

# Spredningsberegninger for utslipp til luft fra energianlegg i Kristiansand

Dag Tønnesen og Ivar Haugsbakk



Norsk institutt for  
luftforskning

# Innhold

	Side
<b>Sammendrag .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Inngangsdata.....</b>	<b>4</b>
2.1 Tekniske data .....	4
2.2 Bakgrunnskonsentrasjoner .....	5
<b>3 Spredningsberegninger .....</b>	<b>5</b>
3.1 Generelt .....	5
3.2 Maksimale timemiddelkonsentrasjoner ved bakken .....	7
3.3 Langtidsbelastning .....	10
<b>4 Konklusjon.....</b>	<b>12</b>
<b>5 Referanser .....</b>	<b>13</b>
<b>Vedlegg A Frekvensfordeling av vind og spredningsforhold. ....</b>	<b>14</b>

## Sammendrag

*Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Rambøll Norge AS utført spredningsberegninger for utslipp til luft av forurensende komponenter som følge av tre alternative plasseringer av et planlagt energianlegg i Kristiansand (F1, F5 og F6). Det er utført spredningsberegninger av korttidsmiddelkonsentrasjoner i nærområdet rundt det planlagte anlegget ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX. Middelbelastningen over ett år er beregnet med NILUs spredningsmodell CONDEP.*

Ved beregning av nødvendig skorsteinshøyde er NO<sub>2</sub> benyttet som dimensjonerende komponent. NO<sub>2</sub> er valgt fordi utslippene av denne er relativt mye høyere enn for de andre forurensende komponentene i utslippet, sett i forhold til SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for korttidskonsentrasjoner (timemiddel).

Resultatene er sammenlignet med norske anbefalte luftkvalitetskriterier for helse og vegetasjon gitt av Statens forurensningstilsyn og grenseverdier gitt av Verdens helseorganisasjon (WHO).

Beregningene er utført for de mest kritiske meteorologiske situasjoner for spredning av forurensing fra anlegget. Med en skorsteinshøyde på 75 m vil plasseringene F5 og F6 overholde krav til luftkvalitet for alle midlingstider. For plassering F1 vil den foreslåtte høyden og plasseringen av skorsteinen føre til sannsynlig overskridelse av grenseverdier for årsmiddelverdi av NO<sub>2</sub> og Kadmium nordøst for anlegget. For å unngå dette må skorsteinsfoten flyttes til høyere nivå og/eller skorsteinen forlenges slik at toppen av skorsteinen blir 105 m over havnivå.

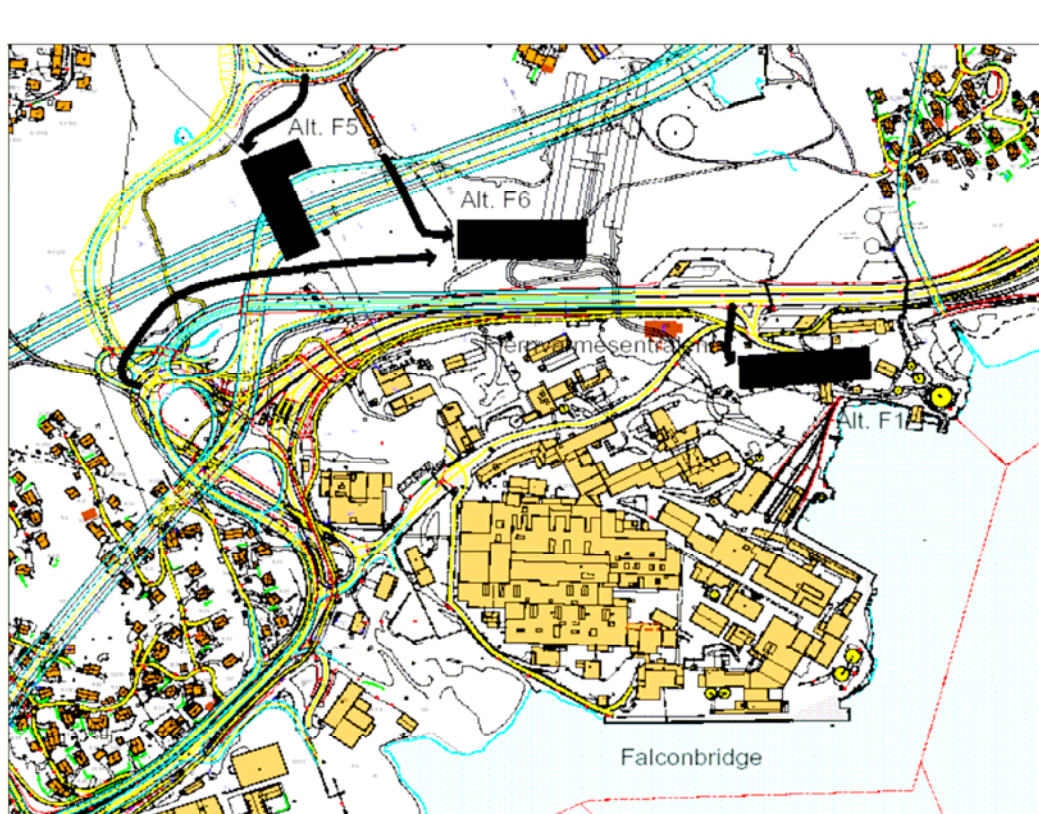
Hvorvidt anlegget kan **bedre** luftkvaliteten i vesentlig grad, avhenger av i hvor stor grad det erstatter andre utslipp, og hvilke typer utslipp det erstatter.

