	4908	2268	7176	77.08	252.45	329.53
1984	160.9	310.6	471.6	35.89	5021	2499	7520	78.86	278.14	357.00
1985	134.3	318.1	452.5	37.45	5240	2560	7799	82.29	284.87	367.16
1986	124.1	430.5	554.6	39.53	5530	3464	8994	86.85	385.50	472.35
1987	125.8	378.4	504.3	39.55	5573	3010	8583	84.49	341.44	425.94
1988	107.9	312.4	420.3	42.25	5484	2698	8182	82.70	314.74	397.44
1989	104.5	247.0	351.5	43.53	5224	2478	7701	78.36	296.44	374.80
1990	100.5	243.3	343.7	33.49	4806	2531	7337	72.00	315.47	387.48
1991	96.8	206.8	303.6	27.43	4420	2437	6858	67.76	307.26	375.02
1992	93.3	211.3	304.6	21.77	4043	2642	6685	62.21	336.50	398.71
1993	92.0	170.2	262.2	15.34	3804	2475	6279	58.29	303.97	362.26
1994	90.8	108.5	199.3	2.42	3540	2333	5873	54.46	289.12	343.58
1995	29.8	115.7	145.5	3.88	3235	2421	5656	49.19	280.09	329.28
1996	29.8	116.5	146.2	1.19	2916	2737	5653	44.63	293.15	337.77
1997	30.8	121.9	152.7	1.23	2723	2723	5445	39.99	273.30	313.29
1998	30.9	82.6	113.5	1.24	2424	2582	5006	35.52	237.51	273.02

7.2 Utslipp fra fyring

Beregningen av utslippene fra fyring i Oslo er også basert på Norsk Petroleumsinstituttets salgstall for fyringsolje, samt anslag for forbruket av ved, koks og annet fast brensel.

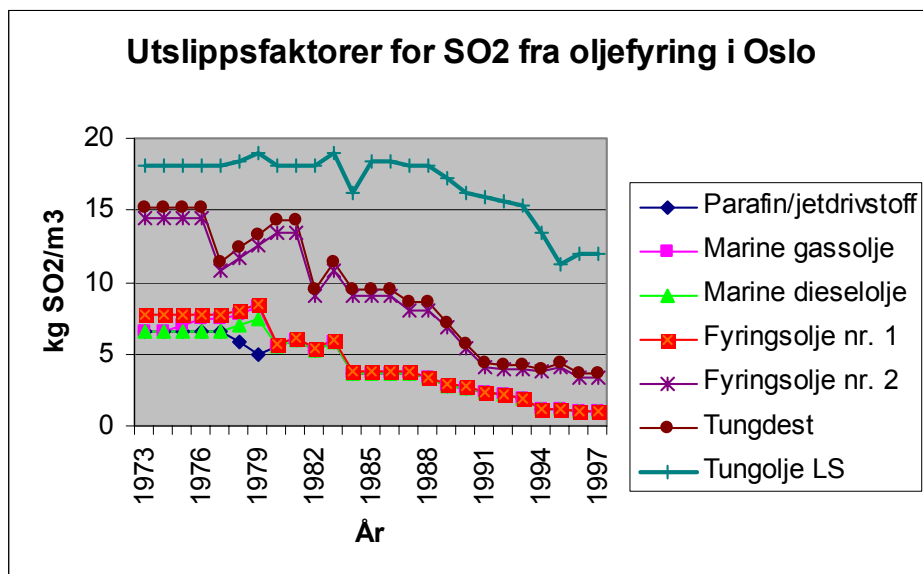
For SO₂ er det angitt representativt svovelinnhold som vist i Tabell 10 og i Figur 10. Disse viser at det er tre grupper av petroleumsprodukter: lett-destillater Parafin, Dieselolje og Fyringsolje nr. 1), tungdestillater (Fyringsolje nr. 2 og Tung-destillat) og tungolje (Tungolje LS og Tungolje Oslo). I praksis er det tre fraksjoner fra

destilleringen av råoljen som markedsføres som forskjellige produkter. Det kan innimellom være mindre forskjeller i de fysiske egenskapene innen en gruppe eller fra selskap til selskap, særlig for viskositeten og voksinnholdet, men svovelprosenten er angitt som middeltall for Oslo.

Tabell 10: Utslippsfaktorer for SO_2 fra bruk av fyringsoljer i Oslo 1973-1998.

Enhet: $kg SO_2/m^3$.

Produkt	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Parafin/jetdrivstoff	6.64	6.64	6.64	6.64	6.64	5.81	4.98	5.48	5.98
Marine gassolje	6.64	6.64	6.97	7.47	7.47	7.80	8.30	5.48	5.98
Marine dieselolje	6.64	6.64	6.64	6.64	6.64	6.97	7.47	5.48	5.98
Fyringsolje nr. 1	7.68	7.68	7.68	7.68	7.68	8.02	8.53	5.63	6.14
Fyringsolje nr. 2	14.40	14.40	14.40	14.40	10.80	11.70	12.60	13.50	13.50
Tungdest	15.20	15.20	15.20	15.20	11.40	12.35	13.30	14.25	14.25
Tungolje LS	18.05	18.05	18.05	18.05	18.05	18.43	19.00	18.05	18.05
Tungolje Oslo	18.05	18.05	18.05	18.05	18.05	18.43	19.00	18.05	18.05
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Parafin/jetdrivstoff	5.31	5.81	3.65	3.65	3.65	3.65	3.32	2.82	2.66
Marine gassolje	5.31	5.81	3.65	3.65	3.65	3.65	3.32	2.82	2.66
Marine dieselolje	5.31	5.81	3.65	3.65	3.65	3.65	3.32	2.82	2.66
Fyringsolje nr. 1	5.46	5.97	3.75	3.75	3.75	3.75	3.41	2.90	2.73
Fyringsolje nr. 2	9.00	10.80	9.00	9.00	9.00	8.10	8.10	6.84	5.40
Tungdest	9.50	11.40	9.50	9.50	9.50	8.55	8.55	7.22	5.70
Tungolje LS	18.05	19.00	16.15	18.43	18.43	18.05	18.05	17.29	16.15
Tungolje Oslo	18.05	19.00	16.15	18.43	18.43	18.05	18.05	17.29	16.15
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1997	1998
Parafin/jetdrivstoff	2.32	2.16	1.83	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00
Marine gassolje	2.32	2.16	1.83	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00
Marine dieselolje	2.32	2.16	1.83	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00
Fyringsolje nr. 1	2.39	2.22	1.88	1.19	1.19	1.02	1.02	1.02	1.02
Fyringsolje nr. 2	4.14	3.96	3.96	3.78	4.14	3.42	3.42	3.42	3.42
Tungdest	4.37	4.18	4.18	3.99	4.37	3.61	3.61	3.61	3.61
Tungolje LS	15.96	15.58	15.39	13.49	11.21	11.97	11.97	11.97	11.97
Tungolje Oslo	15.96	15.58	15.39	13.49	11.21	11.97	11.97	11.97	11.97



Figur 10: Utslippsfaktorer for SO_2 fra oljefyring i Oslo. Enhet: $kg SO_2/m^3$.

Tabell 11 viser utslippsfaktorer for NO_x og partikler fra oljefyring. Disse har vært de samme for hele perioden.

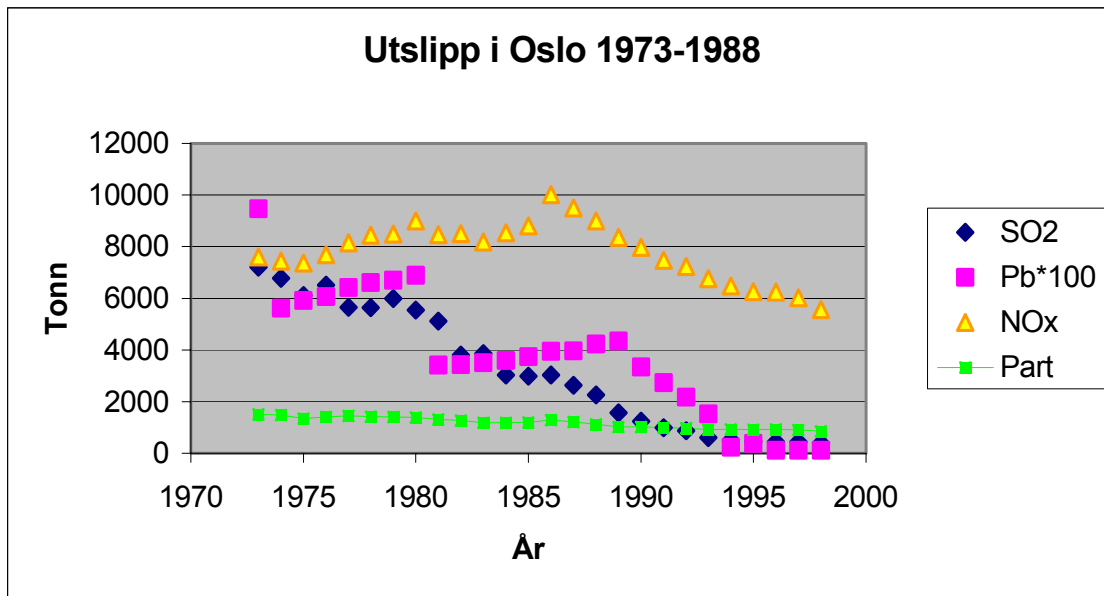
Tabell 11: Utslippsfaktorer for NO_x og partikler fra bruk av fyringsoljer i Oslo. Enhet: kg/m^3 .

