

NILU: OR 27/2008
REFERANSE: O-108058
DATO: JUNI 2008
ISBN: 978-82-425-1976-4

**Beregning av utslipp til luft
og spredning fra Shells
raffineri ved Sola**
**Bidrag til Kreftregisterets Sola-
prosjekt**

Tore Flatlandsmo Berglen og Karl Idar Gjerstad

Innhold

	Side
Sammendrag	2
1 Innledning	3
2 Luftkvalitetskriterier og grenseverdier	3
3 Bakgrunnsinformasjon	5
3.1 Meteorologi	6
4 Utslipp	7
5 Årsmidlede bakkekonsentrasjoner	9
5.1 Enhetsutslipp	9
5.2 VOC	13
5.3 Partikler	15
5.4 NO _x	17
5.5 SO ₂	18
6 Oppsummering og konklusjon	20
7 Referanser	20

Sammendrag

Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Kreftregisteret utført spredningsberegninger for Shells raffineri ved Sola. Raffineriet var i drift fra 1967-2000 og det har i ettertid oppstått en bekymring blant naboer og tidligere ansatte med tanke på kreftrisiko på grunn av utslipp fra raffineriet. I den anledning ønsker Kreftregisteret å gruppere tidligere ansatte og beboerne i kommunen etter graden av eksponering.

Det er tre forskjellige kildepunkter ved raffineriet; en 90 m høy skorstein, et 60 m høyt flammearn, samt diffuse utslipp fra selve raffineridelen. Raffineriet slapp ut VOC (bl.a. benzen), partikler, NO_x og SO₂. VOC ble hovedsakelig sluppet ut som diffuse utslipp fra selve produksjonsdelen, NO_x hovedsakelig fra skorsteinen, og partikler og SO₂ fra både skorstein og flammearn. Mengden som ble sluppet ut av de forskjellige komponentene varierte over driftsperioden.

Ved Sola kommer vinden hovedsakelig fra nordvest og fra sørøst (dominerende vindretning). Utslippene fra raffineriet spres derfor mest i sørøstlig og nordvestlig retning. I beregningene er det benyttet meteorologiske data (vindretning, vindhastighet og stabilitet) fra Sola lufthavn.

I denne rapporten har NILU først beregnet årsmidlede bakkekonsentrasjoner i nærområdet til raffineriet fra et såkalt enhetsutslipp (1 g/s). Deretter har vi skalert disse resultatene og beregnet bakkekonsentrasjoner av VOC, partikler, NO_x og SO₂ for årene med maksimum utslipp av den angjeldende komponent.

Utslippene fra skorsteinen og flammearnet får et visst løft fra punktet der de slippes ut og utslippet spres og tynges godt før det når bakken. Maksimum konsentrasjon av utslippet fra disse to punktene finner man derfor 4-5 km fra raffineriet, nedstrøms i dominerende vindretning. Det er to maksima, et mot nordvest og et mot sørøst, hvor maksimum mot sørøst er størst. Diffuse utslipp har logisk nok størst konsentrasjon rett ved raffineriet, men også her ser vi spredning i de to dominerende vindretningene.

Maksimum beregnet årsmiddelkonsentrasjon av VOC (fra diffuse utslipp) er 104 µg/m³ i raffineriets nærområde mens maksimum årsmiddelkonsentrasjon av benzen er 2,3 µg/m³. For partikler er maksimum beregnet årsmiddelkonsentrasjon 0,11 µg/m³, for NO_x er maksimum årsmiddelkonsentrasjon 0,26 µg/m³ og for SO₂ er maksimum årsmiddelkonsentrasjon 2,8 µg/m³. Disse tre sistnevnte komponentene slippes ut fra skorstein/flammearn og har derved maksimum konsentrasjon 4-5 km fra raffineriet.

Alle beregnede maksimumskonsentrasjoner er lavere enn nasjonale og internasjonale luftkvalitetskriterier og grenseverdier.

Beregning av utslipp til luft og spredning fra Shells raffinering ved Sola

Bidrag til Kreftregisterets Sola-prosjekt

1 Innledning

Kreftregisteret har bedt Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) om å foreta beregninger av utslipp til luft fra Shells raffinering på Sola og spredning av disse. Kreftregisteret har nå et større prosjekt hvor de ser på kreftforekomsten blant ansatte og naboer til raffinering. NILUs rapport vil være bakgrunnsmateriale for Kreftregisterets prosjekt.

Shells raffinering ved Sola var i drift fra 1967 til 2000, og det har nå i ettertid oppstått en bekymring blant naboer og tidligere ansatte med tanke på kreftisiko på grunn av utslipp fra raffinering. For å undersøke sammenhengen mellom kreftforekomst og eventuell eksponering fra raffinering ønsker Kreftregisteret å gruppere beboerne i kommunen etter graden av eksponering. I denne rapporten presenterer NILU utslippsberegninger som viser årsmidlede bakkekonsentrasjoner av utslipp i nærområdet til raffinering. NILUs beregninger og resultater vil bli sammenlignet med nasjonale og internasjonale luftkvalitetskriterier og grenseverdier.

I denne rapporten har vi innhentet opplysninger og brukt bakgrunnsinformasjon fra forskjellige kilder, bl.a.:

- Utslippstall fra Shells raffinering ved Sola slik de er rapportert til norske myndigheter.
- Utslippstall og utslippsforhold fra Shells raffinering ved Fredericia (DK).
- Pressemelding om luftforurensningssituasjonen i Jærregionen (1973).
- Spørreskjema for kartlegging av utslipp til luft fra SFT til Shell (1985).
- NILUs rapport om utslippsmålinger fra raffinering (Sivertsen og Vassbotn, 1988)
- NILUs rapport om utslippsmålinger med sporstoffteknikk (Tønnesen, 1993)
- NILUs rapport om utslipp til luft fra energianlegg på Forus (Haugsbakk, 2001)

2 Luftkvalitetskriterier og grenseverdier

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte og beregnede konsentrasjoner med luftkvalitetskriterier eller grenseverdier for luftkvalitet.

EU har nå fastsatt nye grenseverdier for luftkvalitet for EU (inkludert EØS-området). Disse har i hovedsak tatt utgangspunkt i Verdens helseorganisasjons anbefalte retningslinjer (WHO, 1999). EUs grenseverdier for midlingstider 1 time, 8 timer eller 24 timer kan tillates overskredet et visst antall ganger i året. Disse

grenseverdiene vil gjennom EØS-avtalen også gjelde i Norge. Disse grensene er til dels betydelig strengere enn gjeldende forskrifter i Forurensningsloven.

Regjeringen vedtok høsten 1998 Nasjonale mål for luftkvalitet for byer og tettsteder som skal overholdes fra 1.1.2005 (PM₁₀, SO₂) eller innen 1.1.2010 (PM₁₀, NO₂, benzen). Disse kravene er bygget opp som de nye EU-kravene, men verdiene er litt strengere. Alle offentlige data og rapportering om framdriften i miljøarbeidet, utviklingen i miljøtilstand osv. og virkningsberegninger i nasjonale transportplaner skal legges opp etter disse målene.

SFT har i samarbeid med Folkehelseinstituttet utarbeidet såkalte anbefalte luftkvalitetskriterier. Disse er satt ut fra at eksponeringsnivåene må være 2-5 ganger høyere enn kriteriene (faktoren varierer fra stoff til stoff) før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. Overskridelser kan derfor ikke tolkes som definitivt helseskadelige, men en kan heller ikke utelukke effekter hos spesielt sårbare mennesker ved nivåer under kriteriene. Disse kriteriene er betydelig lavere enn EUs grenseverdier og Nasjonale mål. I motsetning til de kravene som er nedfelt i forskriften og EUs grenseverdier er SFTs kriterier ikke juridisk bindende.

