

NILU: OR 31/2008
REFERANSE: O-108061
DATO: JUNI 2008
ISBN: 978-82-425-1989-4
978-82-425-1990-0

Spredningsberegninger for skorstein SK702

Karl Idar Gjerstad

Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	2
1 Innledning	3
2 Retningslinjer	3
3 Dagens situasjon	4
4 Meteorologi	5
4.1 Vindretning og vindstyrke ved Kollsnes	5
4.2 Stabilitet og spredningsforhold	7
4.3 Nedbør	9
5 Utslippsbetingelser	9
6 Spredningsberegninger og konklusjon	11
7 Referanser	13

Sammendrag

StatoilHydro har bedt Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomføre spredningsberegninger for skorstein SK702 ved StatoilHydros anlegg på Mongstad for å undersøke eventuelle effekter av at skorsteinen har hatt utslipp med varierende utslippstemperatur i forhold til utslippstillatelsen.

Målinger av luftkvalitet omkring Mongstad i 2003 viser at grensene for SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier ikke er overskredet for NO₂, SO₂, eller PM₁₀, dette er de strengeste grenseverdiene. I 2005 ble det utført modellberegninger som også viser at SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier ikke er overskredet.

Modellberegningene benytter meteorologidata fra Kollsnes. Disse er vurdert å være representative for den meteorologiske situasjonen på Mongstad.

Det har blitt beregnet konsentrasjoner i luft av NO_x/NO₂ for ulike utslippstemperaturer fra skorstein SK702. Spredningsberegningene viser at konsentrasjon på bakkenivå nær utslippspunktet vil øke noe dersom utslippstemperaturen senkes.

Maksimalt timemiddel av NO₂ vurderes til å være svært nær SFTs luftkvalitetskriterier, men lavere enn både Nasjonalt mål og EUs grenseverdi ved alle alternative utslippstemperaturer. På grunn av usikkerheter i modellberegninger og varierende meteorologi kan det ikke utelukkes at konsentrasjon av NO₂ i luft kan overskride SFTs luftkvalitetskriterier som timemiddel dersom utslippstemperaturen senkes.

Beregningene viser at årsmiddel av NO₂ vil være lavere enn både SFTs luftkvalitetskriterier, Nasjonalt mål og EUs grenseverdi ved alle alternative utslippstemperaturer.

Spredningsberegninger for skorstein SK702

1 Innledning

StatoilHydro har bedt Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomføre spredningsberegninger for skorstein SK702 ved StatoilHydros anlegg på Mongstad for å undersøke eventuelle effekter av at skorsteinen har hatt utslipp med varierende utslippstemperatur i forhold til utslippstillatelsen. Utslippsmengde er ikke endret.

2 Retningslinjer

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 på 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.

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	8 timer	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			90		
	EUs nye grenseverdier (og antall tillatte overskridelser)	350 (24 per år)		125 (3 per år)		

* skal overholdes innen 1.1.2010

3 Dagens situasjon

Det ble gjennomført målinger av luftkvalitet ved Mongstad i perioden september 2002 – februar 2003 (Hagen, 2003). Tilsvarende målinger er tidligere utført i 1989/90 og i 1994/95. Måleprogrammet omfattet luftkvalitetsmålinger ved Dyrholten og Leirvåg. Luftkvalitetsmålingene omfattet nitrogenoksider, svoveldioksid og svevestøv på begge stasjonene. Luftkvalitetsmålingene ble utført med kontinuerlig registrerende instrumenter (timemiddelverdier). Dataene ble overført daglig til NILU på telenettet. Disse målingene er vist i Tabell 2. Det var ingen overskridelser av grenseverdier og anbefalte luftkvalitetskriterier.

Tabell 2: Målte konsentrasjoner i luft fra StatoilHydros anlegg på Mongstad. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stoff	Maksimalt timemiddel	Maksimalt døgnmiddel	Halvårsmiddel
NO ₂	92,7		10,5
SO ₂	77,3	13,9	3,1
PM ₁₀	78,0	41,5	9,8

Etter at disse målingene ble gjennomført har StatoilHydro planlagt bygging av et nytt gasskraftverk på Mongstad med tilhørende ombygginger i raffineriet. I den forbindelse ble det gjennomført beregninger for konsentrasjoner i luft av

NO_x/NO₂, SO₂ og PM₁₀ (Gjerstad et al., 2005). Det ble gjort beregninger for flere utslippsalternativer. Tabell 3 viser de beregningsresultatene for de alternativene som ga høyest konsentrasjon. De beregnede verdiene er lavere enn EUs grenseverdier, Nasjonale mål og SFTs luftkvalitetskriterium.