# Spredningsberegninger for utslipp til luft fra energianlegg i Kristiansand

## 1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Rambøll Norge AS utført spredningsberegninger for utslipp til luft fra et planlagt energianlegg i Kristiansand med tre alternative plasseringer. Beregningene er utført med foreløpige skorsteinshøyder (75 m) gitt fra anleggsleverandøren og utført for å kontrollere at anbefalte luftkvalitetskriterier for helse og miljø gitt av myndighetene til enhver tid overholdes.

Det planlagte anlegget er beregnet for energigjenvinning av avfall. Planlagt lokalisering er vist i Figur 1.



Figur 1: Alternative plasseringer av det planlagte energigjenvinningsanlegget i Kristiansand.

Resultatene av spredningsberegningene viser hvilke konsentrasjoner av forurensende komponenter som kan forekomme i nærområdet rundt det planlagte energianlegget. Beregningene er utført for de mest ugunstige spredningsforholdene (timemiddel) og middelforhold (årsmiddel).

## 2 Inngangsdata

### 2.1 Tekniske data

Ved beregning av konsentrasjoner som følge av utslipp til luft fra energianlegget er NO<sub>2</sub> benyttet som dimensjonerende komponent. NO<sub>2</sub> er valgt som dimensjonerende komponent fordi konsentrasjonen i utslippet av denne komponenten er den høyeste sett i forhold til Statens forurensningstilsyns (SFTs) anbefalte luftkvalitetskriterier (timemiddelkonsentrasjon). Luftkvalitetskriteriene er vist i Tabell 3. Hvis anlegget utformes slik at utslippet av NO<sub>2</sub> ikke gir overskridelse av luftkvalitetskriteriene, vil heller ikke de øvrige utslippskomponentene overskride sine luftkvalitetskriterier, med et mulig unntak for grenseverdi for årsmiddelkonsentrasjon av Kadmium.

Tekniske data for energianlegget er gitt av Rambøll Danmark AS. (Tabell 1 og Tabell 2).

Tabell 1: Utslipp gitt ved røykgassmengder og NO<sub>x</sub>-konsentrasjoner i røykgassene. Ulike alternativer for avgasstemperatur (Tg) og avgasshastighet (Vg).

R (m <sup>3</sup> /h)	NO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Vg (m/s)	Diameter (m)	Tg
73 700*	100	-		0*
88 000	-	20	1,25	60
95 800	-	20	1,30	90
101 000	-	20	1,34	110

R: Røykgassmengde  
 Tg: Røykgasstemperatur i utslippet  
 Vg: Røykgasshastighet i utslippet  
 Q: Utslippetsintensitet, NO<sub>x</sub>, regnet som NO<sub>2</sub>  
 \* 11% vol O<sub>2</sub> tørr gass og 0 °C

Beregningene er utført med røykgasstemperatur 110 °C.

Om lag 90% av NO<sub>x</sub>-konsentrasjonen i utslippet vil foreligge som NO, og ca. 10% som NO<sub>2</sub>. I atmosfæren vil ozon (O<sub>3</sub>) raskt omdanne NO til NO<sub>2</sub>. Dette forutsetter imidlertid at det er tilstrekkelige mengder bakkenær ozon tilstede. I disse beregningene er det benyttet en ozonkonsentrasjon på 60 µg/m<sup>3</sup> som utgangspunkt for å estimere oksydasjon av NO. I beregningene av NO<sub>2</sub> konsentrasjon i maksimalt belastet område er det også tatt hensyn til hvor lang tid røykgassen vil bruke fra utslipp til mest belastet område. Det vil ta om lag 200 sekunder å oppnå fullstendig reduksjon av et ozon-nivå på 60 µg/m<sup>3</sup> når det er nok NO tilstede i røykgassen.

I beregningene av timemiddelkonsentrasjoner av NO<sub>2</sub> er det benyttet **forventet utslippskonsentrasjonen for normaldrift** gitt i Tabell 2. Kravene til utslippskonsentrasjon i Avfallsforskriften er høyere (se kolonne 3). Årsmiddelkonsentrasjoner er også beregnet ut fra forventet utslipp.

Tabell 2: Utslippstall for ulike komponenter fra energianlegget i Kristiansand.  
Normal avgassmengde: 73 700 Nm<sup>3</sup>/h. Krav i henhold til  
avfallsforskriften.

Parameter	Enhet	Forventet utslipp	Krav
Støv	mg/Nm <sup>3</sup>	2	10
TOC	mg/Nm <sup>3</sup>	5	10
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	2	10
HF	mg/Nm <sup>3</sup>	0,05	1
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	25	50
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	15	50
NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	100	200
Cd + Tl	mg/Nm <sup>3</sup>	0,005	0,05
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,005	0,05
Sum 9 metaller*	mg/Nm <sup>3</sup>	0,05	0,5
Dioxiner	ng/Nm <sup>3</sup>	0,05	0,1

\* Tungmetaller: Pb+Cr+Cu+Mn+Sb+As+Co+Ni+V+Ni

## 2.2 Bakgrunnskonsentrasjoner

NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner ved bakkenivå vil oftest bli dimensjonerende for skorsteinshøyden.