	NO_x	Part
LPG	0.0012	0.0
parafin	0.0015	0.0012
marine gass	0.0015	0.0012
marinediesel	0.0015	0.0012
fyr.-olje 1	0.0015	0.0012
fyr.-olje 2	0.0015	0.0012
spes.dest.	0.0072	0.00275
<1.2%S	0.0072	0.00275
>1.2%S	0.0072	0.00275

Tabell 12 og Figur 11 viser årlig utslipp av SO_2 , bly, NO_x og partikler fra oljefyring, trafikk og fyring med fast brensel. På 1970-tallet var oljefyringen den dominerende kilden for SO_2 , men på begynnelsen av 1990-tallet begynte biltrafikken å hale sterkt innpå. Biltrafikken er den viktigste kilden til NO_x -utslippet fra biltrafikk, og det økte jevnt i takt med økningen i biltrafikken. Først på slutten av 1980-tallet begynte en å kunne se virkningen av katalysator på bensinbiler. NO_x -utslippet fra oljefyring sank jevnt på grunn av nedgangen i bruk av fyringsoljer. Utslippet av partikler fra oljefyring har gått jevnt nedover, mens trafikkutslippet hadde et maksimum på slutten av 1980-tallet. Utslippet av bly har vært redusert trappevis etter hvert som nye Pb-grenser ble innført. Nå selges det ikke lenger blyholdig bensin i Oslo.

Tabell 12: Årlig utslipp av SO₂, bly, NO_x og partikler i Oslo fra oljefyring, trafikk og fyring med fast brensel. Enhet: tonn/år.

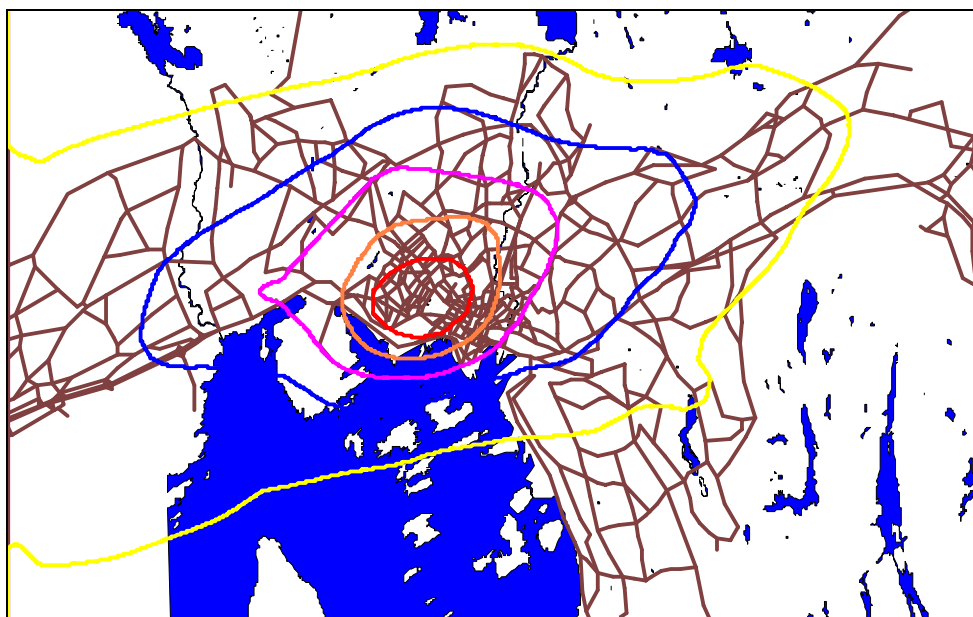
År	Oljefyring			Trafikk				Vedfyring			Kull/koks			Sum utslipp			
	SO ₂	NO _x	Part	SO ₂	Pb	NO _x	Part	SO ₂	NO _x	Part	SO ₂	NO _x	Part	SO ₂	Pb	NO _x	Part
1973	6459.7	1512.4	803.2	534.4	94.7	6058	243.9	13.1	26.6	354.5	197.6	15.6	104.0	7204.8	94.7	7612.6	1505.5
1974	6090.9	1647.0	787.4	496.8	56.2	5749	240.3	13.0	26.4	351.4	182.4	14.4	96.0	6783.1	56.2	7436.7	1475.1
1975	5390.7	1188.4	643.1	538.7	59.2	6135	260.4	12.9	26.2	349.0	167.2	13.2	88.0	6109.6	59.2	7362.7	1340.5
1976	5793.8	1353.0	706.5	556.6	60.6	6305	269.0	12.8	26.0	347.3	152.0	12.0	80.0	6515.2	60.6	7696.0	1402.8
1977	4916.4	1492.4	753.2	579.5	64.2	6628	280.2	12.8	26.0	346.9	136.8	10.8	72.0	5645.6	64.2	8157.2	1452.2
1978	4917.7	1328.0	693.1	586.4	66.1	7085	312.8	12.8	25.9	345.3	121.6	9.6	64.0	5638.5	66.1	8448.5	1415.1
1979	5342.5	1323.9	700.7	524.5	67.0	7128	312.0	12.7	25.7	343.1	106.4	8.4	56.0	5986.1	67.0	8486.1	1411.8
1980	4806.8	1230.9	647.4	642.3	68.9	7731	358.8	12.6	25.6	341.2	91.2	7.2	48.0	5552.9	68.9	8994.7	1395.3
1981	4358.5	1097.4	575.3	671.2	34.2	7333	358.5	12.5	25.4	339.0	76.0	6.0	40.0	5118.2	34.2	8461.8	1312.8
1982	3103.3	1086.4	546.7	619.8	34.4	7393	362.2	12.5	25.3	337.8	60.8	4.8	32.0	3796.4	34.4	8509.5	1278.7
1983	3194.6	983.3	486.4	605.8	35.1	7176	329.5	12.5	25.2	336.6	45.6	3.6	24.0	3858.5	35.1	8188.1	1176.5
1984	2517.5	996.6	478.9	471.6	35.9	7520	357.0	12.4	25.2	335.4	30.4	2.4	16.0	3031.9	35.9	8544.1	1187.3
1985	2513.7	974.3	480.8	452.5	37.5	7799	367.2	12.4	25.2	335.5	15.2	1.2	8.0	2993.8	37.5	8799.7	1191.5
1986	2458.8	1002.0	474.9	554.6	39.5	8994	472.4	12.5	25.3	337.0	11.4	0.9	6.0	3037.2	39.5	10022.1	1290.2
1987	2100.6	894.2	440.2	504.3	39.6	8583	425.9	12.5	25.4	338.5	9.5	0.8	5.0	2626.9	39.6	9503.3	1209.6
1988	1824.5	789.2	386.0	420.3	42.3	8182	397.4	12.6	25.5	340.3	8.6	0.7	4.5	2265.9	42.3	8997.4	1128.2
1989	1202.0	626.5	297.8	351.5	43.5	7701	374.8	12.7	25.7	342.1	7.6	0.6	4.0	1573.8	43.5	8353.8	1018.7
1990	879.1	616.9	290.1	343.7	33.5	7337	387.5	12.7	25.8	343.8	6.7	0.5	3.5	1242.1	33.5	7980.2	1024.8
1991	669.3	588.3	266.0	303.6	27.4	6858	375.0	12.8	26.0	346.2	5.7	0.5	3.0	991.4	27.4	7472.7	990.2
1992	549.7	518.6	229.3	304.6	21.8	6685	398.7	13.0	26.3	350.6	6.3	0.5	3.3	873.5	21.8	7230.4	981.9
1993	323.2	453.8	192.6	262.2	15.3	6279	362.3	13.1	26.6	355.1	6.8	0.5	3.6	605.3	15.3	6760.0	913.5
1994	296.4	585.0	232.2	199.3	2.4	5873	343.6	13.3	26.9	358.3	7.6	0.6	4.0	516.6	2.4	6485.5	938.1
1995	286.5	575.2	227.0	145.5	3.9	5656	329.3	13.4	27.2	362.6	7.2	0.6	3.8	452.7	3.9	6259.0	922.7
1996	280.0	560.0	220.0	146.2	1.2	5653	337.8	13.6	27.5	366.5	6.8	0.5	3.6	446.6	1.2	6241.0	927.9
1997	273.0	545.0	215.0	152.7	1.2	5445	313.3	13.7	27.8	371.1	6.5	0.5	3.4	445.9	1.2	6018.3	902.8
1998	264.0	530.0	210.0	113.5	1.2	5006	273.0	13.9	28.1	374.8	6.7	0.5	3.5	398.0	1.2	5564.6	861.3



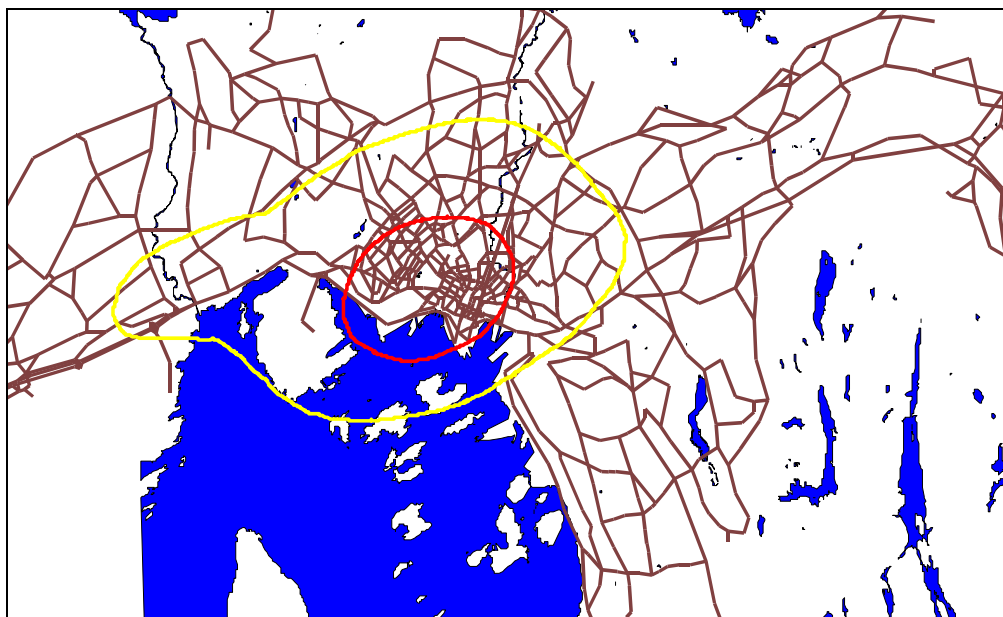
Figur 11: Årlig utslipp av SO_2 , bly, NO_x og partikler i Oslo 1973-1998. Enhet: tonn/år.
NB! Bly-utslippet er vist med annen skala.