Tabell 3: Beregnede maksimale konsentrasjoner i luft fra StatoilHydros framtidige gasskraftverk på Mongstad. Enhet: µg/m³.

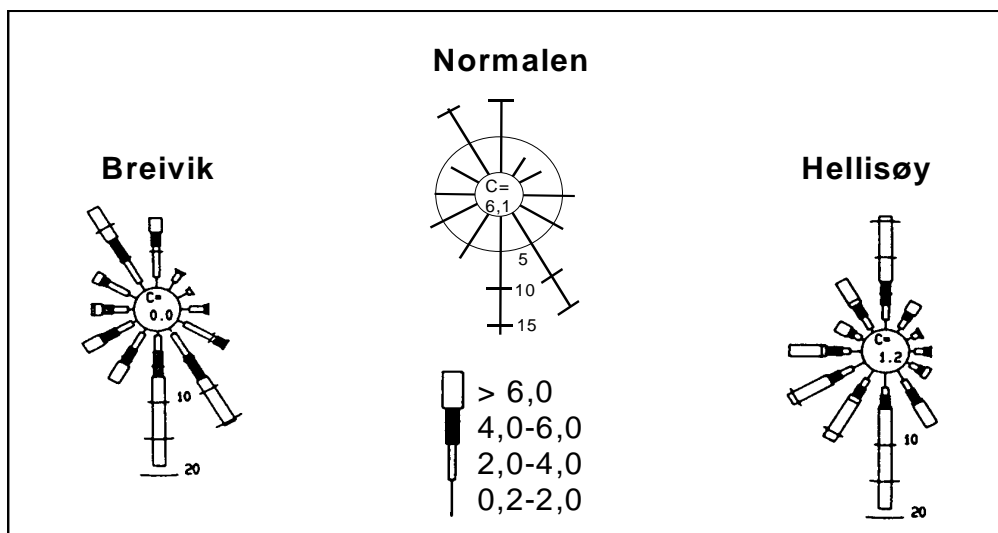
Stoff	Maksimalt timemiddel	Maksimalt døgnmiddel	Årsmiddel
NO ₂	85		9,4
SO ₂	38,8	17,6	3,7
PM ₁₀		2,6	0,48

4 Meteorologi

4.1 Vindretning og vindstyrke ved Kollsnes

Det er utført målinger av meteorologi og nedbørskvalitet i perioden fra 1. juli 1991 til 30. juni 1992 på Kollsnes. Målingene av meteorologi ble utført på stasjonene Breivik og Rossnes ved Kollsnes. Målingene ble gjort for timeverdier og dekker 89 % av alle timer dette året. Mongstadanleggene ligger omlag 30 km nord for Kollsnes.

Vindmålingene på Breivik er sammenholdt med samtidige målinger på Hellisøy fyr og normalen på Hellisøy fra perioden 1961 - 1975 i Figur 1. Vindmålingene på Breivik viser at vindretningsfordelingen i 1991 - 1992 er i samsvar med normalen 1961 - 1975 på Hellisøy. Samtidige målinger på Hellisøy fyr gir mer kanalisering fra nord og sør på Hellisøy sammenlignet med Breivik. Forekomst av vind fra hovedvindretningene nord-nordvest og nord (330°-360°) og sør-sørøst og sør (150°-180°) er imidlertid av samme størrelse både på Hellisøy og Breivik.



Figur 1: Frekvensfordeling av vindretning fordelt på tolv 30°-sektorer fra Breivik (ved Kollsnes) i måleperioden 1991/1992 og fra Hellisøy både i måleperioden og 15 års-normalen fra årene 1961-75.

Midlere vindstyrke for hver årstid på Hellisøy og Breivik i 1991 - 1992 og for normalen på Hellisøy er gitt i Tabell 4. Sammenlignet med normalen gir målingene på Hellisøy fyr i 1991 - 1992 høyere vindstyrker midlet over året. Vindhastigheten er i gjennomsnitt lavere på Breivik enn på Hellisøy. Dette kan forklares med at vindmålingene på Hellisøy foregår 20 meter over bakken mens på Breivik er vindmålingene 10 meter over bakken. Hellisøy ligger også mer utsatt til enn Breivik. Måleserien fra Breivik i 1991 - 1992 vurderes som representativ for området, selv om vindstyrken i måleperioden var noe høyere enn normalt.