SFTs luftkvalitetskriterier har de laveste verdiene, og når luftkvaliteten tilfredsstillende disse verdiene er de andre også oppfylt. Tabell 1 gir et sammendrag av de ulike grenseverdiene og kriteriene.

I tillegg fins det Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære. Normene er satt for bruk ved vurdering av arbeidsmiljøstandarden på arbeidsplasser der luften er forurenset av kjemiske stoffer. Normene er satt ut fra tekniske, økonomiske og medisinske vurderinger. Selv om normene overholdes er man derfor ikke sikret at helsemessige skader og ubehag ikke kan oppstå. Dette er normer som er satt i forhold til arbeidsmiljø og ikke naturmiljø. Dersom disse normene skal overføres til indikative grenseverdier for naturen er det vanlig å dividere Administrative normer med en faktor i intervallet 30 – 70 avhengig av hvilke stoff det er snakk om.

Tabell 1: SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier, Nasjonale mål og EUs grenseverdier for luftkvalitet med hensyn til virkning på helse. Grenseverdiene er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stoff	Definert grenseverdi	Midlingstider			
		1 time	24 timer	6 måneder	År
NO ₂	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier	100	75	50	30
	Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)	150 * (8 per år)			
	EUs grenseverdier (antall tillatte overskridelser)	200 * (18 per år)			40*
PM ₁₀	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier		35	Ny verdi skal utarbeides	
	Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)		50 (25 per år) 50 * (7 per år *)		
	EUs grenseverdier (antall tillatte overskridelser) Grenseverdier for 2010 er veiledende.		50 (35 per år) 50 * (7 per år)		40 20*
SO ₂	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier		90	40	
	Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)		90		
	EUs grenseverdier (antall tillatte overskridelser) Grenseverdier for 2010 er veiledende.		125 (3 per år)		
VOC	Administrativ norm	400			
Benzen	Nasjonalt mål				2
	EUs anbefalte grenseverdi				5*

* skal overholdes innen 1.1.2010

3 Bakgrunnsinformasjon

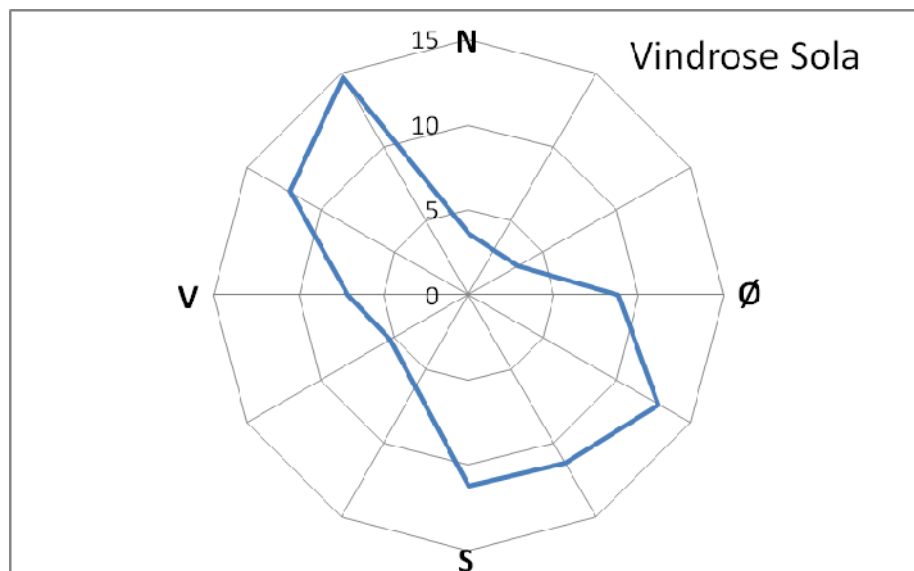
Shells raffineri ved Sola lå ved sjøen nordvest for Sola lufthavn. Raffineriet var i drift fra 1967 og ble lagt ned i 2000. I dag er installasjonene fjernet. Figur 1 viser et oversiktsbilde av raffineriet sett fra nordvest. Det gir et godt inntrykk av tankfarmen og raffineridelen, man ser også plasseringen av hovedskorsteinen (90 m) og flammertårnet (60 m). I bakgrunnen sees spredt bebyggelse, dvs. sørøst for raffineriet. Mot vest og nordvest er det sjø, mens rett nord for raffineriet er bebyggelsen på Tananger (halvøy). Se ellers resultatkapitlet for mer informasjon om geografisk plassering og kart (kap. 5).



Figur 1: Luftfoto av raffineriet sett fra nordvest. Nærmest er utskipingshavn, dernest tankfarm og lengst bort selve raffineridelen. Legg merke til skorsteinen (90 m, rød og hvitstripete) og flammestårn (60m, mot venstre). I bakgrunnen er spredt bebyggelse. Foto fra Norske Shell A/S.

3.1 Meteorologi

I disse beregningene har vi brukt meteorologiske data fra Sola lufthavn. Målingene av meteorologi ble utført i tidsrommet 1. mars 1971-29. februar 1972 og regnes som representative for forholdene i området ("typisk vær").



Figur 2: Vindrose for Sola brukt i beregningene. Viser prosentvis fordeling av hvor vinden kommer fra for 12 ulike sektorer.

Vindrose er vist i Figur 2. Den viser prosentvis fordeling av hvor vinden *kommer fra*. Vindrosen viser eksempelvis at vinden kommer fra N-NV i 15% av tiden. Vi ser av figuren at det er to dominerende vindretninger, vinden kommer hovedsakelig fra nordvest og fra sørøst.

4 Utslipp

Det er tre kildepunkter ved raffineriet som slipper ut VOC (bl.a. benzen), partikler, NO_x og SO_2 . Tabell 2-Tabell 4 viser utslippstallene slik de er gitt av Krefregisteret. Disse er igjen basert på innrapporterte tall. Av tabellene ser vi at det er mange år hvor det ikke finnes angivelse av utslippene. Blant de årene hvor det finnes utslippstall ser vi at det var maksimum utslipp av VOC i 1989, maksimum NO_x i 1986 og maksimum SO_2 i 1976 (se også Tabell 5). VOC og NO_x slippes hovedsakelig ut fra et kildepunkt (hhv. diffuse utslipp og skorstein). SO_2 og partikler slippes ut fra to kildepunkter, det er utslipp både gjennom skorsteinen og fra flammestårnet. Nitrogenoksider er oppgitt som NO_x , men vi har ingen informasjon om fordelingen mellom NO og NO_2 . I det etterfølgende regner vi og benevner dette som NO_x . For partikler har vi kun et estimat å forholde oss til; $2,32 \text{ g}_{\text{partikler}}/\text{s}$.

De fysiske utslippsparemetrene som ble brukt i beregningene er gitt i Tabell 6.

Tabell 2: Utslipp av VOC for tidsrommet 1989-1999 slik de er oppgitt av Krefregisteret. Tall fra årene før 1989 er ikke kjent. -: ikke oppgitt. Enhet: tonn / år.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
VOC											
Flammetårn	-	-	-	-	-	-	-	12	9	12	-
Diffuse utsl.	3947	-	-	-	3198	3196	3293	3271	3195	2757	2541
Totalt	3947	-	-	-	3198	3196	3293	3283	3204	2769	2541

Tabell 3: Utslipp av NO_x for tidsrommet 1986-1999 slik de er oppgitt av Krefregisteret. Tall fra årene før 1986 er ikke kjent. -: ikke oppgitt. Enhet: tonn / år.