8 Beregninger av SO_2 -felter

Figur 12 og Figur 13 viser de beregnede SO_2 -konsentrasjonsfeltene for 1979 og 1995 som danner utgangspunktet for konsentrasjonsberegningene. Figurene viser også hovedveinettet i Oslo, men p.g.a. at Oslo kommune ikke var interessert i å betale for kartet i Bærum, er ikke Vestfjorden med.



Figur 12: Beregnede vintermiddelkonsentrasjoner av SO_2 i Oslo for 1979. Iso-linjer for 5, 25, 35, 45 og $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 13: Beregnede vintermiddelkonsentrasjoner av SO₂ i Oslo for 1995. Iso-linjer for 3 og 5 µg/m³.

Beregningene av de årlige konsentrasjonsfeltene er gjort på forskjellige måter, avhengig av komponenten samt mengde og type foreliggende data. For SO₂-beregningene er det tatt utgangspunkt i de beregnede SO₂-konsentrasjonsfeltene for 1979 og 1995, de observerte vintermiddelkonsentrasjonene på målestasjonene i Oslo sentrum, samt årlige estimat for bakgrunnskonsentrasjonen av SO₂ (1 - 1.5 µg/m³). Vi vet ikke hvor stort konsentrasjonsbidraget har vært fra fyring og trafikk for hvert år, men vi har bidraget for 1979 og 1995. Først har vi beregnet hvor stor del av SO₂-utslippet som kommer fra fyring, P_{FYR}, og vi sier at bidraget til SO₂-konsentrasjonen er proporsjonalt med dette. For hvert år K beregnes det to faktorer:

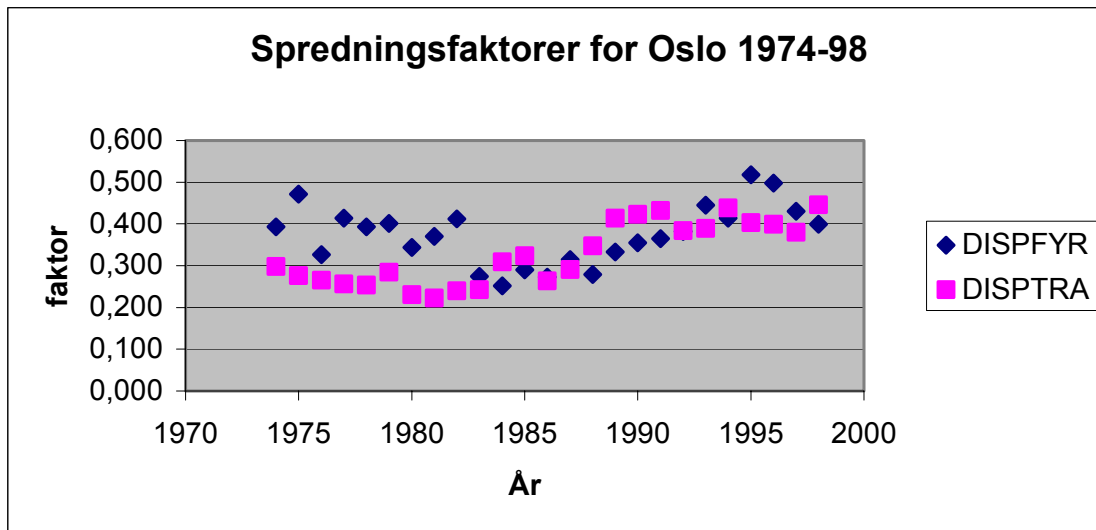
$$FYR(K) = [P_{FYR_{ref1}} * SO_{2_{ref1}} - P_{FYR_K} * SO_{2_K}] / [P_{FYR_{ref1}} * SO_{2_{ref1}} - P_{FYR_{ref2}} * SO_{2_{ref2}}] * (\text{å/v}),$$

der P_{FYR}, SO_{2K}, SO_{2ref1} og SO_{2ref2} er fyringsandelen og [sentrumkonsentrasjonen - bakgrunnskonsentrasjonen] i henholdsvis år K og referanseårene, og forholdet år/vinter å/v = 0.727 for SO₂, og tilsvarende

$$TRA(K) = [P_{TRA_{ref1}} * SO_{2_{ref1}} - P_{TRA_K} * SO_{2_K}] / [P_{TRA_{ref1}} * SO_{2_{ref1}} - P_{TRA_{ref2}} * SO_{2_{ref2}}] * (\text{å/v}),$$

for trafikken, der P_{TRA} = 1.0 - P_{FYR}.

Figur 14 viser et plott av de årlige spredningsfaktorene FYR(K) og TRA(K). Disse forteller hvordan de observerte SO₂-konsentrasjonene fra fyring og trafikk har utviklet seg fra år til år i forhold til differansen mellom referanseårene 1979 og 1995.



Figur 14: Spredningsfaktorer for fyring og trafikk i Oslo 1974-98.

I neste trinn beregnes det differansen mellom SO_2 -feltene for fyring og trafikk i 1979 og 1995:

$$\begin{aligned} \text{DSO}_{2F}(\text{I}, \text{J}) &= \text{SO}_{2F79}(\text{I}, \text{J}) - \text{SO}_{2F95}(\text{I}, \text{J}), \\ \text{DSO}_{2T}(\text{I}, \text{J}) &= \text{SO}_{2T79}(\text{I}, \text{J}) - \text{SO}_{2T95}(\text{I}, \text{J}), \end{aligned}$$

og til slutt konsentrasjonsfeltene i år K:

$$\begin{aligned} \text{SO}_{2FK}(\text{I}, \text{J}) &= \text{SO}_{2F79}(\text{I}, \text{J}) - [\text{DSO}_{2F}(\text{I}, \text{J}) * \text{FYR}(\text{K})] + \text{SO}_{2B}(\text{K}) * \text{P}_{\text{FYR}} \\ \text{SO}_{2TK}(\text{I}, \text{J}) &= \text{SO}_{2T79}(\text{I}, \text{J}) - [\text{DSO}_{2T}(\text{I}, \text{J}) * \text{TRA}(\text{K})] + \text{SO}_{2B}(\text{K}) * \text{P}_{\text{TRA}}, \text{ og} \end{aligned}$$

$$\text{SO}_{2K}(\text{I}, \text{J}) = \text{SO}_{2FK}(\text{I}, \text{J}) + \text{SO}_{2TK}(\text{I}, \text{J})$$

Med denne prosedyren tar vi vare på endringene i formen på konsentrasjonsfeltene fra 1979 til 1995, og samtidig gjenspeiler de målte konsentrasjonene en kombinasjon av utslippsendringer og endringer i spredningsforholdene fra år til år. For Oslo sentrum, der konsentrasjonene er høyest, går dette bra, selv om det har vært store trafikkomlegginger fra 1979 til 1995. Oslotunnelen har først og fremst flyttet trafikken og utslippene i Rådhusgata under jorden, men utslippene skjer fortsatt i samme kilometer-rute. Vi har ikke helt greid å beregne forholdene i søndre del av Oslo, der utbyggingen på Søndre Nordstrand og forbrenningsanlegget på Klemetsrud ikke har gitt den samme nedgangen i SO_2 -utslippene fra fyring som i byen forøvrig, og Europaveien har gitt økt trafikkutslipp.

Tabell 13 viser data for de beregnete årskonsentrasjonsfeltene for SO_2 . Tabellen viser for hvert år høyeste og laveste verdi, samt summen av tallverdiene i feltet. Til slutt er fyrings- og trafikkfeltene lagt sammen, og ganget med 0.727 for å komme fra vintermiddel til årsmiddel, i henhold til SO_2 -målingene.

Tabell 13: SO₂-konsentrasjonsfelter i Oslo 1974-1998. Enhet: µg/m³.

År	SO ₂ FYR			SO ₂ TRA			SO ₂ SUM		
	MAX	MIN	SUM	MAX	MIN	SUM	MAX	MIN	SUM
1974	72.574	0.365	3953.37	2.622	0.058	237.20	57.586	0.326	3226.74
1975	77.056	0.403	4201.08	2.629	0.058	238.40	61.041	0.355	3418.40
1976	57.298	0.235	3109.26	2.619	0.058	236.59	45.823	0.225	2576.31
1977	61.689	0.272	3351.92	2.627	0.058	237.94	49.207	0.254	2764.20
1978	58.485	0.245	3174.83	2.624	0.058	237.50	46.738	0.233	2627.50
1979	64.459	0.296	3504.98	2.633	0.058	239.10	51.344	0.273	2882.94
1980	49.947	0.172	2703.05	2.622	0.058	237.24	40.164	0.177	2264.02
1981	48.651	0.161	2631.42	2.635	0.058	239.37	39.171	0.169	2210.50
1982	38.940	0.107	2095.41	2.628	0.058	238.19	31.691	0.132	1796.87
1983	26.778	0.105	1426.66	2.611	0.057	235.33	22.320	0.141	1279.73
1984	19.558	0.064	1029.47	2.597	0.057	232.92	16.754	0.093	972.04
1985	22.278	0.087	1179.35	2.604	0.057	234.15	18.852	0.111	1088.40
1986	20.546	0.072	1083.91	2.604	0.057	234.15	17.518	0.099	1014.90
1987	20.246	0.070	1067.37	2.607	0.057	234.64	17.289	0.098	1002.54
1988	15.802	0.032	823.12	2.600	0.057	233.37	13.864	0.068	813.50
1989	12.665	0.005	651.14	2.597	0.057	232.82	11.447	0.047	680.64
1990	10.071	-0.017	510.36	2.596	0.057	232.79	9.449	0.030	572.23
1991	8.001	-0.024	401.77	2.339	0.051	209.97	7.687	0.021	471.05
1992	6.988	-0.033	347.72	2.081	0.045	186.98	6.738	0.010	411.72
1993	4.998	-0.040	244.06	1.820	0.040	163.35	5.036	0.000	313.71
1994	4.346	-0.045	210.05	1.560	0.034	139.96	4.363	-0.009	269.51
1995	5.194	-0.038	254.66	1.042	0.023	93.75	4.679	-0.012	268.28
1996	4.911	-0.040	239.24	1.040	0.023	93.42	4.460	-0.014	256.14
1997	4.187	-0.047	201.87	1.037	0.023	92.87	3.901	-0.018	226.95
1998	3.791	-0.050	182.05	0.906	0.020	81.05	3.511	-0.023	202.59