På bakgrunn av målinger av forurensning på NILUs bakgrunnsstasjon Birkenes, er 10 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> benyttet som et estimat for bakgrunnskonsentrasjoner i området når forurensning fra forbrenningsanlegget skal bestemmes. Dette konsentrasjonsnivået er typisk for vindretninger inn mot land. På grunn av plasseringen blir det liten samtidig belastning fra anlegget og andre lokale kilder for de områdene der bidraget fra anlegget er størst. Den største belastningen fra anlegget inntreffer når spredningsforholdene for utslipp ved/nær bakken er gode. I slike situasjoner vil belastningen av NO<sub>2</sub> som skyldes bakkeutslipp (trafikk)være lav.

## 3 Spredningsberegninger

### 3.1 Generelt

Grunnlaget for krav til minimum skorsteinshøyde er at de maksimale timemidlete bakkekonsentrasjonene (inkludert bakgrunnskonsentrasjonene) av enhver forurensende komponent skal være lavere enn de anbefalte luftkvalitetskriteriene gitt av SFT og WHO som timemiddel (se Tabell 3).

Tabell 3: Anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier for luftkvalitet for de respektive komponentene gitt av henholdsvis SFT og WHO, samt foreslåtte EU-direktiver.

Komponent	Enhet	Virknings- område	Midlingstid			
			1 time	24 timer	6 mnd.	1 år
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Helse Vegetasjon	100 <sup>d)</sup>		50 <sup>d)</sup>	40 <sup>c)</sup> 30 <sup>d)</sup>
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Helse Vegetasjon	350 <sup>c)</sup> 150 <sup>d)</sup>	125 <sup>c)</sup>		50 <sup>b)</sup> 20 <sup>d)</sup>
CO	mg/m <sup>3</sup>	Helse	25 <sup>d)</sup>			
Svevestøv <sup>a)</sup>	µg/m <sup>3</sup>	Helse		35 <sup>e)</sup> (50 <sup>c)</sup> )		30 <sup>c)</sup>
Hg <sup>f)</sup>	µg/m <sup>3</sup>	Helse				1 <sup>b)</sup>
Cd	ng/m <sup>3</sup>	Helse				1 - 5 <sup>d)</sup>

a) Partikler med diameter < 10 µm (PM<sub>10</sub>).

b) Anbefalt grenseverdi WHO (1987). Gjelder kvikksølv i partikler og i gasser.

c) EU-direktiv, 1998.

d) Anbefalte luftkvalitetskriterier SFT, 1992.

e) Anbefalt luftkvalitetskriterium SFT/Folkehelse, 1998.

f) Atmosfærens totale Hg-konsentrasjon (partikler og gasser)

SFT krever videre at bidraget fra enkeltanlegg ikke skal utgjøre mer enn maksimum 50% av forskjellen mellom luftkvalitetskriteriet (100 µg/m<sup>3</sup> for NO<sub>2</sub>) og NO<sub>2</sub>-forurensningene i området før det planlagte anlegget tas i bruk.

Basert på dette grunnlaget bør ikke maksimal bakkekonsentrasjon på nedvindsiden av pipa være større enn  $(100-10)/2 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3 = 45 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ .

Det framgår av tabellen over at grenseverdiene for den samme komponenten er forskjellig ved ulike midlingstider. Dette fordi man ved korte eksponeringer i forhold til eksponering over lengre tid (måneder, år) må ha et høyere nivå/konsentrasjon for at effekter på helse/vegetasjon skal inntreffe. De fleste grenseverdier/retningslinjer er angitt med en sikkerhetsfaktor på fra 2 til 5 i forhold til et nivå der det er dokumentert skadelige virkninger. For virkninger av de ulike stoffene henvises det til SFT/WHOs rapporter.

Ved bruk av tekniske data for energianlegget (Tabell 1 og Tabell 2) og data for vind- og stabilitetsfordeling har NILU utført spredningsberegninger av timemiddelkonsentrasjoner av NO<sub>2</sub> i området rundt det planlagte energianlegget. Det finnes tilgjengelige meteorologiske data fra området. NILU har bearbeidet målinger av vindretning og vindstyrke fra Kjevik, og anslått stabilitetsfordeling i ulike vindretningssektorer på bakgrunn av slike målinger fra Lista (se Vedlegg A). Spredningsberegningene er utført ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodeller CONCX og CONDEP, hvor det antas at konsentrasjonsfordelingen i røykfanen følger en normalfordeling (Gaussfordeling) horisontalt og vertikalt vinkelrett på vindretningen (Bøhler, 1987). Beregningene er utført for ustabile (U), nøytrale (N), lett stabile (Ls) og stabile (S) atmosfæriske forhold, og det er tatt hensyn til bygninger og at vindhastigheten øker med høyden. Maksimale timemiddelverdier er beregnet for forskjellige driftsforhold. Disse modellene er godkjent av SFT til bruk for dimensjonering av skorsteinshøyde og beregning av forurensningsbelastning.

Ustabile forhold opptrer om dagen og om sommeren med klart vær og solinnstråling. Da er atmosfærens vertikale spredningsevne god. Stabile forhold opptrer om natten og om vinteren når det er klarvær. Atmosfærens vertikale spredningsevne er dårlig. Nøytrale forhold, med relativ god spredning, opptrer i overskyet vær og ved middels sterk og sterk vind.