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
NO_x														
Skorstein	498	-	-	-	-	249	260	387	339	271	294	287	285	295
Flammetårn	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-
Totalt	498	-	-	-	-	249	264	389	339	271	294	287	285	295

Tabell 4: Utslipp av SO₂ for tidsrommet 1975-1994 slik de er oppgitt av Krefregisteret. Tall fra årene før 1975 er ikke kjent. -: ikke oppgitt. Enhet: tonn / år.

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
SO₂																				
Skorstein	515	630	-	-	-	643	344	571	473	526	587	430	422	398	326	249	351	199	166	258
Flammetårn	725	1130	-	-	-	1063	1212	768	294	416	481	640	281	407	234	480	312	178	132	48
Totalt	1240	1760	1754	1700	1620	1706	1556	1339	767	942	1068	1070	703	805	560	729	663	377	298	306

Tabell 5: Utslippstall for årene med maksimumsutslipp, omregnet til g/s. *For benzen har vi antatt at det utgjør 2,2% av VOC (2,8 g av totalt 125,1 g, se Tønnesen, 1993). ¶ For partikler har vi antatt samme fordeling skorstein/flammetårn som for gjennomsnittlig SO₂, dvs. 45% gjennom skorstein og 55% fra flammetårnet.

	Utslipp tonn/år	Utslipp g/s
VOC (maksimum 1989)		
Diffuse utslipp	3 947	125,2
Benzen *		2,8
NOx (maksimum 1986)		
Skorstein	498	15,8
SO₂ (maksimum 1976)		
Skorstein	630	20,0
Flammetårn	1 130	35,8
Partikler[¶]		2,32
Skorstein		1,04
Flammetårn		1,28

Tabell 6: Andre utslippsparametre brukt i beregningene. Basert på opplysninger fra Kreftregisteret og tilpasset NILUs modell.

	Skorstein	Flammetårn	Diffuse utslipp
Pipehøyde	90 m	60 m	5m
Skorsteinsdiameter	3,8m	volumkilde	volumkilde
Utslippshastighet	7,3 m/s	volumkilde	volumkilde
Utslippstemperatur	503 K	1 073 K	283 K
Utslippsvolum	170 000 Nm ³ /h		

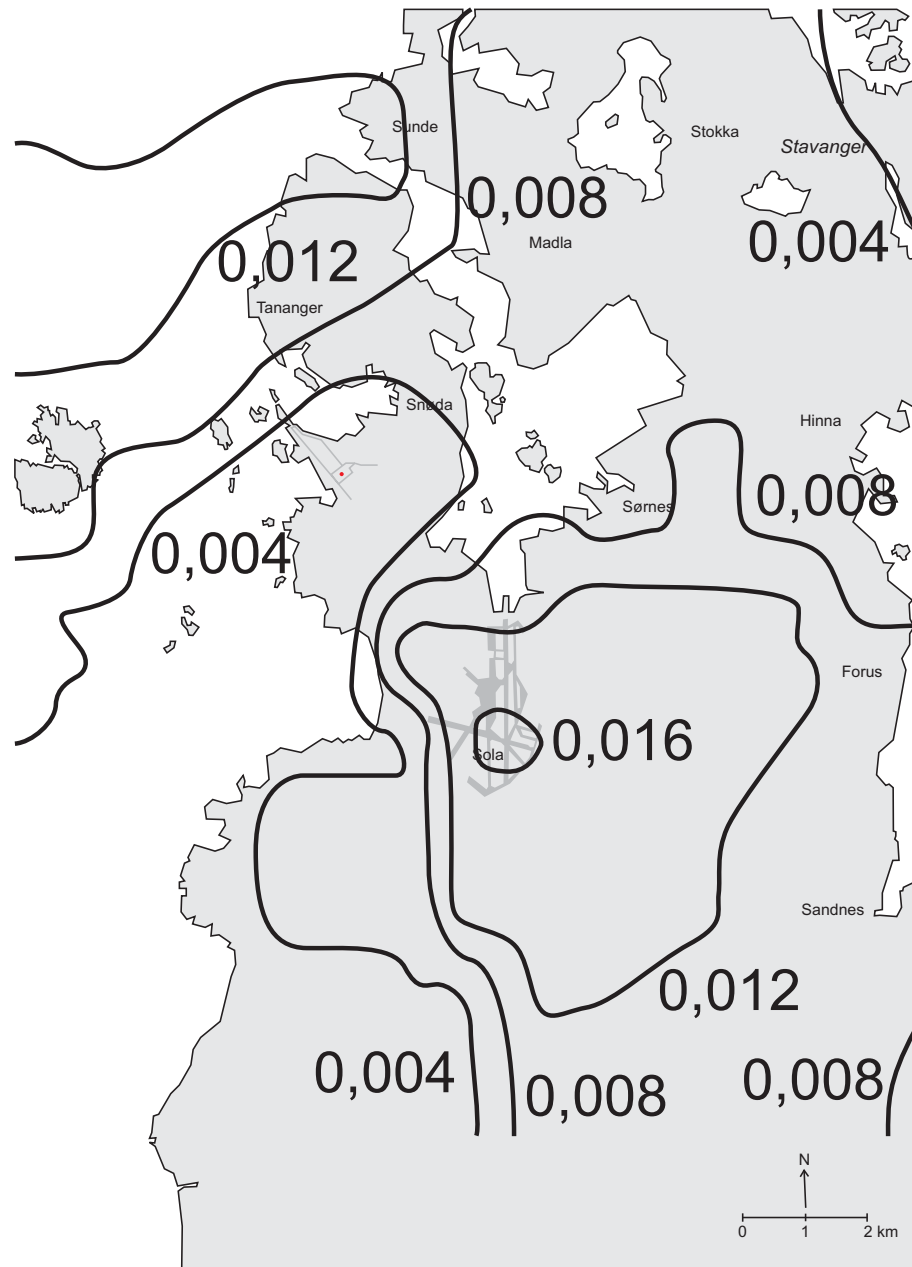
5 Årsmidlede bakkekonsentrasjoner

I denne studien har vi beregnet årsmiddelkonsentrasjon rundt Shells raffineri ved hjelp av CONDEP-modellen (Bøhler, 1987). CONDEP er en enkel og fleksibel modell som basert på enkle meteorologiske data (dvs. vindrose) og utslipp beregner konsentrasjon rundt et eller flere utslippspunkt. De meteorologiske forholdene som er brukt er nærmere beskrevet i kap 3. I denne studien er CONDEP kjørt med horisontal gridruteoppløsning 1 km, i alt 20×20 km² modellområde med raffineriet plassert i midten. De fysiske utslippsparemetrene som ble brukt er beskrevet i Tabell 6.