Vi ser først og fremst at SO₂-feltet er dominert av fyringen. Bidraget fra trafikken er lite, og bemerkelsesverdig konstant. Etter hvert som fyringsutslippet går ned, får trafikkbidraget gradvis større betydning. Vi ser videre at vi treffer ikke helt de samme verdiene som for de feltene som ble beregnet for 1979 og 1995 som vist i Figur 5 og Figur 6. Dette skyldes blant annet at utslippstallene er beregnet forskjellig. SO₂-utslippet i Tabell 1 tilsvarer et årsutslipp i 1979 på 5353 tonn SO₂, mens Tabell 13 gir 5986 tonn. Tilsvarende gir tallene i Tabell 3 et årsutslipp på 452.7 tonn SO₂ for 1995, mens Tabell 2 gir 674 tonn. Allikevel har vi valgt å benytte den samme metoden til å beregne konsentrasjonsfeltene slik at tallene blir mest mulig konsistente.

9 Spredningsfelter

Feltene for SO₂ er beregnet på grunnlag av beregnede felter for basisårene 1979 og 1995, samt målinger av konsentrasjoner i Oslo sentrum. Konsentrasjonene vil være en funksjon av årsutslippet og spredningsforholdene for hvert år (egentlig vil årskonsentrasjonene være summen av 8760 timeskonsentrasjoner, men så lenge vi bare har tall for årsutslippet og ikke tilstrekkelig data for spredningsforholdene må vi benytte oss av de data som er tilgjengelig). For de andre forurensningskomponentene har en lite målinger å støtte seg til, og det er derfor benyttet en helt annet metodikk.

Vi vet at spredningsforholdene er forskjellige for utslipp fra trafikk (bakkeutslipp) og fra fyring (i takhøyde). For hvert år er det beregnet et **spredningsfelt** for fyring/industriutslipp og et for trafikkutslipp etter:

$$F_F(I, J, K) = C_{SO_2 F}(I, J, K) / Q_{SO_2 F}(K),$$

$$F_T(I, J, K) = C_{SO_2 T}(I, J, K) / Q_{SO_2 T}(K)$$

der

$F_F(I, J, K)$ er spredningsfeltet for fyring for året K,

$C_{SO_2 F}(I, J, K)$ er SO_2 -feltet for fyring for året K,

$Q_{SO_2 F}(K)$ er SO_2 -utslippet fra fyring for året K,

og tilsvarende for trafikkutslippet.

For å beregne årsmiddelkonsentrasjonen av et stoff ganges spredningsfeltet for trafikk med årsutslippet fra trafikk og spredningsfeltet for fyring med årsutslippet fra fyring, og så adderes en bakgrunnskonsentrasjon som varierer fra år til år. Denne metoden er basert på relativt detaljerte utslipps- og spredningsberegninger for to referanseår, 1979 og 1995. Den forutsetter videre at utslippsfeltene for de øvrige årene er nokså like for alle komponentene, og det er de ikke. Det har skjedd endel utbygging i sørøstre del (Søndre Nordstrand, Holmlia, Bjørndalen o.l.), og ferdigstillingen av E6 fra Klemetsrud og sydover har medført mer trafikk i dette området. Videre har Oslo-tunnelen og Henrik Ibsen-ringen medført omlegging av mye av trafikken i Oslo sentrum.

Tabell 14 viser summeverdier for spredningsfeltene. Feltene har den merkelige enheten $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tonn, idet de skal brukes til å beregne konsentrasjoner i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ut fra utslipp i tonn pr. år.

På grunn av det generelle vindbildet i Oslo-området (dominerende vindretning østnordøst - vestsydvest) blir det beregnet lave verdier i det sydøstre hjørnet av feltet, og for fyringen har det resultert i noen negative verdier for spredningsfeltet inne i Østmarka.

I beregningene for 1979 og 1995 ble det også regnet med utslipp i østre Bærum, mens tallene for årsutslippene som er benyttet her bare gjelder for selve Oslo.

Tabell 14: Spredningsfelter i Oslo 1974-1998. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{tonn}$.

År	DISPFYR*1000		DISPTRA*1000	
	MAX	SUM	MAX	SUM
1974	7.216	393.054	3.299	298.412
1975	8.645	471.328	3.050	276.594
1976	6.010	326.131	2.940	265.669
1977	7.611	413.532	2.833	256.626
1978	7.235	392.761	2.797	253.131
1979	7.376	401.093	3.138	284.917
1980	6.357	344.032	2.552	230.854
1981	6.838	369.831	2.453	222.892
1982	7.662	412.274	2.650	240.187
1983	5.145	274.130	2.694	242.786
1984	4.774	251.307	3.442	308.678
1985	5.479	290.046	3.597	323.419
1986	5.172	272.865	2.935	263.868
1987	5.962	314.286	3.231	290.794
1988	5.351	278.729	3.866	347.033
1989	6.476	332.946	4.617	413.968
1990	7.006	355.011	4.721	423.321
1991	7.270	365.091	4.816	432.259
1992	7.676	381.948	4.271	383.656
1993	9.105	444.584	4.338	389.379
1994	8.560	413.738	4.891	438.922
1995	10.571	518.281	4.477	402.719
1996	10.217	497.753	4.447	399.349
1997	8.925	430.324	4.245	380.114
1998	8.326	399.799	4.990	446.288

10 Beregninger av NO_x -felter

NO_x -feltene er beregnet ved at spredningsfeltene F_T (i, j, k) og F_F (i, j, k) for henholdsvis trafikk og fyring er ganget med NO_x -utslippet i Tabell 12, og konsentrasjonsfeltene summert.

Nitrogenoksider, NO_x , består vesentlig av nitrogenmonoksid, NO og nitrogendioksid, NO_2 . NO dannes ved forbrenningsprosesser som fyring og i forbrenningsmotorer, delvis ved reaksjoner med luftens nitrogen, N_2 , dels ved reaksjoner med nitrogenforbindelser i brenselet. En del av nitrogenmonoksidet (ca. 10 %) omdannes videre til NO_2 i primærutslippet. I atmosfæren vil ozon reagere med NO og danne NO_2 .



For å beregne NO_2 beregnes først NO_2 -konsentrasjonen fra NO_2 i primærutslippet:

$$\text{NO}_{2P}' = \alpha * \text{NO}_{xT} + \beta * \text{NO}_{xF} + \gamma * \text{NO}_{xB}$$

der

α , β og γ er NO_2 -andelen i trafikkutslippet, fyringsutslippet og bakgrunns-konsentrasjonene, og NO_{xT} , NO_{xF} og NO_{xB} er NO_x -konsentrasjonene fra hhv. trafikk, fyring og bakgrunn (Grønseki et al., 2001).

En har da NO -konsentrasjonene

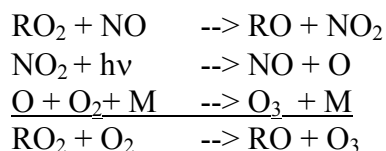
$$\text{NO}_P' = (1-\alpha) * \text{NO}_{xT} + (1-\beta) * \text{NO}_{xF} + (1-\gamma) * \text{NO}_{xB}$$

Etter likning (1) ovenfor vil NO_2 -dannelsen være styrt av O_3 -konsentrasjonen:

$$\begin{aligned} \text{Hvis } \text{O}_3 > \text{NO}_P', \text{ får vi} \\ \text{NO}_2 = \text{NO}_P' + \text{NO}_{2P}' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hvis } \text{O}_3 < \text{NO}_P', \text{ får vi} \\ \text{NO}_2 = \text{O}_3 + \text{NO}_{2P}' \end{aligned}$$

Dette er beregningsresultatet etter den enkle NO_2 -modellen i likning (1). I tillegg vil NO_2 spaltes av sollys, og ved nedbrytning av hydrokarboner i atmosfæren dannes det organiske og ikke-organiske peroksyd radikaler (RO_2), og disse oksiderer NO til NO_2 og forårsaker ozondannelse (Gram et al., 1980):



Her opptrer nitrogenoksidene som katalysatorer. De er nødvendige for at reaksjonene skal gå, men etterlates uten netto endringer.

For å kunne beregne årlige NO_2 -felter er det derfor nødvendig å først beregne NO_x -felter, men det krever også kjennskap til O_3 -konsentrasjoner. Som vist i Vedlegg C har det vært målt NO_x i Oslo fra vinteren 1980/81 til vinteren 1992/93, og NO_2 i Oslo fra vinteren 1988/89. Det har vært målt O_3 på noen stasjoner i nedre Telemark fra 1975-årene, fra 1977 også i Oslofjord-området (Prestebakke, Jeløya og Hurdal), men lite i Oslo by. O_3 -konsentrasjonene varierer så mye over døgnet og over året til at vi ikke har målinger nok til å kunne si noe om NO_2 -konsentrasjoner i Oslo i hele beregningsperioden på grunnlag av beregnete NO_x -konsentrasjoner.

11 Beregninger av støv-felter og Pb-felter

På samme måte som ved NO_x -feltene er felter for PM_{10} /støv og for bly beregnet ved at spredningsfeltene F_t (i, j, k) og F_f (i, j, k) for henholdsvis trafikk og fyring er ganget med partikkelutslippet og blyutslippet i Tabell 12.

Tabell 15 viser et sammendrag av konsentrasjonsfeltene for NO_x , PM_{10} /støv og for bly.