Utslipp gjennom en skorstein får en tilleggshøyde (røykløft) på grunn av utslippshastighet og temperaturoverskudd. Ved høy vertikalhastighet og stort temperaturoverskudd, slik som ved det planlagte anlegget, blir røykløftet ofte høyere enn selve skorsteinen. Dersom skorsteinen er for lav i forhold til de omkringliggende bygningene, kan turbulenssonen rundt bygningene redusere røykløftet eller føre til røyknedslag. Røyknedslag eller sterk reduksjon av røykløft kan medføre høye bakkekonsentrasjoner.

### **3.2 Maksimale timemiddelkonsentrasjoner ved bakken**

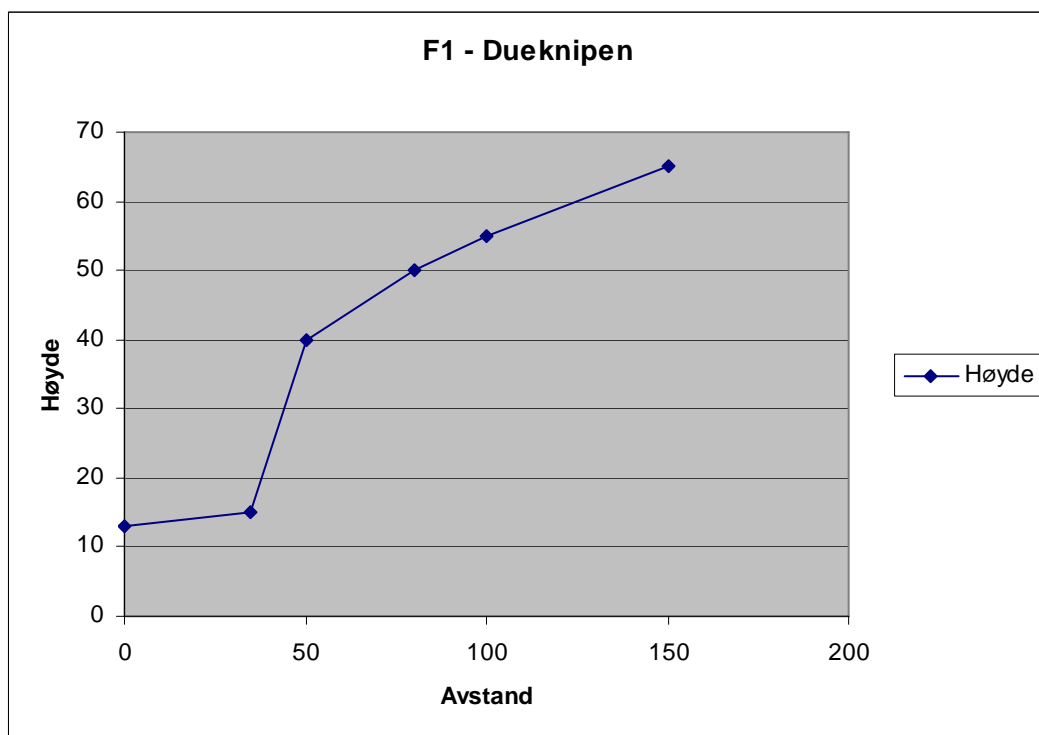
Utførte beregninger viser at maksimalkonsentrasjonene forekommer på forskjellig avstand ved ulike spredningsforhold for de ulike lokaliseringene. I nærområdet gjør de topografiske forholdene at spredning i retningene nord-nordøst eller nord for utslippene er mest kritiske i forhold til høy belastning fra anlegget ved eksisterende boliger. Det er utført separate beregninger for spredning i disse retningene der det er tatt hensyn til topografiens innvirkning på spredningen, og at blokkbebyggelsen i nordlig retning fra utslippsalternativene vil kunne "stikke opp i" røyken fra skorsteinen. Forurensning i nærområdet ved bebyggelsen øst og vest for Dueknipen er beregnet.

Beregningene er utført for dette området fordi det er her bebyggelsen ligger nærmest anlegget, det vil være høy forekomst av vind fra anlegg mot bebyggelse, og terrenget stiger vesentlig fra de ulike anleggsplasseringene mot bebyggelsen.

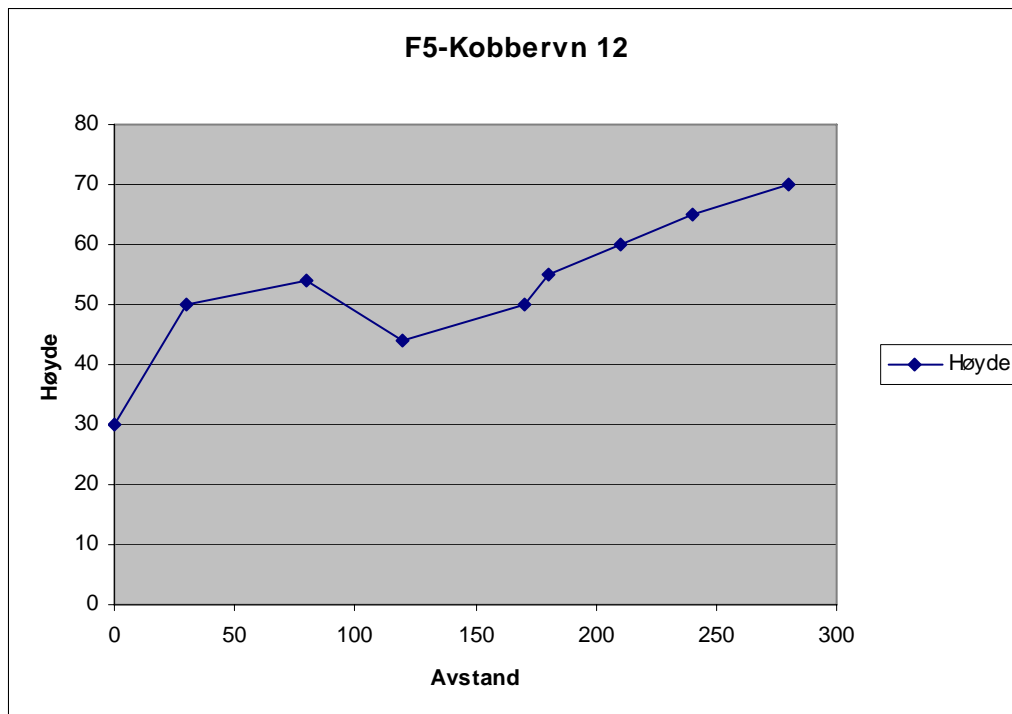
Maksimalt beregnet nivå av  $\text{NO}_x$  blir  $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved de øverste etasjene i blokkene Kobberveien 12 og 20. Dette tilsvarer et  $\text{NO}_2$  – konsentrasjonsbidrag på under  $30 \text{ g}/\text{m}^3$ , forutsatt at det i løpet av de 50 sekundene de nitrøse gassene bruker på transport fra utslippet blir oksydert  $20 \mu\text{g NO}$  til  $\text{NO}_2$  fra ozon som er i lufta.