Tabell 4: Midlere vindstyrke på Breivik og Hellisøy for hver årstid i måleperiodene samt gjennomsnitt for langtidsperioden, 15 år på Hellisøy.

Sted og tid	Vår	Sommer	Høst	Vinter
Breivik 1991 - 1992	5,1	4,0	5,6	6,0 ¹
Hellisøy fyr 1991 - 1992	7,9	6,1	9,1	10,2
Hellisøy fyr 1961-75	5,7	5,0	7,0	7,6

1) Manglende data 19. desember-6. januar er erstattet med samtidige observasjoner av vind på Hellisøy som ved regresjonsanalyse er tilpasset Breivik.

4.2 Stabilitet og spredningsforhold

Vurdering av stabilitetsforholdene er basert på timevise målinger av temperatur-differansen (dT) mellom 10 m og 2 m over bakken. Fire stabilitetsklasser er definert på følgende måte:

Ustabil sjiktning (I)	:	$dT < -0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Nøytral sjiktning (II)	:	$-0,5 < dT < 0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Lett stabil sjiktning (III)	:	$0,0 < dT < 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Stabil sjiktning (IV)	:	$0,5 < dT \text{ } ^\circ\text{C}$

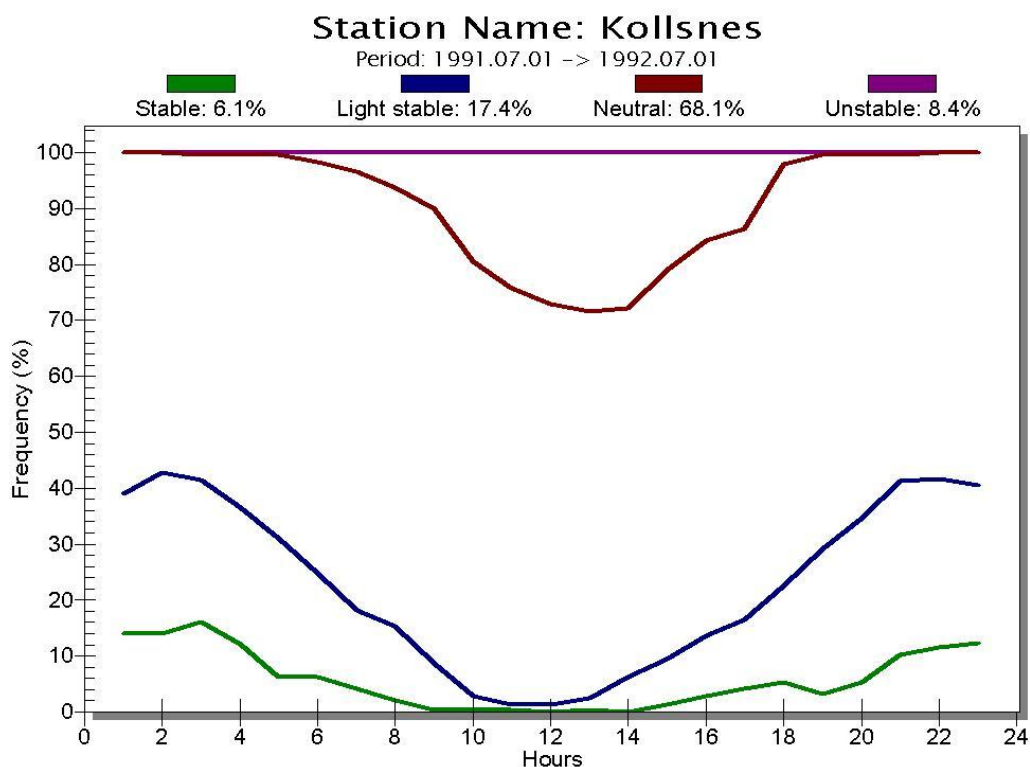
Typiske trekk for de ulike stabilitetsklassene kan kort sammenfattes slik:

Ustabile atmosfæriske forhold (U) forekommer oftest om dagen og sommeren ved klarvær og lave vindstyrker og når kald luft transporteres over varm sjø. Da vil bakken/sjøen varme opp det nederste luftlaget og det dannes vertikale turbulente luftstrømmer som gir god vertikal spredning av utslippet.