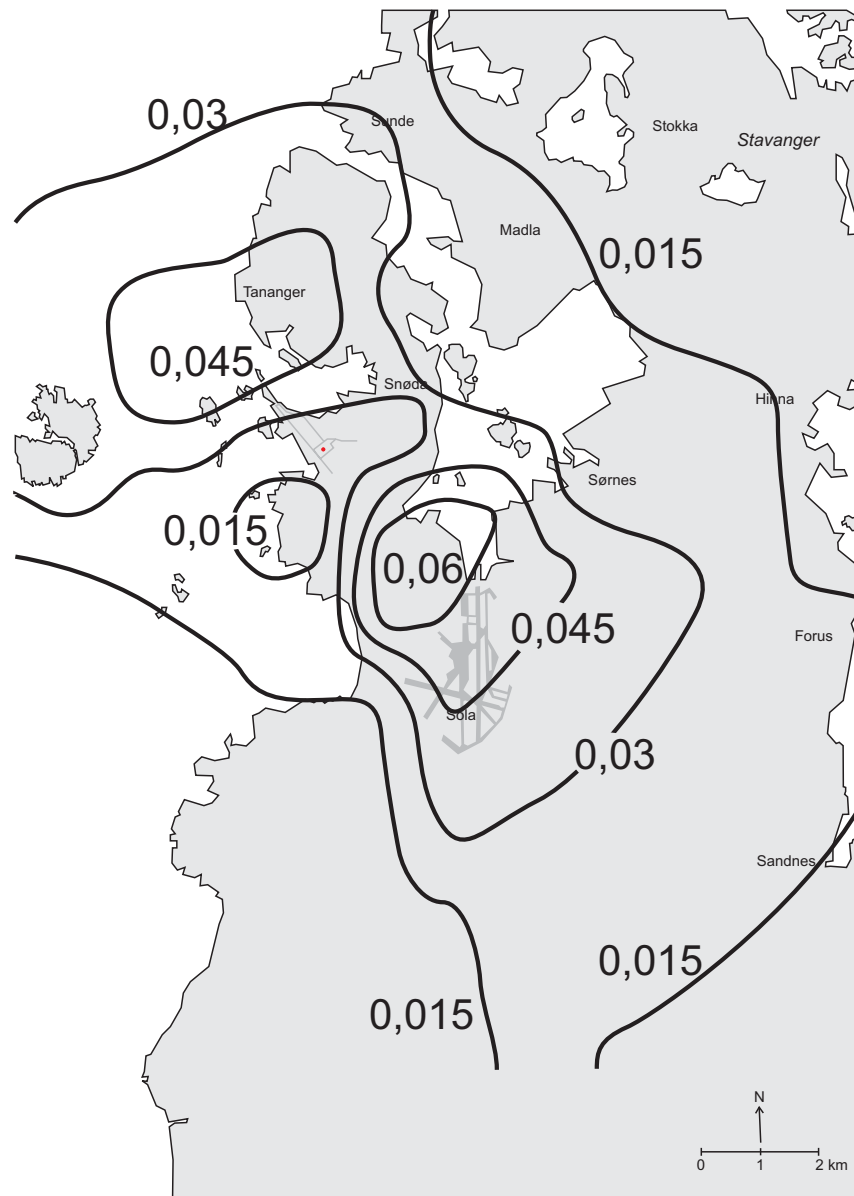
5.1 Enhetsutslipp

I første omgang har vi sett på spredningen av et enhetsutslipp. Det vil si at gjør modellberegninger hvor utslippet settes til 1 g/s. Gitt at det ikke er kjemisk omdanning av komponentene som slippes ut og gitt at de fysiske utslippsbetingelsene er de samme så kan resultatene for enhetsutslippet skaleres lineært i hht. maksimumsutslipp gitt i Tabell 5. For eksempel; for å finne årsmiddelkonsentrasjonen av VOC, hvor kilden er diffuse utslipp med styrke 125,2 g/s, så kan vi skalere resultatene for et enhetsutslipp for diffuse utslipp med en faktor 125,2. Igjen, dette forutsetter at vi kun ser på spredning av utslippene, vi

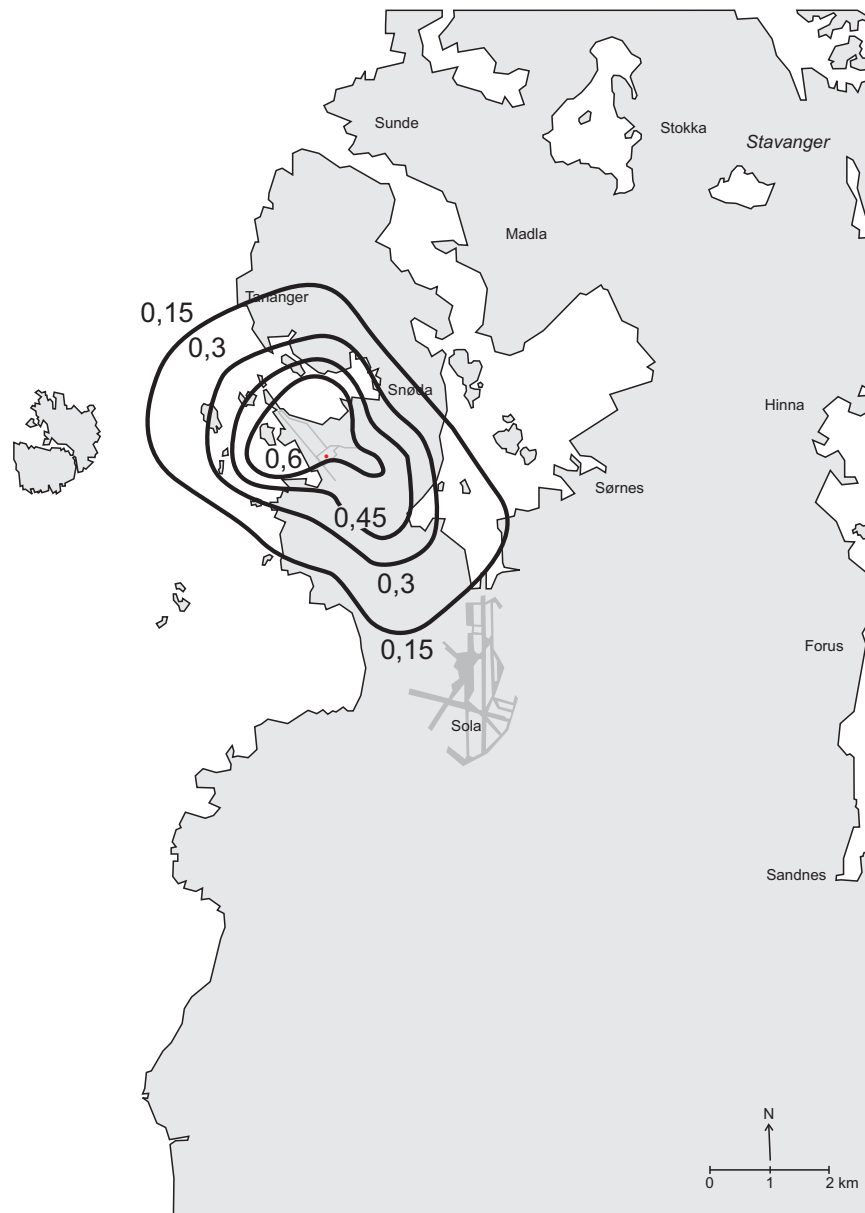
antar at det ikke er kjemisk omdanning eller avsetning av komponentene som slippes ut.



Figur 3: Årsmidlede bakkekonsentrasjoner av et enhetsutslipp fra skorsteinen.
Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 3 forts. Årsmiddele bakkekonsentrasjoner av et enhetsutslipp fra flammefårnet. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 3 forts. Årsmidlede bakkekonsentrasjoner av et enhetsutslipp fra diffuse utslipp. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 3 viser resultatene for et enhetsutslipp for de tre kildepunktene kjørt separat. For alle tre kildene ser vi tydelig hvordan dominerende vindretning påvirker spredningen med høye verdier mot nordvest og mot sørøst. Ellers gir utslippene forskjellig resultat. For skorsteinen og flammetårnet finner vi maksimumskonsentrasjoner 4-5 km nedstrøms av utslippspunktene. Maksimum bakkekonsentrasjon fra skorsteinen er lavere ($0,017 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og noe lenger bort enn maksimum bakkekonsentrasjon fra flammetårnet ($0,072 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dette fordi skorsteinen er høyere og har høyere utslippshastighet enn flammetårnet. Utslipet går dermed høyere før det spres og fortynnes mer.