Effekten av topografien er simulert i modellen ved å heve laveste modellnivå i forhold til "effektiv terrenghøyde". For aktuell skorsteinshøyde og avstand utgjør dette 70 % av den fysiske høydeforskjellen. Figur 2 - Figur 4 viser terrengprofil i snitt fra skorsteinens fotpunkt til det mest belastede bolighuset.

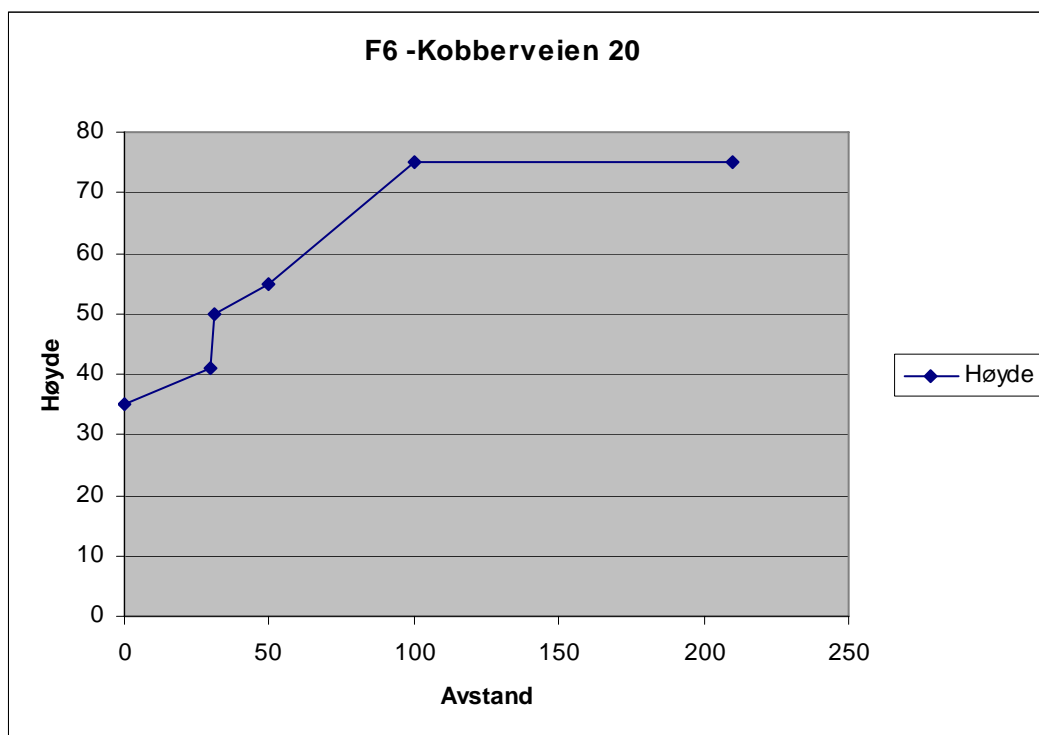




Figur 2: Terrengprofil for alternativ F1 mot nord nordøst. Høyde over havet, avstand fra skorsteinsfoten.



Figur 3: Terrengprofil for alternativ F5 mot nordøst. Høyde over havet, avstand fra skorsteinsfoten.



Figur 4: Terrenprofil for alternativ F6 mot nord. Høyde over havet, avstand fra skorsteinsfoten.

Tabell 4 viser konsentrasjoner av  $\text{NO}_x$  for angitte avstander fra skorsteinen og angitte høyder over bakkenivå. Høydeangivelsene referer til "flatt" terreng med nullnivå ved skorsteinsfoten. Høyde 75 m vil tilsvare toppen av boligblokkene for luft som har passert skorsteinen ved plasseringsalternativene F5 og F6, vurdert på bakgrunn av terrenprofilene. Det vil være proporsjonalitet mellom avgasskonsentrasjon og konsentrasjonen i omgivelsene dersom andre forhold er uendret.