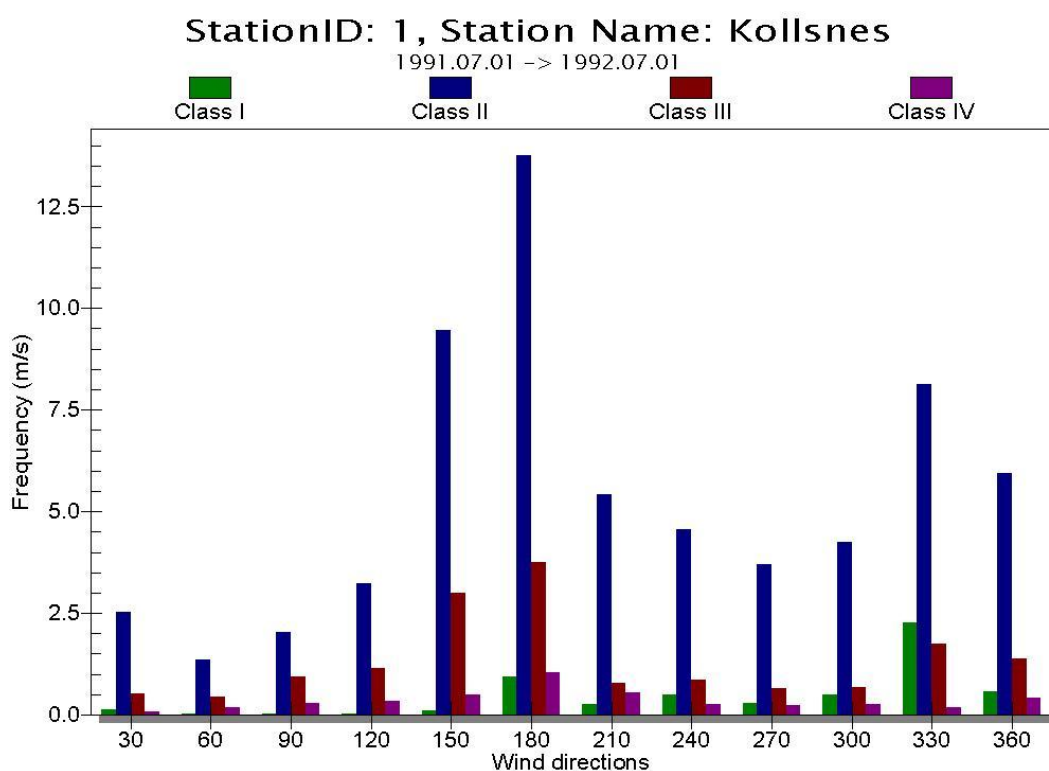
Nøytrale atmosfæriske forhold (N) forekommer ved høye og moderate vindstyrker, og oftest ved overskyet vær. Høy vindstyrke og mindre oppvarming av bakken gir god horisontal og vertikal spredning. Høye vindstyrker danner turbulens ved friksjon med bakken, slik at luftlaget vil bli godt blandet.

Stabile atmosfæriske forhold (LS, S) er typiske for stille, klare netter og vintersituasjoner med avkjøling av bakken og det nederste luftlaget eller når atmosfæren avkjøles nedenfra på grunn av kald sjø. Ved sterk stabil sjiktning (inversjon) vil temperaturen øke med høyden over bakken og det blir dårlig vertikalspredning i det stabile luftlaget.

Stabilitetsfordelingen som funksjon av tid på døgnet og vindretning for hele måleperioden er vist i Figur 2 og Figur 3. På Breivik var det ustabile atmosfæriske forhold i 8,4 % av tiden, nøytrale forhold i 68,1 % av tiden, lett stabile forhold i 17,4 % av tiden og stabile forhold i 6,1 % av tiden.



Figur 2: Stabilitetsfordeling som funksjon av tid på døgnet på Breivik for hele måleperioden.



Figur 3: Atmosfærisk stabilitet som funksjon av vindretning. Class I er ustabil, Class II er nøytralt, Class III er lett stabilt og Class IV er stabilt.

4.3 Nedbør

I måleprogrammet ble det registrert nedbørintensitet hver time og nedbørmengde i millimeter per uke på Rossnes, ved Kollsnes. Nitrogenavsetning er avhengig av både nedbørmengde, antall timer med høyt nedbørnivå og hvorvidt nedbøren kommer i form av byger eller kontinuerlig nedbør.