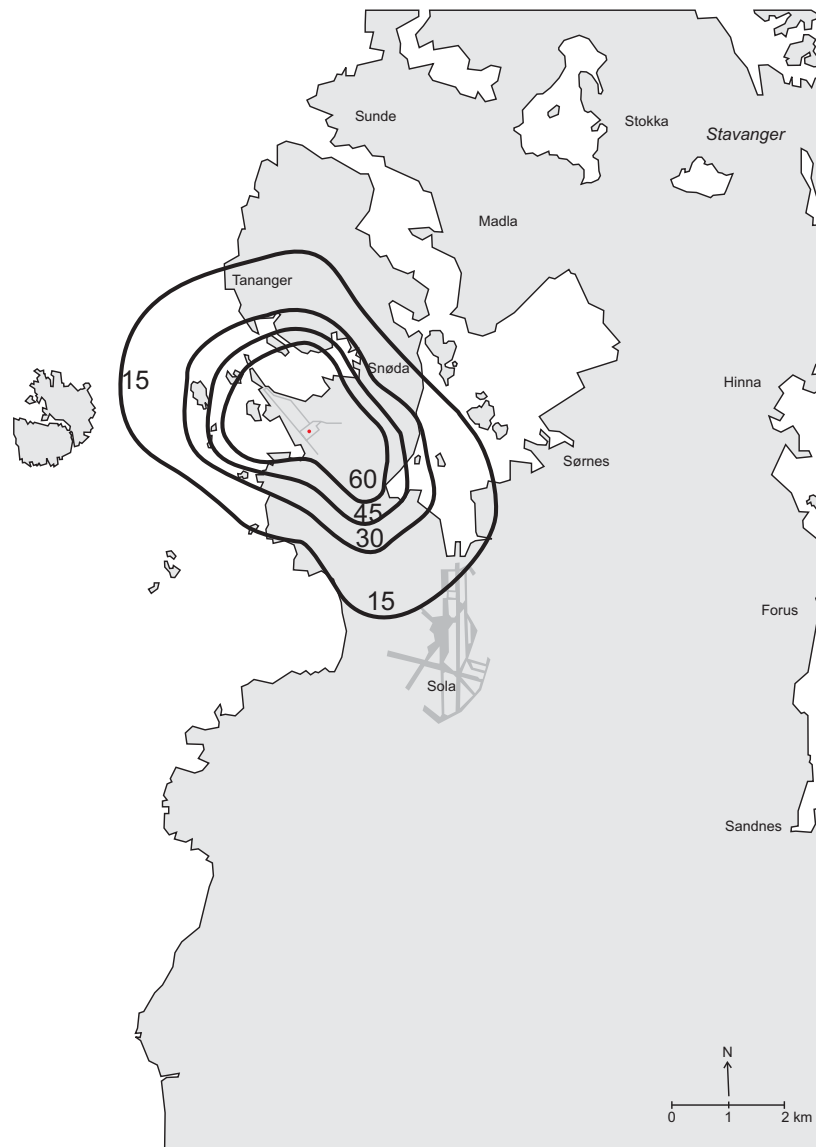
De diffuse utslippene gir høy konsentrasjon rett ved raffineriet (maksimum $0,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Disse utslippene skjer i bygningshøyde og har ikke noe termisk løft eller vertikal utgangshastighet. Maksimum konsentrasjon er da naturlig nok rett ved kilden og konsentrasjonen avtar ettersom man fjerner seg fra kilden/raffineriet.

5.2 VOC

VOC slippes ut fra raffineriet som diffuse utslipp, dvs. at små mengder gass lekker ut i forbindelse med produksjon. NILU gjorde målinger med sporstoffteknikk ved raffineriet i på begynnelsen av 90-tallet for å estimere diffuse utslipp (Tønnesen, 1993). Resultatene er gitt i Tabell 7. Totale VOC-utslipp ble da beregnet til 125,1 kg/h, tilsvarende 1096 tonn/år (målinger foretatt i april 1993). Dette er mye lavere enn utslippstallene fra Tabell 2 som dekker 1989-1999. Underestimeringen skyldes hovedsakelig at sporstoffmålingene ble foretatt i en periode med noe lavere produksjon.

*Tabell 7: Diffuse utslipp av VOC fra raffineriet. Tall fra Tønnesen (1993).
Enhet: kg/h.*

Etan	Eten	Propan	Propen	Butan	Buten	Pentan	Penten	Benzen	Toulen
6,2	1,3	16,9	0,7	30,8	2,3	58,5	0,0	2,8	5,6



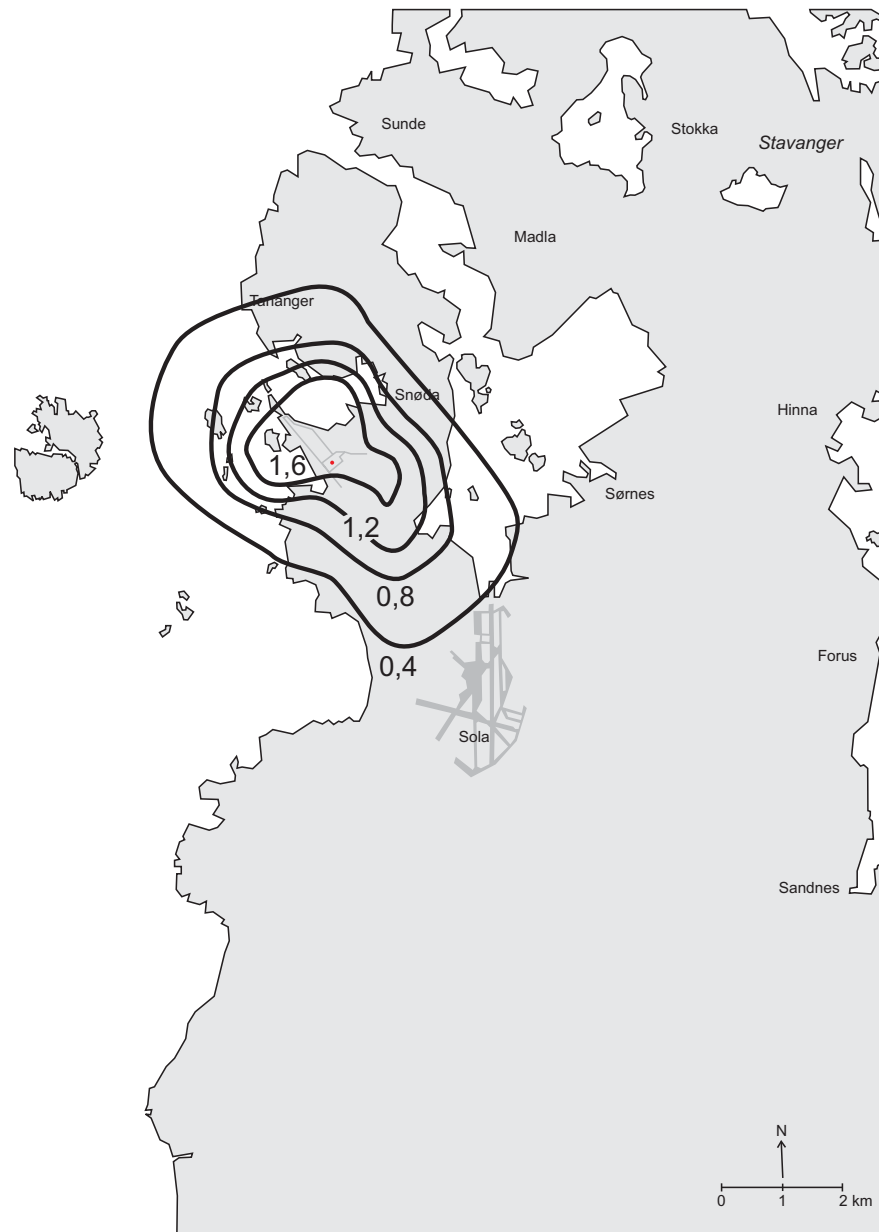
Figur 4: Årsmidlet konsentrasjon av VOC. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 4 viser årsmidlet konsentrasjon av VOC hvor vi har brukt utslipp for 1989 (se Tabell 5). I 1989 utgjorde de diffuse utslippene 3947 tonn/år, tilsvarende 125,2 g/s. Det vil si at her har vi skalert resultatene for et enhetsutslipp fra diffuse kilder (siste panel i Figur 3) opp med en faktor 125,2. Maksimumskonsentrasjonen av VOC i disse beregningene er $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rett ved raffineriet.