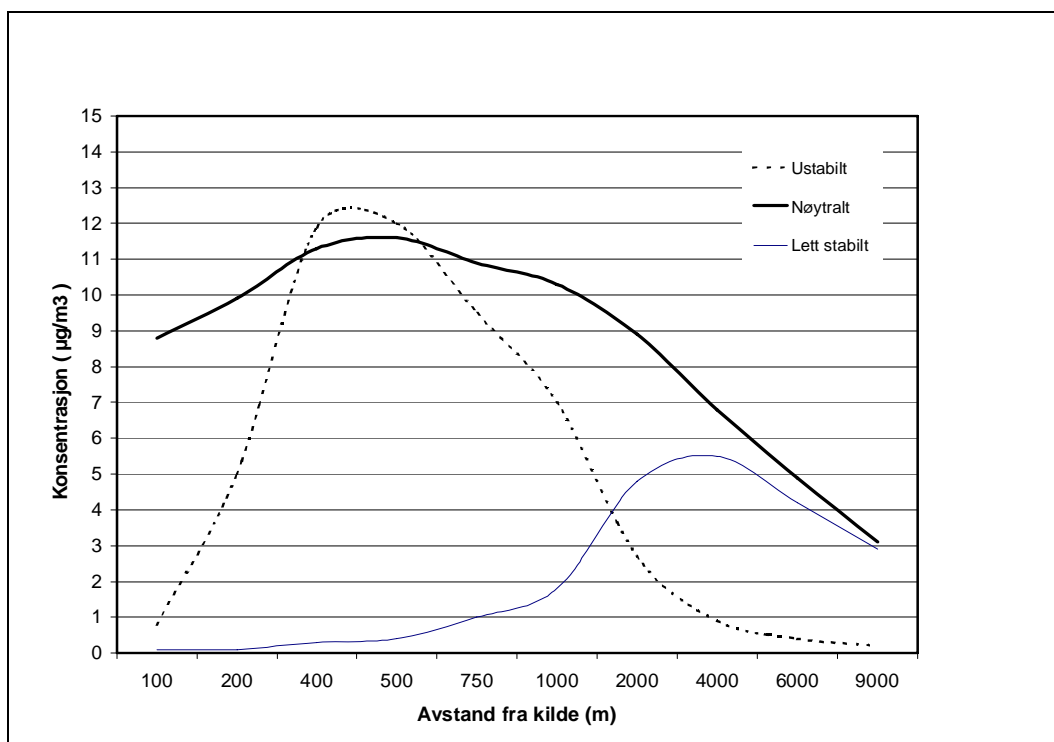
Tabell 4: Nitrogenoksider som skyldes utlipp fra energisentralen for angitte avstander fra skorsteinen og høyder over flatt terreng, gitt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Høyde (m)	Konsentrasjoner ved gitt avstander fra utslippspunkt				
	50 m	100 m	150 m	200 m	250 m
20	17,8	17,7	17,5	17,3	17,1
35	39	37	35	32	30
75	118	107	95	84	74

I kupert terreng vil en under ellers like forhold få høyere bakkekonsentrasjoner enn ved flatt terreng.

Figur 5 viser maksimal  $\text{NO}_2$ -konsentrasjon ved bakken som funksjon av avstand fra utlipp for det planlagte energianlegget for spredning i retning der topografien er flatere enn i de utvalgte eksemplene over. Figuren gjelder også for retningene behandlet ovenfor på avstander som er større enn 250 m. Siden bare en del av

NO<sub>x</sub>-utslippet foreligger som NO<sub>2</sub> (resten som NO) vil NO<sub>2</sub>-konsentrasjonene som forekommer nær bakken være lavere enn de beregnede konsentrasjoner. Anvendt skorsteinshøyde har derfor god sikkerhetsmargin selv om NO-utslippet gradvis går over til NO<sub>2</sub> i atmosfæren. Overgangshastigheten er blant annet avhengig av ozonkonsentrasjonene i atmosfæren. Reaksjonen mellom ozon og NO er svært rask, og den begrensende faktoren er den tilgjengelige ozonmengden. Sammenlignet med NO<sub>2</sub> har NO i praksis ingen virkning på helse eller vegetasjon. Figuren viser at kravet i forhold til anbefalt luftkvalitetskriterium overholdes med god margin. I figuren er det antatt at hele utslippet av NO<sub>x</sub> er oksydert til NO<sub>2</sub>.



Figur 5: Maksimal timemidlet bakkekonsentrasjon av NO<sub>2</sub> som funksjon av avstand fra utslippet. Utslippsmengde 2 g/s, (se Tabell 2 (normal drift)) og avgasshastighet 20 m/s. Figuren gjelder utenfor områder der topografien kan ha spesielt stor effekt på spredningen. Reell konsentrasjon på avstander mindre enn 400 m vil være lavere enn vist på figuren på grunn av at ikke all tilgjengelig NO vil være oksydert til NO<sub>2</sub>.

### 3.3 Langtidsbelastning

Ved bruk av frekvensfordeling av vind- og stabilitetsforhold, gitt i Vedlegg A, er det beregnet midlere bakkekonsentrasjon over året (langtidsbelastning) av et utslipp på 2 g/s NO<sub>2</sub>.

Resultatene av beregningene er vist i Figur 6.