Tabell 15: Sammendrag av konsentrasjonsfeltene for NO_x, PM₁₀/støv og for bly.

År	NO _x SUM			PARSUM			BLY BILTRAFIKK		
	MAX	MIN	SUM	MAX	MIN	SUM	MAX	MIN	SUM
1974	28.3	0.480	2378.65	5.63	0.037	328.2	0.185	0.0041	16.80
1975	42.5	0.752	3640.36	5.54	0.037	322.4	0.289	0.0064	26.20
1976	38.1	0.708	3405.90	4.14	0.025	244.7	0.285	0.0063	25.80
1977	44.8	0.746	3732.47	5.31	0.032	308.1	0.291	0.0064	26.40
1978	43.4	0.766	3725.40	4.82	0.029	284.9	0.296	0.0065	26.80
1979	46.2	0.867	4119.64	4.95	0.033	293.3	0.336	0.0075	30.50
1980	39.0	0.741	3550.25	4.08	0.024	243.0	0.281	0.0062	25.40
1981	37.9	0.680	3282.61	4.02	0.023	240.4	0.134	0.0030	12.20
1982	40.3	0.774	3576.62	4.34	0.024	257.7	0.146	0.0032	13.20
1983	35.6	0.718	3231.01	2.83	0.022	173.1	0.151	0.0033	13.60
1984	46.8	0.928	4125.35	2.77	0.022	177.5	0.198	0.0043	17.70
1985	50.1	1.016	4499.83	3.12	0.026	198.2	0.216	0.0047	19.40
1986	47.4	0.954	4245.53	2.99	0.025	193.8	0.185	0.0041	16.70
1987	49.2	1.002	4455.54	3.23	0.026	205.4	0.205	0.0045	18.40
1988	54.5	1.119	4906.10	2.89	0.023	189.7	0.262	0.0057	23.50
1989	61.0	1.243	5447.54	3.12	0.022	205.5	0.321	0.0070	28.80
1990	60.3	1.196	5333.55	3.33	0.018	216.8	0.253	0.0055	22.70
1991	57.7	1.132	5101.75	3.32	0.014	214.2	0.211	0.0046	19.00
1992	50.3	0.967	4436.03	3.28	0.009	208.1	0.149	0.0033	13.40
1993	48.9	0.896	4252.59	3.52	0.003	214.7	0.106	0.0023	9.53
1994	52.7	0.916	4528.94	3.61	0.009	220.4	0.019	0.0004	1.69
1995	47.0	0.813	4143.66	4.16	0.008	244.3	0.028	0.0006	2.51
1996	47.4	0.800	4079.52	4.04	0.009	237.9	0.009	0.0002	0.77
1997	43.6	0.714	3705.38	3.54	0.016	206.2	0.008	0.0002	0.73
1998	45.1	0.770	3931.53	3.35	0.019	198.7	0.010	0.0002	0.86

12 Tilleggsberegninger

12.1 Konsentrasjoner utenom Oslo

I løpet av forsøksperioden var det mange personer som for kortere eller lengre perioder bodde på andre steder enn i Oslo. For ikke å miste disse i undersøkelsen ble det derfor nødvendig å utarbeide en metode til å beregne konsentrasjonene for alle disse stedene. Metoden er beskrevet i detalj i Vedlegg E.

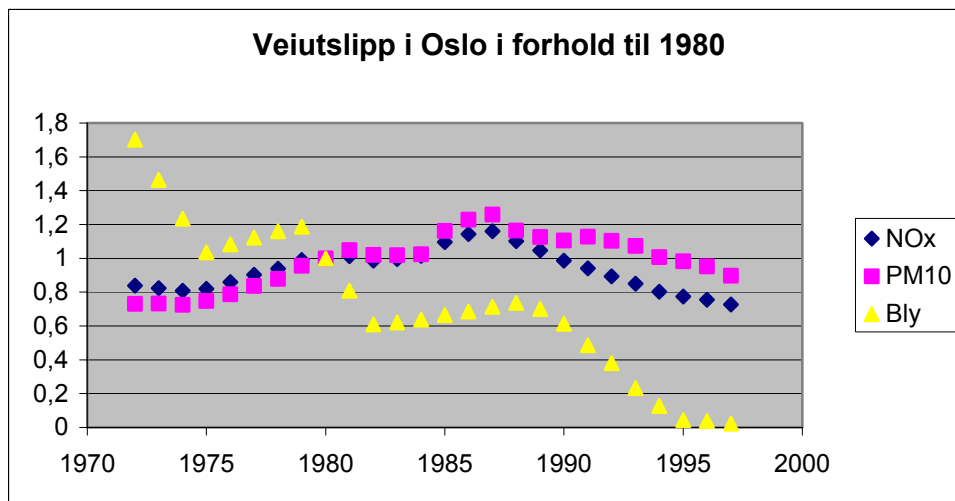
Vi fikk oppgitt postnummeret der personene bodde, og for alle aktuelle postnummere ble det tilordnet en forurensningsklasse 1-20, og for hver av disse ble det så anslått en grunnkonsentrasjon for året 1973 som vist i Tabell E.1. For å få konsentrasjonen på et bestemt sted i et gitt år ble forurensningsnivået multiplisert med en årsfaktor som vist i Tabell E.2.

$$\text{Konsentrasjon}(\text{år,stoff}) = \text{Grunnkonsentrasjon}(\text{sone,stoff}) * \text{årsfaktor}(\text{år}-1973)$$

12.2 Beregning av tilleggsbidrag for trafikkerte gater i Oslo

Ved beregningen av konsentrasjonsfeltene i Oslo fikk en verdier som er representative som et rute-middel. En rekke personer bodde i kortere eller lengre tid ved sterkt trafikkerte gater, og det var nødvendig å beregne et tilleggsbidrag fra trafikken for disse. I tillegg har trafikken i løpet av forsøksperioden blitt radikalt endret på mange steder. Metoden er beskrevet detaljert i Vedlegg F.

Først ble alle gatene utenfor en firkant begrenset av Vålerenga - Skøyen og Akershus - Sinsen/Grefsen (indre by) tatt vekk. Resten ble sortert etter ÅDT, og de ble inndelt i tre klasser, med ÅDT 10-17 000, 17-30 000 og over 30 000, og for hver av disse ble det beregnet maksimale CO-, NO₂-, NO_x-, PM₁₀- og bly-konsentrasjoner. Det ble ikke regnet med noe tilleggsbidrag for SO₂. Siden trafikktallene var fra modelleringen i 1979, ble gatekonsentrasjonene skalert etter utslippet, normert til året 1980, som vist i Figur 15. Enkelte av gatene har skiftet klasse i løpet av beregningsperioden pga. trafikkomlegging.



Figur 15: Relativt veiutslipp i Oslo 1972-1997. Utslippet i 1980 = 1.0.

Vi har ikke noe data til å gi en forskjellig tidsutvikling for NO_x og NO₂, men dette er avhengig av tidsutviklingen i O₃-verdiene, som vi ikke har noen måledata for.

13 Referanser

- Bartonova, A., Clench-Aas, J., Gram, F., Guerreiro, C., Larssen, S., Tønnesen, D. og Walker, S.E. (1998) Miljøundersøkelsene hovedveiomlegging Oslo Øst. Beregning av eksponering for luftforurensning knyttet til intervjuundersøkelsen. Kjeller (NILU OR 6/98).
- Gram, F., Grønскеi, K.E., Horntvedt, K., Hov, Ø., Isaksen, I.S.A. og Schjoldager, J. (1980) Fotokjemiske oksidanter i Grenland. Modellberegninger. Lillestrøm (NILU OR 1/80).