Månedsvise nedbørmengde fra Rossnes er i Tabell 5 sammenlignet med normalen fra Hellisøy (1961-1975). Nedbørmengden var høyere enn normalt for måleperioden 1991-1992. Når denne måleserien blir brukt i modellkjøringene vil nitrogenavsetningen av den grunn bli noe høyere enn den vil være i gjennom en lengre periode.

Tabell 5: Nedbørmengde i millimeter på Rossnes (ved Kollsnes) og Hellisøy. Målingen er delt opp i hver årstid.

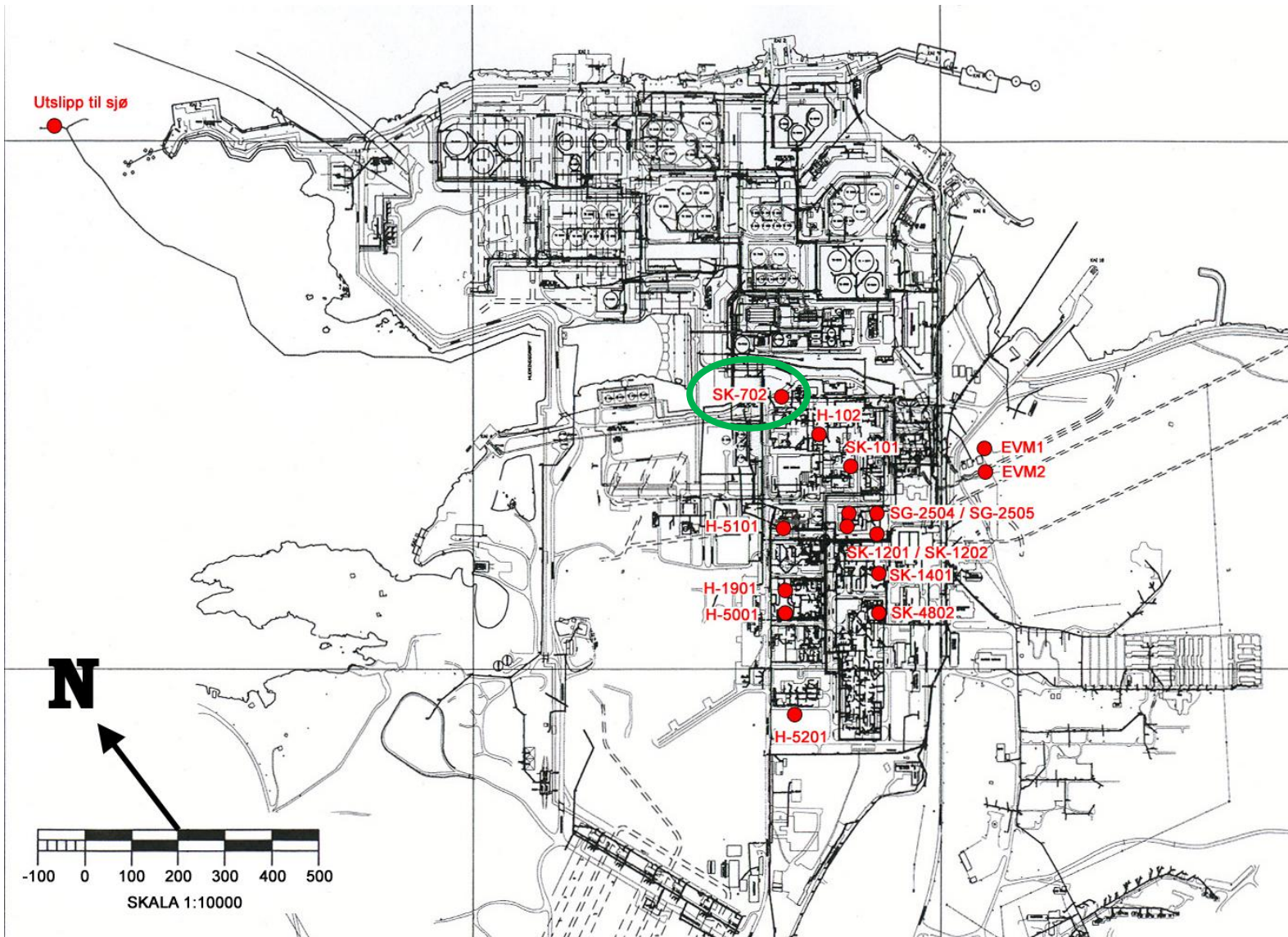
Sted og tid	Vår	Sommer	Høst	Vinter	Sum
Rossnes 1991-1992 (ved Kollsnes)	320	206	567	288	1 380
Hellisøy 1961-1975	216	255	417	333	1 221