Benzen

I utslippstallene er det oppgitt totale utslipp av VOC, men det er ikke oppgitt noen fordeling eller indikasjon på hvilke typer VOC det er snakk om. Tønnesen (1993) nevner de 9 viktigste hydrokarbonene som ble funnet under NILUs studie i 1992-1993 og disse er gjengitt i Tabell 7. Blant disse hydrokarbonene er benzen klassifisert som kreftfremkallende. I Tønnesen (1993) ser vi at benzen utgjorde 2,2% av totalutslippet, dette tilsvarer 2,8 g/s i 1989 (Tabell 5) hvis vi antar samme

fraksjon. I Figur 5 har vi plottet beregnede årsmiddelkonsentrasjoner for benzen. Maksimumskonsentrasjonen beregnes til $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med høyest konsentrasjon nærmest raffineriet. Når det gjelder grenseverdier (Tabell 1) har EU-kommisjonen nå foreslått en grenseverdi for benzen på $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årlig gjennomsnitt, og denne skal oppnås innen 2010. Nasjonalt mål er $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

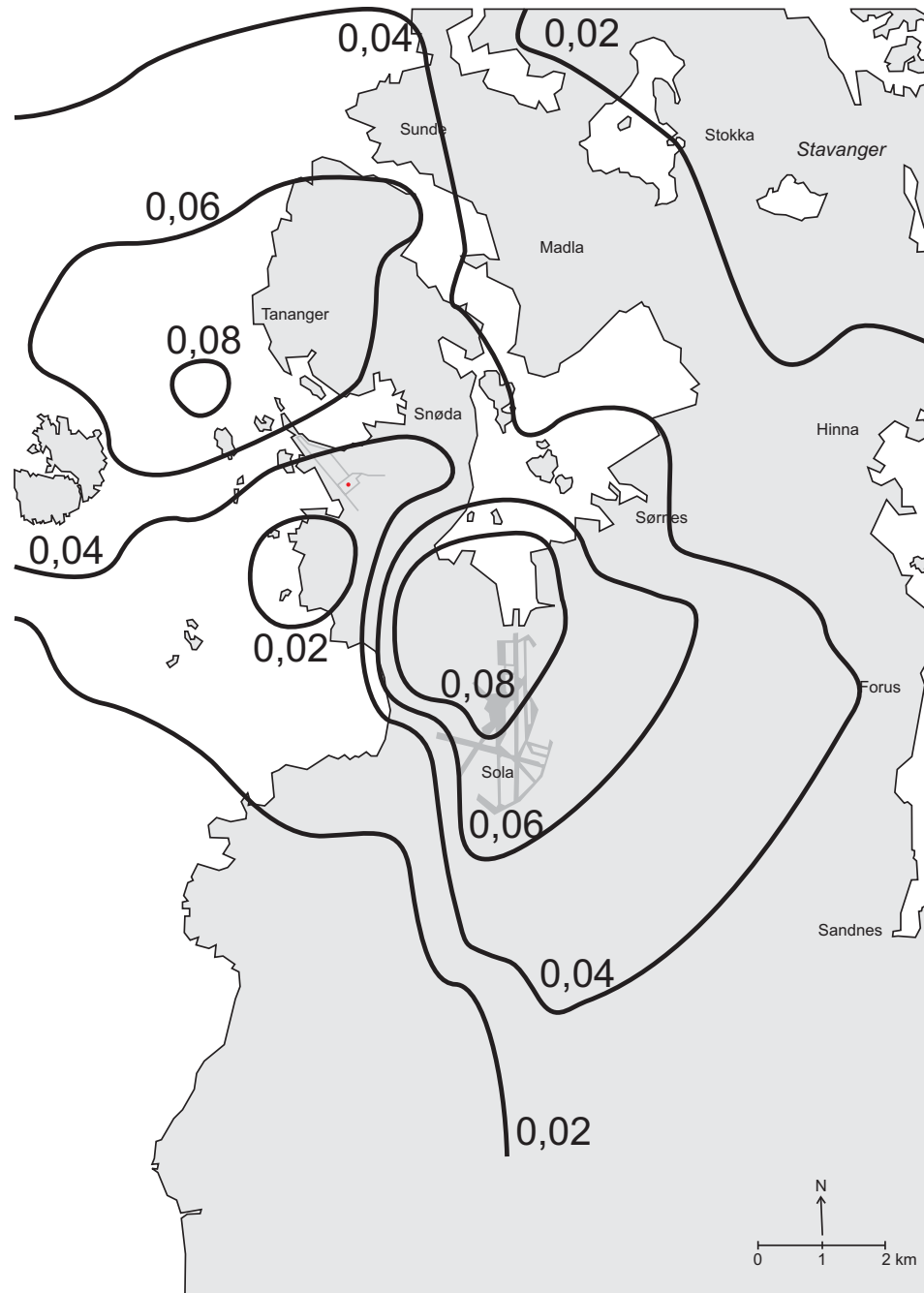


Figur 5: Årsmidlet konsentrasjon av benzen. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.3 Partikler

Det er kun rapportert et utslippstall; $2,32 \text{ g/s}$. I dette arbeidet har vi antatt at partikler slippes ut med samme kildefordeling som SO_2 , dvs. fra skorsteinen og

flammetårnet. Fordelingen av SO_2 mellom skorstein og flammetårn varierer fra år til år og vi har tatt gjennomsnittet for de årene SO_2 er rapportert. Vi kommer da fram til at 45% slippes ut gjennom skorsteinen og 55% fra flammetårnet. Derved antar vi at skorsteinen slipper ut 1,04 g/s og flammetårnet 1,28 g/s (se Tabell 5), og resultatene for enhetsutslippene er skalert med disse faktorene og summert. Figur 6 viser årsmiddelkonsentrasjonen vi da kommer fram til. Maksimum beregnet konsentrasjon er $0,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rundt 4 km nedstrøms av raffineriet mot sørøst.