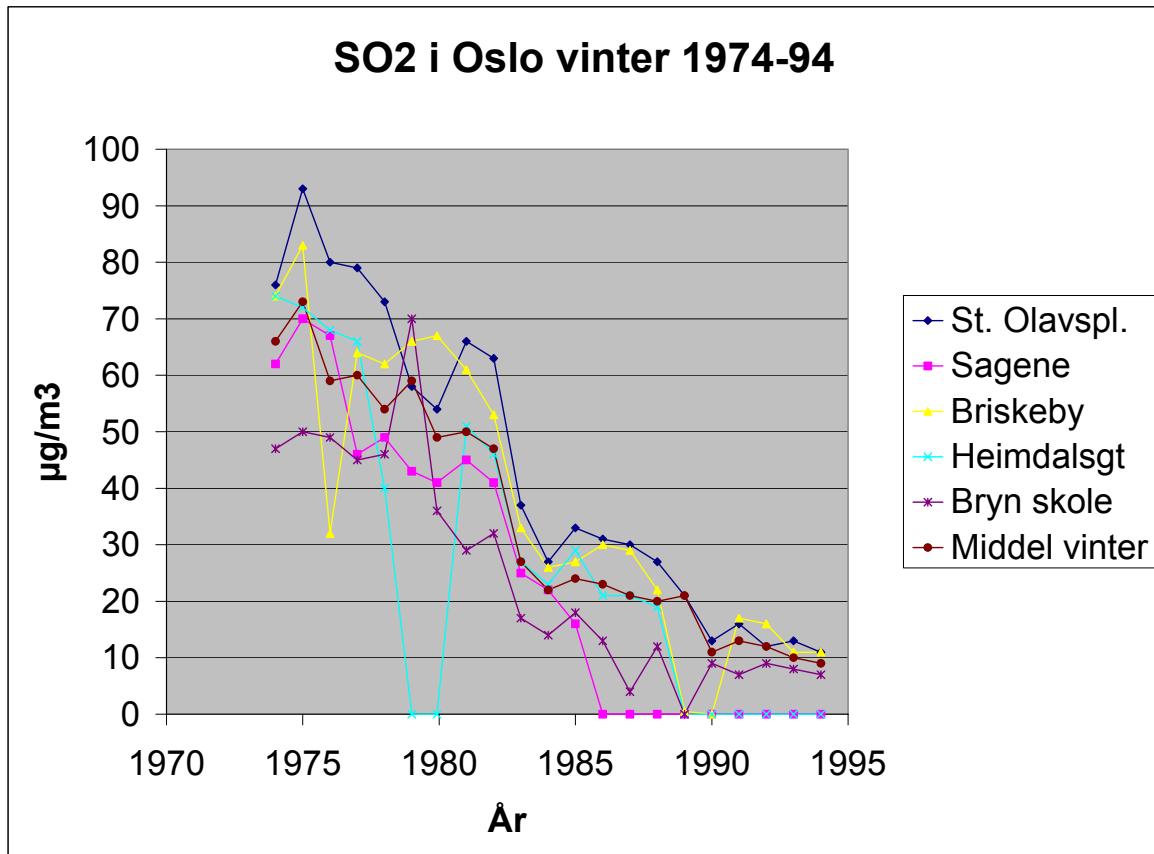
- Gram, F. (1982) Utslipp av luftforurensninger i Oslo-området 1979. Lillestrøm (NILU OR 10/82).
- Gram, F. (1994) Utslipp av NO_x og NMVOC i Oslo 1991. Nitrogenoksider og oksidanter i byområder; Dannelse og effekter. Kjeller (NILU OR 79/94).
- Gram, F. (1996) The "KILDER" air pollution modelling system, version 2.0. Kjeller (NILU TR 12/96).
- Gram, F. og Grønskei, K. E. (1987) Utslipp av luftforurensninger i Oslo-området 1985 og 2000. Lillestrøm (Upublisert NILU-notat).
- Grønskei, K.E., Joranger, E. og Gram, F. (1973) Assessment of air quality in Oslo, Norway. Appendix D til NATO/CCMS Document "Guidelines to Assessment of Air Quality (Revised) SO_x, TSP, CO, HC, NO_x and Oxidants". Kjeller (NILU IR 50/73).
- Grønskei, K.E., Gram, F., Larssen, S. og Walker, S.E. (2000) Evaluation of urban scale time-dependent dispersion model with subgrid elements in Oslo, Norway. Kjeller (NILU OR 57/2000).
- Hagen, L.O., Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1993) Nitrogenoksider og oksidanter i byområde; dannelse og effekter. Målinger av luftkvalitet og meteorologiske forhold i Oslo oktober 1991-juni 1992. Lillestrøm (NILU OR 32/93).
- Hagen, L. O., Schjoldager, J. og Østgaard, K. (1983) Klassifisering av luftforurensning. Lillestrøm (NILU OR 62/83).
- Joranger, E., Skogvold, O.F., Thyvold, M.J. og Grønskei, K.E. (1970) Luftforurensninger i Oslo vinteren 1969/70, del 3: SO₂-emisjon i Oslo - Oljeforbruksdata. Kjeller (NILU OR 15/70).
- Larssen, S. og Hagen, L.O. (1998) Luftkvaliteten i norske byer. Utvikling, årsaker, tiltak, framtid. Kjeller (NILU OR 69/98).
- Larssen, S. og Hoem, K. (1990) Overvåking av luftforurensninger fra biltrafikk 1989. Målinger i Oslo 1980-89. Lillestrøm (NILU OR 58/90).
- Larssen, S. og Røstad, A. (1993) Overvåking av luftforurensninger fra biltrafikk 1992. Målinger i Oslo 1989-92. Lillestrøm (NILU OR 7/93).
- Lindberg, W. (1968) Den alminnelige luftforurensning i Norge. Oslo, Røykskaderådet.
- SFT (1999) Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oppdatering av SFT-rapport 93:12. Oslo (SFT-rapport 99:04).
- SSB (1999) Energistatistikk 1998. Oslo, Statistisk sentralbyrå. (Norges Offisielle Statistikk, C 595).
- Torp, C., Tønnesen, D. og Larssen, S. (1995) Programdokumentasjon VLUFT versjon 3.1. Kjeller (NILU TR 3/94).

Vedlegg A

Målinger av SO₂ og sot i sentrale Oslo

Middelverdier for tilgjengelige døgnverdier for vinterhalvåret (oktober-mars) og sommerhalvåret (april-september). Antallet måleverdier har variert fra år til år.

		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Sagene	V	62	70	67	46	49	43	41	45	41	25	22	16									
Briskeby	V	74	83	32	64	62	66	67	61	53	33	26	27	30	29	22			17	16	11	11
Bryn skole	V	47	50	49	45	46	70	36	29	32	17	14	18	13	4	12		9	7	9	8	7
Heimdalsgt	V	74	72	68	66	40			51	46	27	23	29	21	21	19						
St. Olavspl.	V	76	93	80	79	73	58	54	66	63	37	27	33	31	30	27	21	13	16	12	13	11
Middel vinter		66	73	59	60	54	59	49	50	47	27	22	24	23	21	20	21	11	13	12	10	9
SO2		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Sagene	S	28	40	24	28	23	25	23	20	18	16	14										
Briskeby	S	28	49	24	31	26	30	28	20	17	15	12	14	9	20			6		8	9	
Bryn skole	S	24	24	23	22	23	50	21	10	10	7	5	5	5	4			2	4	4	5	
Heimdalsgt	S	33	44	30	30				20	21	16	14	14	12	20							
St. Olavspl.	S	36	37	36	35	31	25	26	21	17	14	9	11	11	8			4	6	8	9	
Middel sommer		29	38	27	29	25	32	24	18	16	13	10	11	9	13			4	5	6	7	
Forhold v/s		2.28	1.92	2.19	2.07	2.16	1.84	2.04	2.78	2.94	2.08	2.2	2.18	2.56	1.62			2.75	2.6	2	1.43	
Årsmiddel		47.5	55.5	43	44.5	39.5	45.5	36.5	34	31.5	20	16	17.5	16	17	14	14	7.5	9	9	8.5	
SOT		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Sagene	V	39	23	32	19	25	19	25	30	31	22	24	20									
Briskeby	V	50	48	41	31	41	36	48	48	43	35	38	37	37	37	25		29	43	33	27	31
Bryn skole	V	50	36	44	28	34	21	22	39	37	29	28	28	28	21	23		24	34	32	24	24
Heimdalsgt	V	58	44	46	32	31			43	42	34	33	34	37	33	25						
St. Olavspl.	V	50	50	49	35	40	35	32	46	54	42	42	43	39	34	45	65	50	36	28	26	25
Middel vinter		49	40	42	29	34	27	31	41	41	32	33	32	35	31			34	37	31	25	27
SOT		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Sagene	S	13		8	6	8	9	12	13	10	14	14						19	14	15	14	
Briskeby	S	16		11	10	14	25	19	21	13	22	20	15	21	20							
Bryn skole	S	13	9	9	7	9	7	8	13	10	9	10	10	9	10			10	11	11	9	
Heimdalsgt	S	19		14	10				22	16	16	19	17	19	20							
St. Olavspl.	S	24	24	20	18	20	16	14	27	25	24	24	22	23	15			18	14	14	13	
Middel sommer		17	16	12	10	12	14	13	19	14	17	17	16	18	16			15	13	13	12	
Forhold v/s		2.88	2.5	3.5	2.9	2.83	1.93	2.38	2.16	2.93	1.88	1.94	2	1.94	1.94			2.27	2.85	2.38	2.08	
Årsmiddel		33	28	27	19.5	23	20.5	22	30	27.5	24.5	25	24	26.5	23.5	22.3	41	24.5	25	22	18.5	



Vedlegg B

Målinger av sot, PM₁₀ og bly i Oslo

Middelverdier for tilgjengelige døgnverdier for vinterhalvåret (oktober-mars) og sommerhalvåret (april-september). Antallet måleverdier har variert fra år til år.

År	Sot, døgnprøver		PM ₁₀ , døgnprøver torsdag		Bly, februar	
	St. Olavsgt	N. Brunsgt	St. Olavsgt	N. Brunsgt	St. Olavsgt	N. Brunsgt
1979/80	64,5	43,5	60	49	1,56	0,62
1980/81	80,5	34	82	43	1,75	0,62
1981/82	84	51,5	82	59	0,98	0,31
1982/83	69,5	29,5	77	45	1,30	0,62
1983/84	58,5	28	30	20	0,71	0,24
1984/85	109	54		55	0,99	0,51
1985/86	73	34	74	51	0,79	0,43
1986/87	76,5	45	52	44	0,63	0,34
1987/88	60	21,5	46	31	0,48	0,12
1988/89	53	16,5	75	44	0,35	0,09
	Pilestredet	Februar	Pilestredet		Pilestredet	
1989/90	20,5	17	84	37	0,10	0,07
1990/91	51	25	61	39	0,18	0,07
1991/92	69,5	27	78	44	0,29	0,09
1992/93	26	27				
1993/94		23				
1994/95				24,5		
1995/96				26		
1996/97				23		
1997/98				22		
Sommer						
1980	33	13	69	31		
1981	34	11	41	27		
1982	44,5	16,5	56	25		
1983	33	10,5	22	11		
1984	43	13	45	24		
1992	14					
1993		13				

Vedlegg C

Middelverdier for tilgjengelige døgnverdier for vinterhalvåret (oktober-mars) og sommerhalvåret (april-september). Antallet måleverdier har variert fra år til år.

År	NO _x		NO ₂	
	St. Olavsgt	N. Brunsgt	St. Olavsgt	N. Brunsgt
Vinter				
Des 80/feb 81	474	131		
Jan/feb 82	322	127	173	
Jan/feb 83	427	155		
Jan/feb 84	371	79		
Jan/feb 85	465	176	170	
Jan/feb 86	486	215	179	
Jan/feb 87	459		153	
Jan/feb 88	328	101	64	
Jan/feb 89	381	133	58	45
	Pilestredet		Pilestredet	
Feb 90	120	53	38	31
Jan/feb 91	315	180	53	52
Okt 91/feb 92*	476	145	66	42
Jan/feb 92	484	176	66	46
Jan/feb 93	315	113	51	45
1993/94				43
1994/95		112		41
1995/96		106		42
1996/97		99		45
1997/98		77		34
Sommer				
1980		48		
1981	149			
1982	169	43		
1983	244	35		
1984	243	33		
Mai-juni 92*		39		30

I perioden 1980-93 ble det stort sett gjort målinger i månedene januar og februar. NO_x ble målt kontinuerlig ved kjemiluminescens NO-O₃, mens NO₂ ble bestemt ved 24 timers integrerte prøver ved TGS-ANSA-metoden, se Larssen og Hoem, 1990 og Larssen og Røstad, 1993.