Konsentrasjonene av øvrige komponenter som følge av utslipp fra anlegget finnes ved å skalere verdiene i Figur 6 med utslippstallene i Tabell 2. Dette er utført for

maksimalbelastningen i Tabell 5, der en sammenligning med grenseverdier for langtidsmiddelkonsentrasjoner også er utført. Den høyeste årsmiddelbelastningen av  $\text{NO}_2$  er beregnet til  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved alternativene F5 og F6 for plassering av anlegget. Dette er ca 14 % av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium. Figur 6 viser beregninger på et kilometergrid. På avstandene i dette gridet er det ikke merkbar forskjell på de ulike plasseringene av anlegget.

Det er også utført beregninger på et 200m grid med de aktuelle plasseringene. Disse beregningene viser at i området for maksimal belastning innenfor dette gridet gir alternativ F1 klart høyere belastning i forhold til årsmiddelkonsentrasjon enn alternativene F5 og F6, 10 ganger så høyt konsentrasjonsbidrag, og også 10 ganger høyere belastning enn beregningene for 10 km grid. Dette skyldes en kombinasjon av avstanden til nærliggende høyere terreng og forekomsten av vindretning/vindstyrke. Dette medfører at med bruk av 75 m skorstein ved alternativ F1 overskrides luftkvalitetskriteriene for årsmiddelverdier av  $\text{NO}_2$  og Kadmium. Dersom lokaliseringen ved F1 skal benyttes må skorsteinen her være høyere, eller plasseres med fotpunktet høyere, eller en kombinasjon av disse. Vurdert fra resultatene for terrengvurderingen foran bør skorsteinstoppen for F1s vedkommende ligge på minst 105 m.o.h.



Figur 6: Beregnede årsmiddelkonsentrasjoner ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) som følge av 2,0 g/s utslipp til luft. Beregninger på km-rutenett. Innenfor 400 m fra utslippene vil det forekomme høyere belastning enn vist på figuren for alternativ F1.

I Tabell 5 er maksimal årsmiddelbelastning i bakkenivå vist for utslippskomponentene fra anlegget. Tabellen viser belastningen som følge av utslippskonsentrasjonen som vist i Tabell 2. Maksimalbelastning for alternativ F1 er vist i separat.

Tabell 5: Beregnet **maksimal** årsmiddelkonsentrasjon, alternativ F5 og F6. Maksimal årsmiddelkonsentrasjon for alternativ F1 er vist i parentes.  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :  $10^{-6}$  g; ng:  $10^{-9}$  g; pg:  $10^{-12}$  g.

Komponent	Maksimal årsmiddelkonsentrasjon	Prosent av grenseverdi
NO <sub>2</sub>	5,5 (55) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14 ( <b>140</b> )
Partikler	0,11(1,1) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4 (4)
Hg	0,28(2,8) $\text{ng}/\text{m}^3$	0,03 (0,3)
Cd + Tl	0,28 (2,8) $\text{ng}/\text{m}^3$	27,5 ( <b>275</b> )
Klasse 3	2,75 (27,5) $\text{ng}/\text{m}^3$	-
CO	1,38(13,8) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
HF	2,75 (27,5) $\text{ng}/\text{m}^3$	-
HCl	0,11 (1,1) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
TOC	0,28 (2,8) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
SO <sub>x</sub>	0,83 (8,3) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,7 (17)
Dioksiner	2,8 (28) $\text{pg}/\text{m}^3$	-

Den utslippskomponenten der maksimal årsmiddelbelastning er høyest i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier er utslippet av Kadmium, der maksimalbelastningen utgjør 27,5 % av luftkvalitetskriteriet på 1  $\text{ng}/\text{m}^3$  for alternativ F5 og F6.

For øvrig viser beregnede årsmiddelverdier av belastningen fra anlegget at forurensningsnivået er svært lavt i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier.

Hvorvidt anlegget kan bedre luftkvaliteten i vesentlig grad, avhenger av i hvor stor grad det erstatter andre utslipp, og hvilke typer utslipp det erstatter.

## 4 Konklusjon

Spredningsberegningene er utført for de mest kritiske meteorologiske situasjoner for spredning av forurensing fra anlegget. Med en skorsteinshøyde på 75 m vil plasseringene F5 og F6 overholde krav til luftkvalitet. For plassering F1 viser beregningene at for den foreslåtte høyden og plasseringen av skorsteinen er det langtidsmiddelkonsentrasjonene som er høyest i forhold til luftkvalitetskriteriene. Kombinasjonen av topografiske forhold og fordeling av vindretning og vindstyrke vil føre til sannsynlig overskridelse av grenseverdier for årsmiddelverdi av NO<sub>2</sub> og Kadmium 150–200 m nordøst for anlegget for alternativ F1. For å unngå dette må skorsteinsfoten flyttes til høyere nivå og/eller skorsteinen forlenges slik at toppen av skorsteinen blir 105 m over havnivå.

## 5 Referanser

Bøhler, T. (1987) User's guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).

SFT (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo, Statens forurensningstilsyn (SFT-rapport 92:16).

SFT (1998) Veiledning til forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy. Oslo, Statens forurensningstilsyn (SFT-veiledning 98:03).

WHO (2000) Air quality guidelines for Europe. 2<sup>nd</sup> ed. Copenhagen (WHO Regional Publications. European Series No. 91).