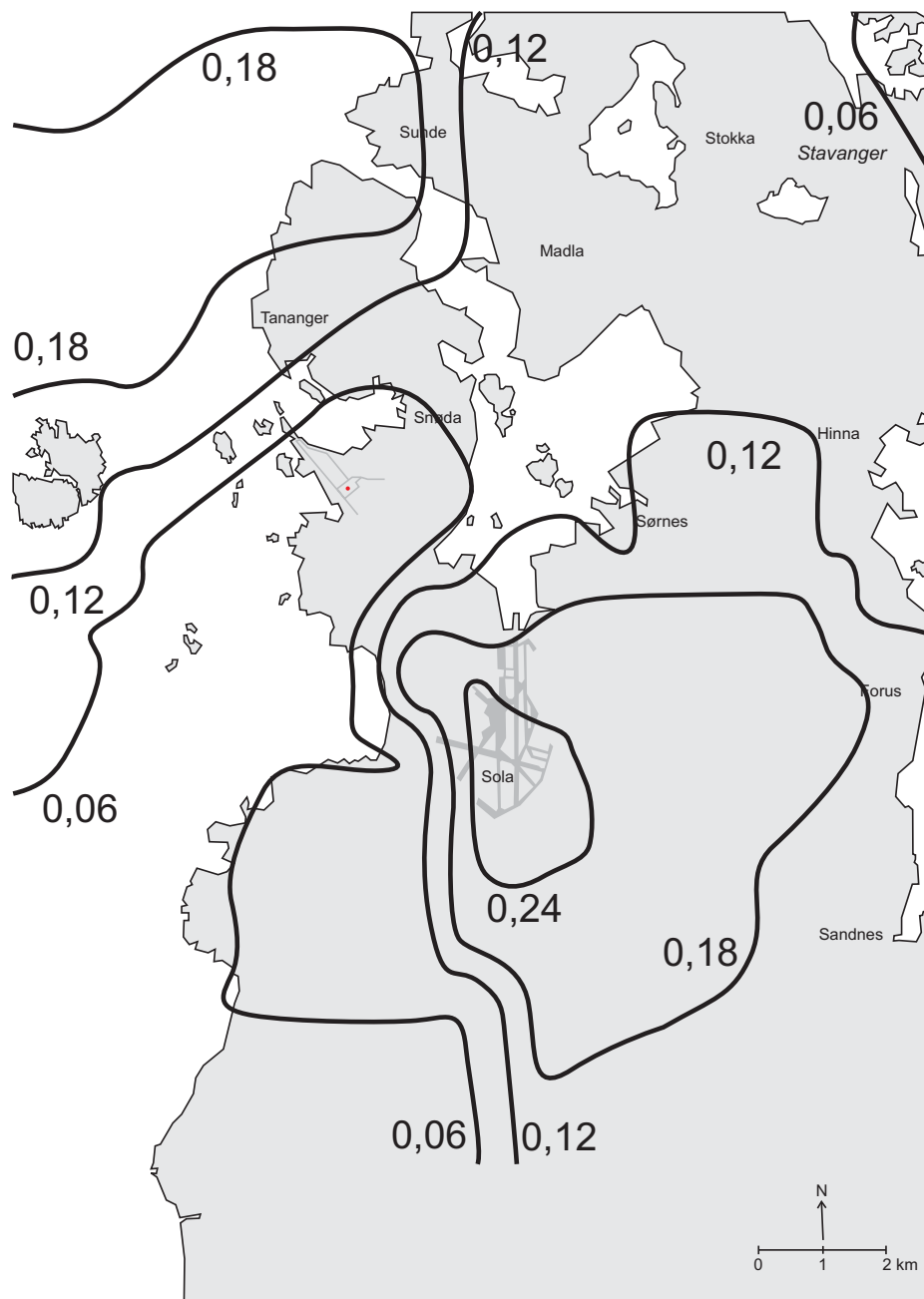


Figur 6: Årsmidlet konsentrasjon av partikler. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.4 NO_x

NO_x (NO + NO₂) dannes ved forbrenning ved høy temperatur. Når det gjelder antropogene (menneskeskapte) kilder er vei- og skipstrafikk de dominerende kildene til NO_x i Norge. Olje- og gassutvinning er tredje største kildetype. Mesteparten av NO_x slippes ut i form av NO (~80-95% avhengig av kildetype), mens resterende slippes ut som NO₂. NO₂ er en giftig gass og det er derfor etablert strenge luftkvalitetskrav og grenseverdier.

NO går over til NO₂ ved reaksjon med O₃ (ozon). Denne reaksjonen er meget rask og skjer i løpet av sekunder/minutter forutsatt at det er nok O₃ tilstede. I denne rapporten har vi ikke beregnet fordelingen NO/NO₂, vi regner kun NO_x. I Figur 7 viser vi beregnet konsentrasjon med utslippene for 1986; 15,8 g/s, dvs. at enhetsutslippet for skorsteinen er skalert med faktor 15,8 (Tabell 5). Maksimum konsentrasjon blir da 0,26 µg/m³. Denne beregnede NO_x-konsentrasjonen er innenfor nasjonale og internasjonale grenseverdier med mer enn en faktor 100 (Tabell 1).

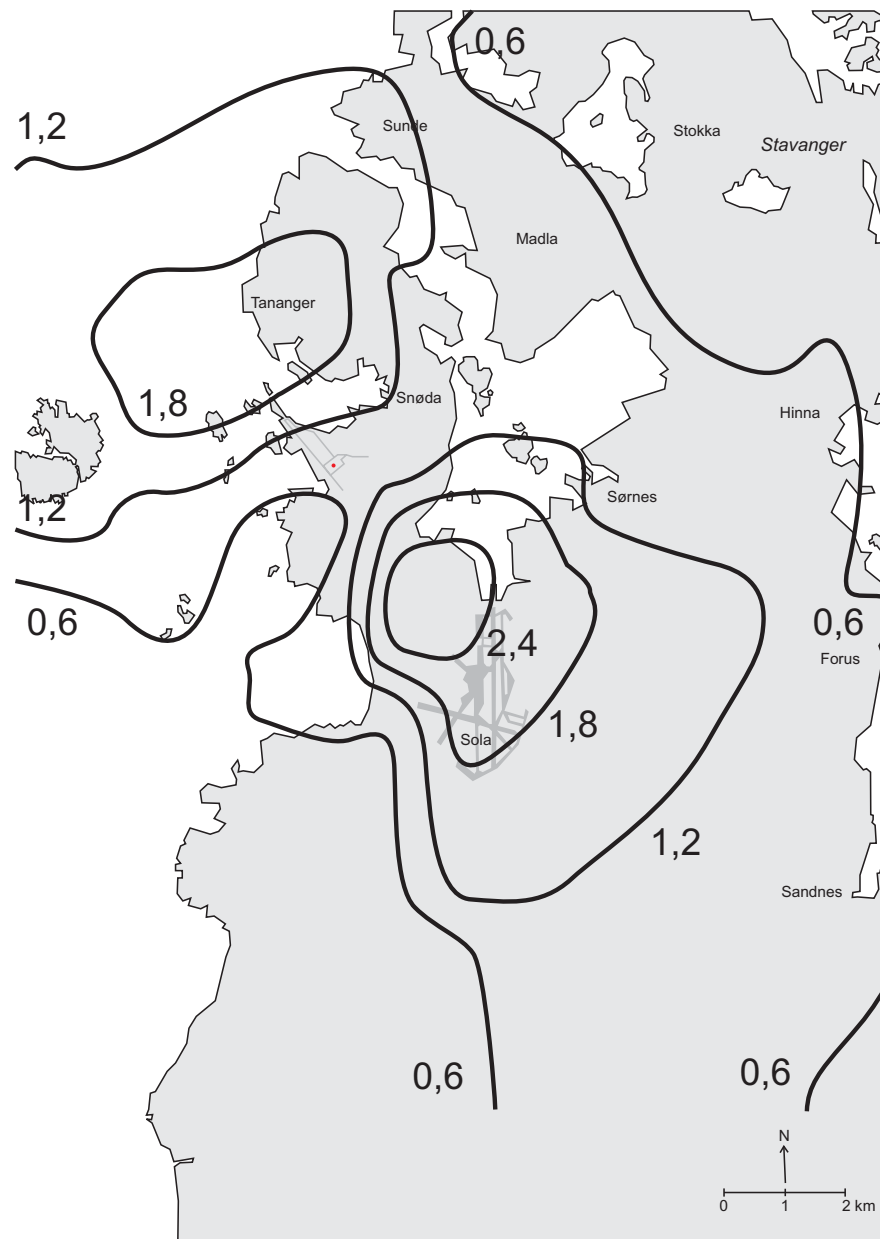


Figur 7: Årsmidlet konsentrasjon av NO_x. Enhet µg/m³.

5.5 SO₂

SO₂ har to kilder ved raffineriet, skorsteinen og flammearnet. Som man ser i Tabell 4 så varierer totalutslippet over driftsperioden, men også fordelingen skorstein/flammearn varierer. Noen år slipper skorsteinen ut mest, mens andre år er det størst utslipp fra flammearnet. Vi har beregnet spredning for det året med høyest utslipp, dvs. 1976 (Tabell 5). I 1976 kom 36% fra skorsteinen og 64% fra flammearnet, utslippet utgjorde da 20 g/s fra skorsteinen og 35,8 g/s fra flammearnet. De beregnede feltene er en kombinasjon/lineær skalering av

enhetsutslippet fra disse to kildene. Årsmidlet SO_2 er gitt i Figur 8. Feltene ligner naturlig nok mye på feltene for partikler og NO_x da de har samme kilder. Maksimum årsmiddelkonsentrasjon er beregnet til å være $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rundt 4 km mot sørøst. Dette er lavt sammenlignet med nasjonale og internasjonale grenseverdier (Tabell 1).



Figur 8: Årsmidlet konsentrasjon av SO_2 . Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6 Oppsummering og konklusjon

I denne rapporten har NILU beregnet årsmidlede bakkekonsentrasjoner i nærområdet til raffineriet fra et såkalt enhetsutslipp (1 g/s). Deretter har vi skalert disse resultatene og beregnet bakkekonsentrasjoner av VOC, benzen, partikler, NO_x og SO₂ for årene med maksimum utslipp av den angjeldende komponent.

Utslippene fra skorsteinen og flammearnet får et visst løft fra punktet der de slippes ut og utslippet spres og tyndes godt før det når bakken. Maksimum konsentrasjon av utslippet fra disse to punktene finner man derfor 4-5 km fra raffineriet, nedstrøms i dominerende vindretning (nordvest og sørøst). Maksimum mot sørøst er størst. Diffuse utslipp har størst konsentrasjon rett ved raffineriet, men også her ser vi spredning i de to dominerende vindretningene.

Maksimum beregnet konsentrasjon av VOC (fra diffuse utslipp) er 104 µg/m³ i raffineriets nærområde mens maksimum konsentrasjon av benzen er 2,3 µg/m³. For partikler er maksimum beregnet konsentrasjon 0,11 µg/m³, for NO_x er maksimum konsentrasjon 0,26 µg/m³ og for SO₂ er maksimum beregnet konsentrasjon 2,8 µg/m³. Disse tre sistnevnte komponentene slippes ut fra skorstein/flammearn og har derved maksimum konsentrasjon 4-5 km fra raffineriet.

Alle beregnede maksimumskonsentrasjoner er lavere enn nasjonale og internasjonale luftkvalitetskriterier og grenseverdier.

7 Referanser

- Bøhler, T. (1987) User's guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).
- Haugsbakk, I. og Grønskei, K.E. (2000) Spredningsberegninger for utslipp til luft fra energianlegg på Forus. Revidert rapport. Kjeller (NILU OR 6/2001).
- Sivertsen, B. og Vassbotn, T. (1988) Utslippsmålinger ved Shell-raffineriet på Sola. Lillestrøm (NILU OR 13/88).
- Tønnesen, D. (1993) Utslippsmålinger med sporstoffteknikk ved Shell-raffineriet på Sola april 1993. Lillestrøm (NILU OR 34/93).



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

Deltaker i CIENS og Miljøalliansen

ISO-sertifisert etter NS-EN ISO 9001

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 27/2008	ISBN 978-82-425-1976-4 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 20	PRIS NOK 150,-
TITTEL Beregning av utslipp til luft og spredning fra Shells raffineri ved Sola Bidrag til Kreftregisterets Sola-prosjekt		PROSJEKTLEDER Tore Flatlandsmo Berglen	
		NILU PROSJEKT NR. O-108058	
FORFATTER(E) Tore Flatlandsmo Berglen og Karl Idar Gjerstad		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Anna Skog	
OPPDRAKSGIVER Kreftregisteret Montebello 0310 Oslo			
STIKKORD Spredningsberegninger	Raffineri	Årsmiddelkonsentrasjoner	
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Kreftregisteret utført spredningsberegninger for Shells raffineri ved Sola. Raffineriet var i drift fra 1967-2000 og slapp ut VOC (deriblant benzen), partikler, NO _x og SO ₂ fra tilsammen tre kildepunkter; skorstein, flammetårn og diffuse utslipp. Utslippene av de forskjellige komponentene varierte over driftsperioden. Maksimum konsentrasjon av utslipp fra skorstein og flammetårn forekommer 4-5 km nedstrøms av raffineriet i dominerende vindretninger (fra nordvest og fra sørøst). For diffuse utslipp er maksimum konsentrasjon rett ved raffineriet. Maksimum beregnet konsentrasjon av VOC (fra diffuse utslipp) er 104 µg/m ³ i raffineriets nærområde, maksimum konsentrasjon av benzen er 2,3 µg/m ³ . Maksimum beregnet konsentrasjon av partikler er 0,11 µg/m ³ , maksimum NO _x 0,26 µg/m ³ og maksimum SO ₂ er beregnet til å være 2,8 µg/m ³ . Disse tre siste komponentene slippes ut fra skorstein/flammetårn og har derved maksimum 4-5 km fra raffineriet.			
TITLE Dispersion calculations of emissions to air from the Shell refinery located at Sola, Norway			
ABSTRACT The Norwegian Institute for Air Research (NILU) has performed dispersion calculations of emissions to air from the Shell refinery located at Sola, Norway. The refinery was in operation from 1967-2000, and emitted VOC (e.g. benzene), particles, NO _x and SO ₂ . There were three different types of emissions; a 90 m stack, a 60 m flare stack and diffusive emissions. The total emissions varied considerably from year to year. Maximum concentration of the emissions from the stack and the flare stack is found 4-5 km downwind of the refinery in the dominant wind directions (there are actually two dominant wind directions, from N-W and from S-E) For the diffusive emissions maximum concentrations are found close to the refinery. Max. calculated concentrations for VOC are 104 µg/m ³ nearby the refinery while max. concentration of benzene is 2,3 µg/m ³ . Max. calculated concentration of particles is 0,11 µg/m ³ , maximum NO _x is 0,26 µg/m ³ and maximum SO ₂ is 2,8 µg/m ³ . All of these three latter are emitted from the stack/the flare stack and therefore have a maximum 4-5 km downwind of the refinery.			

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