* Fra NO_xO_x-programmet, se Hagen et al., 1993.

For senere målinger er NO, NO_x og NO₂ målt kontinuerlig ved kjemiluminescens NO - O₃.

Vedlegg D

Forurensningskonsentrasjoner i Norge 1973-1998

Forurensningskonsentrasjoner i Norge 1973-1998

Som et tillegg til forurensningsberegningene for Oslo er det gjort en beregning av forurensningskonsentrasjoner forskjellige steder i Norge til bruk i Helseundersøkelsen. Det gjøres oppmerksom på at verdiene som fremkommer kan være beheftet med store usikkerheter, men det er det nærmeste en kan komme, tatt i betraktning av at det gjelder konsentrasjoner som aldri har vært målt. Dessuten er det helt utenfor prosjektets ramme å gjøre detaljerte utslipps- og spredningsberegninger på alle mulige steder.

Vi har fått oversendt en fil med postnummere fra Lise Lund Håheim. Dette er steder som deltakerne har oppgitt at de har oppholdt seg i kortere eller lengre tid under undersøkelsen. En god del postnummere eksisterer ikke lenger, så det har vært en plundrete oppgave å få styr på listen. Alle postnummerne i listen er nå tilordnet et område med en stedskode, se Tabell E.1.

Tabell E.1: Grunnkonsentrasjoner 1973. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Kode	Sted	SO ₂	NO _x	Part	Pb
1	Småby/tettsted Østlandet	40	20	30	0,49
2	Landet Østlandet	30	10	40	0,25
3	Oslo-regionen	50	30	50	0,52
4	Drammen, Sarpsborg/Fredrikstad, Moss	60	15	50	0,42
5	Grenland	40	15	40	0,29
6	Småby/tettsted Sørlandet	8	10	25	0,32
7	Landet Sørlandet	6	5	20	0,15
8	Kristiansand	20	10	40	0,18
9	Stavanger-Sandnes	20	20	40	0,65
10	Småby/tettsted Vestlandet	15	5	25	0,25
11	Bergen	40	20	50	0,36
12	Landet Vestlandet	10	2	20	0,21
13	Odda, Sauda, Årdal, industristed Vestlandet	50	5	25	0,16
14	Småby/tettsted Møre/Romsdal	15	5	20	0,21
15	Landet Møre/Romsdal	10	2	15	0,15
16	Trondheim	30	15	50	0,53
17	Småby/tettsted Trøndelag og nordover	15	5	25	0,32
18	Industristed Trøndelag og nordover	25	5	20	0,29
19	Landet Trøndelag og nordover	10	2	15	0,15
20	Kirkenes	50	3	15	0,15

Hvert av områdene er så tilordnet et forurensningsnivå (grunnkonsentrasjon) normert til 1973, og for å få konsentrasjonen på et bestemt sted i et gitt år skal forurensningsnivået multipliseres med en årsfaktor som vist i Tabell E.2.

$$\text{Konsentrasjon}(\text{år}, \text{stoff}) = \text{Grunnkonsentrasjon}(\text{sone}, \text{stoff}) * \text{årsfaktor}(\text{år}-1973)$$

Årsfaktorene (trendkurver) er beregnet med utgangspunkt i SSBs beregninger av SO₂- og NO_x-utslippet i hele Norge 1973-2000. SO₂-utslippet viser en jevn nedgang, vesentlig p.g.a. overgang til lettere fyringsoljer og mindre kullforbruk,

men dessverre også p.g.a. nedleggelse av industri mange steder. Langs kysten er det endel skip i utenlandsk fart som ikke kommer med i de norske utslippsberegningene, men her ute er spredningsforholdene så gode at det neppe har så stor innflytelse på resultatene. For NO_x er det en jevn økning i takt med trafikkøkningen inntil slutten av 1980-årene, da katalysatoren gjorde sitt inntog i bilene. Det er også laget en trendkurve for partikler, som et middel av kurvene for SO_2 og NO_x , og for Pb, som et glidende treårsmiddel for Pb-utslippet i Oslo. Pb-utslippet viser en sprangvis nedgang etter hvert som det ble innført strengere reduksjoner i Pb-innholdet i bensin, og mellom sprangene er det en økning p.g.a. trafikkøkningen. Idag selges det omtrent ikke blyholdig bensin. Det har ikke vært anledning til innen prosjektets ramme å vurdere separate trendkurver for de forskjellige områdene, og enkelte industristeder kan i løpet av perioden ha gått over fra å være "industristed" til "småby/tettsted".

Forurensningsnivåene for et område er basert på en subjektiv vurdering av noen målte verdier, utslippstall, spredningsforhold, samt rapporten "Klassifisering av luftforurensning" av L. O. Hagen, Jørgen Schjoldager og Kurt Østgaard, NILU OR 62/83. Fra 1977 startet NILU et måleprogram for overvåking av luftforurensnings-tilstanden i Norge for Miljøverndepartementet. I årenes løp har dette opplegget blitt forandret flere ganger, spesielt ved at SO_2 -konsentrasjonene har gått ned og derved mistet noe av interessen, mens trafikkutslippene av NO_x (og målinger av NO_2) har fått større betydning. Målingene har stort sett vært foretatt i vintersesongen, men resultatene er justert til årsmiddelverdier. I en postnummerliste er det flere forskjellige postnummere innen en kommune, og spesielt rundt større byer kan det være store konsentrasjonsgradienter, men dette er det ikke tatt hensyn til ved fastsettelsen av både stedskoden og konsentrasjonsnivået. Det er mulig at flere postnummere skulle vært tilordnet verdier for "landet", i og med at de kan ligge nokså langt fra selve bykjernen. For "landet" er det tildels benyttet verdier fra de norske bakgrunns-stasjonene, "tilbakeskrevet" til 1973 ved sammenligninger med måleresultater bl.a. fra Birkenes. I 70-årene var det mange steder med industri med meget store SO_2 -utslipp og med tilsvarende mange overskridelser av dagens grenseverdier. For å kunne gi et helt riktig bilde av konsentrasjonsutviklingen ville det være nødvendig med i første rekke detaljerte eller i hvert fall årlige utslippstall for hver bedrift, dernest å vite hvor i forhold til fabrikkens deltakerne i helse-undersøkelsen bodde.

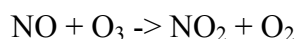
1 oktober 1986 startet en med rutinemessige målinger av nitrogendioksid (NO_2) på 9 stasjoner i vinterhalvåret. Måleverdiene holdt seg på et jevnt nivå omkring $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fram til ca. 1990, og siden har verdiene gått nedover. Høsten 1994 startet oppbyggingen av et nytt og moderne overvåkingsprogram for luftkvalitet i en del av de største byene her i landet der målinger og modellberegninger skal kombineres på en kostnadeffektiv måte. Beregnings- og måleopplegget er konsentrert om nitrogenoksider (NO , NO_2 , NO_x) og svevestøv ($\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10}), som anses som de viktigste lokale luft-forurensningsproblemer i Norge idag.

For bly har det i årenes løp vært foretatt målinger i noen byer i februar og august måned, vesentlig langs sterkt trafikkerte veier. I perioden 1977-1983 lå middelverdien for 7 byer på $0.5\text{-}0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens i 1984 sank verdien til 0.24 i forbindelse med nedgangen i høyoktan bensin fra 0.4 g/l til 0.15 g/l i september 1983.

Tabell E.2: Årsfaktor, tidsutvikling i forurensningskonsentrasjoner 1973-2000.
Basis: 1973=1,000.

År	SO2	NOx	Part	Pb
1973	1,000	1,000	1,000	1,000
1974	0,947	0,995	0,971	0,850
1975	0,927	0,993	0,960	0,763
1976	0,920	1,021	0,970	0,738
1977	0,929	1,028	0,978	0,766
1978	0,924	1,057	0,991	0,790
1979	0,906	1,049	0,977	0,762
1980	0,875	1,033	0,954	0,682
1981	0,803	1,007	0,905	0,551
1982	0,731	1,002	0,866	0,464
1983	0,662	1,045	0,853	0,425
1984	0,635	1,101	0,868	0,438
1985	0,609	1,177	0,893	0,452
1986	0,560	1,227	0,894	0,470
1987	0,495	1,248	0,872	0,486
1988	0,425	1,238	0,831	0,490
1989	0,381	1,221	0,801	0,467
1990	0,331	1,195	0,763	0,410
1991	0,285	1,169	0,727	0,337
1992	0,248	1,164	0,706	0,250
1993	0,227	1,171	0,699	0,168
1994	0,221	1,182	0,702	0,092
1995	0,217	1,194	0,705	0,047
1996	0,207	1,213	0,710	0,023
1997	0,199	1,232	0,715	0,018
1998	0,190	1,246	0,718	0,015
1999	0,180	1,233	0,706	0,013
2000	0,175	1,230	0,702	0,012

I OR 62/83 er det referert til målinger av ozon, som har pågått i nedre Telemark siden 1975, i Oslo siden 1977 og i Aust-Agder siden 1981. Langs kysten fra Halden til Kristiansand er det et belte 20-40 km fra kysten der en kan vente ozonverdier over 200 µg/m³ i løpet av et sommerhalvår, og et område i sør-Norge opp til Sognefjorden 150 km fra kysten der en kan vente ozonverdier over 120 µg/m³. NO oksideres av ozon (vesentlig langtransportert) til NO₂.



NO₂ har helsemessig betydning, mens NO er nokså harmløs. Det er derfor en har fått grenseverdier for NO₂-konsentrasjoner.