## **Vedlegg A**

### **Frekvensfordeling av vind og spredningsforhold.**

Tabell A1 viser frekvensfordelingen av vindretning, vindstyrke og stabilitet i Hunndalen i perioden 01.12.90-30.11.91. Observasjoner er fordelt i følgende klasser:

- Vindretning: Tolv 30° sektorer angir sektorene som vinden blåser fra. Det vil si: retning 360 angir at vinden blåser fra nord og området sør for anlegget vil bli belastet.
- Vindstyrke: 4 vindstyrkeklasser 0-2 m/s, 2-4 m/s, 4-6 m/s, over 6 m/s.
- Spredningsforhold: 4 stabilitetsklasser.
- U: lav vind og oppvarming ved bakken fører til god vertikalspredning.
- N: sterk vind og/eller ingen varmeutveksling ved bakken fører til vanlige spredningsforhold.
- Ls: svak - moderat vind, svak avkjøling ved bakken fører til dårligere spredningsforhold enn vanlig i atmosfæren.
- S: svak vind og sterk avkjøling av luft ved bakken fører til meget dårlige spredningsforhold.

Spredning av forurensningsutslipp er avhengig av vind og blandingsforholdene i atmosfæren. Blandingsforholdene er inndelt i fire klasser som er forklart nedenfor:

Ustabile atmosfæriske forhold (U) forekommer oftest om dagen og om sommeren, ved klarvær med sterk solinnstråling og svak til middels vindstyrke. Solen varmer da opp bakken, og det dannes vertikale turbulente luftstrømmer som gir god vertikal spredning av røykfanen. For utslipp i bakkenivå vil disse fortynnes raskt, mens det for skorsteinsutslipp kan forekomme høye konsentrasjoner nær utslippet på grunn av kortvarige røyknedslag.

Nøytrale atmosfæriske forhold (N) forekommer ved høye til moderate vindstyrker og oftest ved overskyet vær. Høy vindstyrke og god mekanisk blanding gir moderat til god horisontal og vertikal fortynning av røykfanen.

Stabile atmosfæriske forhold (Ls og S) er typisk for stille, klare netter og vintersituasjoner med avkjøling av bakken og det nederste luftlaget. Temperaturen øker med høyden over bakken, og dette gir dårlig vertikalspredning i det stabile laget. Når relativt varm luft fra sjø transporteres inn over kaldt land, vil det nederste luftlag stabiliseres. Dette gir dårlig spredning av røykfanen, både vertikalt og horisontalt. For bakkeutslipp vil denne situasjonen være kritisk, idet



den vertikale fortynningen er liten. For skorsteinsutslipp vil liten vertikal spredning føre til at utslippet først når ned til bakken langt fra utslippet.

Frekvensfordelingen av vind og stabilitet presentert i Tabell A1 gir en estimert fordeling mellom ustabil, nøytral, lett stabil og stabil sjiktning på henholdsvis 17,6%, 27,9%, 24,1% og 28,1%.

- U - ustabile atmosfæriske forhold
- N - nøytrale atmosfæriske forhold
- Ls - lett stabile atmosfæriske forhold
- S - stabile atmosfæriske forhold

Tabell A1: Frekvensfordeling av vindretning, vindstyrke og stabilitet fra målinger i Hunddalen i perioden 01.12.90-30.11.91.

Retning	0-2 m/s				2-4 m/s				4-6 m/s				over 6 m/s				Rose
	u	n	ls	s	u	n	ls	s	u	n	ls	s	u	n	ls	s	
30	0,6	1,9	0,8	0,6	1,1	0,9	0,5	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	1,9	4,7	1,3	0,8	1,1	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	3,6	6,8	2,5	2,6	2,7	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120	0,8	1,0	1,7	1,7	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150	0,2	0,3	0,7	0,8	0,1	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
180	0,2	0,4	0,9	1,5	0,3	0,3	0,6	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
210	0,2	0,9	1,8	7,6	0,7	1,3	1,9	1,2	0,1	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
240	0,3	1,5	2,3	6,9	0,6	1,1	2,3	1,7	0,1	0,2	0,6	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
270	0,2	0,6	1,0	1,3	0,3	0,3	0,8	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
300	0,2	0,7	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
330	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
360	0,2	0,4	0,6	0,3	0,5	0,3	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

u: gode spredningsforhold  
n: vanlige spredningsforhold  
ls: dårlige spredningsforhold  
s: meget dårlige spredningsforhold



## Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORT NR. OR 20/2006	ISBN 82-425-1737-1 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 17	PRIS NOK 150,-
TITTEL Spredningsberegninger for utslipp til luft fra energianlegg i Kristiansand		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-106056	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen og Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Arild Syvertsen	
OPPDRAGSGIVER Rambøll Norge AS			
STIKKORD Nitrogen dioksid	Spredningsberegning	Biobrenselanlegg	
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Rambøll Norge AS beregnet forurensningsbidrag for utslipp fra tre alternative plasseringer av et avfallsforbrenningsanlegg i Kristiansand. Spredningsberegningene viser at for alternativ F5 og F6 overholdes anbefalt luftkvalitetskriterier. For alternativ F1 vil det med den foreløpige skorsteinshøyden på 75 m kunne bli overskridelser av luftkvalitetskriterier for årsmiddel av NO <sub>2</sub> og Kadmium.			
TITLE Dispersion calculations at Kristiansand.			
ABSTRACT Norwegian Institute for Air Research has modelled the impact of emissions to air from 3 alternative locations of an incinerator in Kristiansand. The model results show that at two of the sites, F5 and F6, the air quality guidelines will now be exceeded. For the alternative F1, the long-term average guidelines for NO <sub>2</sub> and Cadmium will probably be exceeded.			

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