5 Utslippsbetingelser

Utslippsmengder og tekniske data for skorstein SK702 er gitt i Tabell 6. Opprinnelig hadde skorsteinen en utslippstemperatur på 70 °C, i denne studien er det gjennomført modellberegninger med utslippstemperatur på hhv. 62 °C, 40 °C og 25 °C i tillegg til 0-alternativet på 70 °C. Lokasjon av skorstein SK702 er vist i Figur 4. Skorstein SK702 er en av flere skorsteiner tilhørende StatoilHydros anlegg på Mongstad. Av det totale utslippet fra StatoilHydros anlegg på Mongstad, står SK702 for 7 % av NO_x-utslippet, 7 % av SO₂-utslippet og 17 % av PM₁₀-utslippet.

Tabell 6: Utslippsbetingelser for SK702.

Parameter	Enhet	Verdi
Skorsteinshøyde	m	50
Innvendig skorsteinsdiameter	m	1,4
Utslippshastighet	m/s	14,7
Utslippsvolum	m ³ /s	22,56
Utslipp av NO _x	kg/h	12,16
Utslipp av NO ₂	kg/h	0,61
Utslipp av PM ₁₀	kg/h	1,53
Utslipp av SO ₂	kg/h	6,52
Utslippstemperatur 2003	°C	70
Utslippstemperatur 2008 A	°C	62
Utslippstemperatur 2008 B	°C	40
Utslippstemperatur 2008 C	°C	25



Figur 4: Alle utslippspunkt ved Mongstadanleggene, SK702 er markert med grønn sirkel.

6 Spredningsberegninger og konklusjon

Siden konsentrasjoner av NO₂ er nærmest overskridelse av grenseverdi (Tabell 1, Tabell 2 og Tabell 3), har vi i denne studien bare gjort spredningsberegninger for NO_x. Spredningsberegningene er gjort med NILUs luftkvalitetssystem, AirQUIS, som også ble benyttet for studien i 2005 (Gjerstad et al., 2005).

Skorstein SK702 er 50 meter høy, i tillegg til denne høyden får røyken et vertikalt løft ved utslippet. Dette vertikale løftet er en funksjon av utslippshastighet, skorsteinsdiameter og utslippstemperatur. Når utslippstemperaturen er lav vil også det vertikale løftet være lavere enn om utslippstemperaturen er høy. Grunnen til dette er at utslippsgassen da har relativt lavere vekt sammenlignet med lufta omkring (jf. termodynamikkens tilstandsligning).

Spredningsberegningene viser at når utslippstemperaturen reduseres, vil bakke-konsentrasjoner nært utslippspunktet øke. Tabell 7 viser beregnede maksimal-konsentrasjoner og beregnet årsmiddel av NO_x som følge av utslipp fra SK702 ved ulike utslippstemperaturer. Tabellen viser også differansen for hver alternativ utslippstemperatur relativt til 0-alternativet. Denne differansen representerer hvor mye NO_x-konsentrasjonen vil øke dersom utslippstemperaturen senkes. Tabellen viser bare bidrag fra SK702, bidrag fra andre skorsteiner eller andre kilder er ikke inkludert i beregningene. De høyeste beregnede verdiene forekommer inne på selve industriområdet til StatoilHydro.

Tabell 7: Beregnede NO_x-konsentrasjoner nær kilden som følge av utslipp fra SK702 eksklusivt. Enhet: µg/m³.

Parameter	0-alternativet 70 °C	Utslippstemp: 62 °C	Utslippstemp: 40 °C	Utslippstemp: 25 oC
Maksimalt timemiddel	21,5	23,8	27,6	33,5
Differanse til 0-alternativet for maksimalt timemiddel	-	2,3	6,1	12
Årsmiddel	1,3	1,3	1,5	1,7
Differanse til 0-alternativet for årsmiddel	-	0	0,2	0,4

Det antas at NO_x-utslippet fra Mongstadanleggene består av ca. 10 % NO₂ og ca. 90 % NO. NO kan reagere med ozon (O₃) og sollys og danne NO₂. I 2005 (Gjerstad et al., 2005) ble det beregnet konsentrasjoner av NO_x i luft og siden beregnet konsentrasjonen av NO_x var tilstrekkelig lav ble det antatt at det var tilstrekkelig mengder ozon til at all NO_x blir omdannet til NO₂. Beregnede konsentrasjoner i Tabell 3 viser derfor beregnede konsentrasjoner av NO_x. Antagelsen om at all NO_x blir omdannet til NO₂ er en konservativ antagelse, dvs. et "worst case" scenario.

Med denne antagelsen vurderes maksimalt timemiddel av NO₂ til å være svært nær SFTs luftkvalitetskriterier. Beregningen viser at konsentrasjoner av NO₂ i luft vil være 3 % lavere enn SFTs luftkvalitetskriterier dersom utslippstemperaturen senkes til 25 °C. Men det er alltid noe usikkerhet i slike modellberegninger, spredningsforhold (meteorologi) vil variere fra år til år og det er ikke tatt hensyn til eventuelt andre lokale kilder; derfor kan det ikke utelukkes at konsentrasjon av NO₂ i luft kan overskride SFTs luftkvalitetskriterier som timemiddel dersom utslippstemperaturen senkes. Beregningene viser at timemiddelkonsentrasjon av NO₂ trolig vil være lavere enn både Nasjonalt mål og EUs grenseverdi ved alle alternative utslippstemperaturer, se Tabell 8.

Beregningene viser også at årsmiddel av NO₂ vil være lavere enn både SFTs luftkvalitetskriterier, Nasjonalt mål og EUs grenseverdi ved alle alternative utslippstemperaturer, se Tabell 8.

Tabell 8: Vurderte NO₂-konsentrasjoner nær kilden som følge av utslipp fra hele Mongstadanlegget. Enhet: µg/m³.

Parameter	Beregninger fra 2005 0-alternativet 70 °C	Korrigert for utslippstemp på SK702: 62 °C	Korrigert for utslippstemp på SK702: 40 °C	Korrigert for utslippstemp på SK702: 25 °C
Maksimalt timemiddel	85	87,3	91,1	97
Årsmiddel	9,4	9,4	9,6	9,8

Spredningsberegningene som er gjort for skorstein SK702 viser at konsentrasjon på bakkenivå nær utslippspunktet vil øke noe dersom utslippstemperaturen senkes. Økningen vil imidlertid være begrenset og det er trolig bare timemiddel av NO₂ som er nær- og kan overskride SFTs luftkvalitetskriterier. Nasjonalt mål og EUs grenseverdi vil trolig ikke overskrides som timemiddel. Det er lite sannsynlig at noen grense vil bli overskredet som årsmiddel.

7 Referanser

Gjerstad, K. I., Knudsen, S., Solberg, S., de Wit, H., Høgåsen, T., Larssen, T., Aarrestad, P., A. og Stabbetorp, O. E. (2005) Konsekvenser ved utslipp til luft fra et energiverk ved Statoil Mongstad. Kjeller (NILU OR 27/2005).

Hagen, L.O. (2003) Overvåking av luftkvalitet ved Statoil Mongstad i perioden september 2002 – februar 2003. Kjeller (NILU OR 70/2003).



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKSRAAPPORT	RAPPORT NR. OR 31/2008	ISBN 978-82-425-1989-4 978-82-425-1990-0 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 13	PRIS NOK 150,-
TITTEL Spredningsberegninger for skorstein SK702		PROSJEKTLEDER Karl Idar Gjerstad	
		NILU PROSJEKT NR. O-108061	
FORFATTER(E) Karl Idar Gjerstad		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Christian Drange	
OPPDRAKSGIVER StatoilHydro ASA M&M MAN PT&C Petroleum Coke N-5954 Mongstad			
STIKKORD Spredningsberegning	Mongstad	Industri	
REFERAT Det er gjort spredningsberegning for utslipp fra skorstein SK702 med ulike utslippstemperaturer. Spredningsberegningene viser at konsentrasjonen nær kilden øker noe dersom utslippstemperaturen synker. Økningen er imidlertid begrenset og vil ikke føre til at grenseverdier blir overskredet.			
TITLE Dispersion calculation at stack SK702			
ABSTRACT Dispersion calculations for stack 702 with different emission temperatures have been performed. The dispersion calculations show that the concentration close to the source will increase if the temperature of the emission gas decreases. The increase, however, will be minor and most likely there will not be any exceedences of air quality guidelines.			

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