Vedlegg E

Tilleggskonsentrasjoner ved sterkt trafikkerte gater i Oslo 1973-1998

Tilleggskonsentrasjoner ved sterkt trafikkerte gater i Oslo 1973-1998

Ved beregningen av konsentrasjonsfeltene i Oslo gjelder dette verdier som er representative som et rute-middel. I tillegg kan en person være utsatt for en tilleggskonsentrasjon p.g.a. nærliggende industri eller fra sterkt trafikkerte gater. I de første årene av beregningsperioden vil vi nok ha endel personer som har vært utsatt for høyere konsentrasjoner fra industriutslipp, men i løpet av beregningsperioden er omtrent all industri i Oslo forsvunnet. Vi har fortsatt noen få punktkilder, men de har så høye skorsteiner at bidraget fra disse er minimalt. En del av konsentrasjonsbidraget på 70-tallet er med blantarealkildene, på grunn av at utslippene skjedde gjennom lave skorsteiner.

Viktige forutsetninger for å få høye gatekonsentrasjoner er:

- det er stor trafikk i gaten
- det er til tider dårlig trafikkflyt i gaten.
- det er en **gate**, d.v.s. fasader på begge sider
- gaten er relativt smal (gir dårlig utveksling av forurensningene).

For å beregne tilleggsbidraget i sterkt trafikkerte gater er det tatt utgangspunkt i en kombinert trafikkfil med tre trafikksett fra forurensningsberegningene i 1979 (Gram, 1982), fra Transport-plan Oslo-Akershus (Gram et al., 1992), og fra miljøundersøkelsen i Gamlebyen/Ekeberg (Bartonova et al., 1998). Filen ble også supplert med data fra trafikktegninger i forbindelse med Oslo Helseråds støyberegninger i perioden 1975-80. På filen ble først alle gater med ÅDT (årsdøgnetrafikk) mindre enn 10 000 biler/døgn strøket. Dernest ble alle gatene utenfor en firkant begrenset av Vålerenga - Skøyen og Akershus - Sinsen/Grefsen (indre by) tatt vekk. Resten ble sortert etter ÅDT, og de ble inndelt i tre klasser med data som vist i tabell F.1.

Tabell F.1: Gateklasser i Oslo sentrum.

Klasse	ÅDT	Middel	Midlere veibredde
A	10 000 - 17 000	15 000	12 m
B	17 000 - 30 000	23 000	16 m
C	over 30 000	43 500	22 m

I neste trinn ble Nordisk Beregningsmetode for Bilavgasser (NBB) brukt til å beregne maksimale CO- og NO₂-konsentrasjoner for gatene ved en hastighet på 50 km/h som vist i Tabell F.2. Det ble så regnet med en NO₂-andel på 10 %, og PM₁₀-verdier på halvparten av NO₂-verdiene, og blyverdier på 1/20 av dette. Det ble ikke regnet med noe tilleggsbidrag for SO₂.

Vi fikk tilsendt en fil med alle adresser til deltakerne i helseundersøkelsen, og alle gatene som ikke hadde deltakere ble strøket. For de andre ble det lagt inn 1, 2 eller 3 etter inndelingen ovenfor, ut fra trafikk tall ca. 1980, 1990 og 1995. For noen veier ble koden 0, p.g.a at veien ikke eksisterte i 1980, eller at den er stengt senere. Det er ingen direkte kobling mellom gatenummer fra helsefilen og

koordinatene på veifilen, men bostedskoordinatene for alle deltakerne er gitt i helsefilen. Veifilen er ikke vist her.

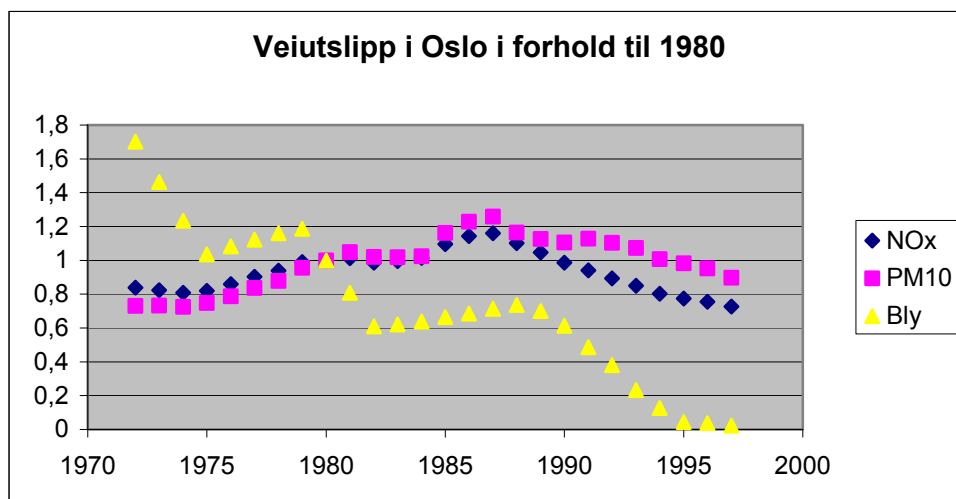
Tabell F.2: Gatekonsentrasjoner langs hovedveier.

Klasse	ÅDT	CO	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	Pb
		mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
A	15 000	0.62	6.3	63	3	0.15
B	23 000	1.12	11.2	112	6	0.30
C	43 500	1.67	16.2	162	8	0.40

Siden de første trafikktallene var fra omkring 1980, er 1980 valgt som referanseår for tidsutviklingen. Fra Tabell E.2 ble det regnet et midlere trafikkslipp for perioden 1978-85, og årsutslippet i forhold til dette. Til slutt ble denne prosenten midlet over glidende treårsperioder for å jevne ut tilfeldige variasjoner, som vist i Tabell F.3 og Figur F.1.

Tabell F.3: Tidsvariasjon for gatebidraget i Oslo.

År	NO _x	PM10	Bly
1972	0.838	0.731	1.702
1973	0.823	0.733	1.463
1974	0.808	0.724	1.235
1975	0.820	0.748	1.035
1976	0.859	0.787	1.082
1977	0.902	0.837	1.122
1978	0.939	0.879	1.160
1979	0.989	0.956	1.187
1980	1.000	1.000	1.000
1981	1.012	1.049	0.809
1982	0.987	1.020	0.610
1983	0.995	1.019	0.620
1984	1.014	1.024	0.638
1985	1.096	1.162	0.664
1986	1.143	1.229	0.685
1987	1.161	1.259	0.713
1988	1.102	1.164	0.737
1989	1.046	1.127	0.701
1990	0.987	1.105	0.614
1991	0.941	1.128	0.486
1992	0.893	1.104	0.380
1993	0.849	1.073	0.232
1994	0.802	1.006	0.127
1995	0.774	0.982	0.044
1996	0.755	0.952	0.037
1997	0.726	0.898	0.022
1998	0.712	0.883	0.017



Figur F.1: Relativt veitusslipp i Oslo 1972-1997. Utslipet i 1980 = 1.0.

Vi ser av Figur F.1 først og fremst effekten av reduksjonene i blyinnholdet i bensinen. Det er store sprang i utslippet (som blir mindre p.g.a. det glidende midlet), og innimellom øker utslippet p.g.a. trafikkøkningen. For NO_x øker utslippet jevnt med trafikkøkningen frem til slutten av 80-tallet, hvoretter effekten av katalysator bidrar til å dempe effekten av trafikkøkningen. Både katalysator på bensinbiler og tiltak på diesebilene gir reduserte PM₁₀-utslipp.

For å beregne gatebidraget skaleres konsentrasjonene fra Tabell F.2 med faktorer fra Tabell F.3. Som eksempel vil vi se på Bentsebrugt. Den hadde en ÅDT på 8000 i 1979, mens trafikken ble beregnet til 17 686 i 1990 og 1995 (noe av denne trafikken kan ha gått på mindre gater som ikke var med i trafikkmodellberegningene). Dermed blir den en klasse 1-gate i 1980, 2 i 1990 og 1995. I 1980 skal den ha verdiene 6.3 µg/m³ NO₂, 63 µg/m³ NO_x, 3 µg/m³ PM₁₀ og 0.15 µg/m³ bly. For 70-årene skal disse verdiene ganges med tall fra 0.7 til 1.7. Opp til 1985 skal verdiene ganges med verdier mellom 1.0 og 1.16 for NO_x og PM₁₀, mens blyverdiene går ned til 0.66. Senere er gaten klassifisert som en klasse 2-gate, men vi vet ikke når dette skiftet var. Fra 1985 har den verdiene 11.2, 112, 6 og 0.3, og etter hvert forsvinner blybidraget.

Vi har ikke noe data til å gi en forskjellig tidsutvikling for NO_x og NO₂, men dette er avhengig av tidsutviklingen i O₃-verdiene, som vi ikke har noen måledata for.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 60/2002	ISBN 82-425-1409-7 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 57	PRIS NOK 150,-
TITTEL Konsentrasjoner av SO ₂ , NO _x , partikler og bly i Oslo 1973-1998 Samarbeidsprosjekt om luftforurensning og helse i Oslo		PROSJEKTLEDER Frederick Gram	
		NILU PROSJEKT NR. O-100090	
FORFATTER(E) Frederick Gram og Knut Erik Grønскеi		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Per Nafstad	
OPPDRAKSGIVER Nasjonalt folkehelseinstitutt Geitmyrsveien 75 0462 Oslo			
STIKKORD Konsentrasjonsfelt	Oslo	Eksposering	
REFERAT Det er beregnet årlige konsentrasjonsfelter av SO ₂ , NO _x , partikler og bly i Oslo for årene 1973-1998. Beregningene tar utgangspunkt i detaljerte beregninger for 1979 og 1995, måledata og utslippsdata. SO ₂ -konsentrasjonene har gått drastisk ned, mens NO _x -konsentrasjonene har holdt seg på samme nivå.			
TITLE Concentrations of SO ₂ , NO _x , particles and lead in Oslo 1973-1998			
ABSTRACT Based upon detailed calculations for 1979 and 1995, measurements and emission data, annual concentration fields are calculated. The SO ₂ -concentrations are drastic reduced, while the NO _x -concentrations are at the lame level.			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres