

NILU: OR 1/2001
REFERANSE: O-100150
DATO: JANUAR 2001
ISBN: 82-425-1235-3

Vurdering av luftforurensning ved tunnelmunninger

**RV 70 Løkkemyra-Nordsundbrua,
Kristiansund kommune**

Ivar Haugsbakk

Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	3
1 Innledning	7
2 Metoder og forutsetninger	7
3 Tunnel- og trafikkdata	9
3.1 Tunneldata	9
3.2 Trafikkdata.....	9
4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft	10
5 Utslipp	12
6 Resultater fra spredningsberegningene	13
7 Framtidig utvikling	17
8 Referanser	17
Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk	19
Vedlegg B Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunneler	25
Vedlegg C Spredningsberegninger for tunneler	31

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Møre og Romsdal utført beregninger av luftforurensing fra en planlagt tunnelforbindelse på RV70 mellom Løkkemyra og Nordsundbrua i Kristiansund kommune. Tunnelen vil ikke få separate løp for hver kjøreretning. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og karbonmonoksid (CO) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningene. Svevestøv er ikke tatt med i beregningene, da det ikke finnes ferdigutviklet programverktøy for å beregne produksjon og spredning av svevestøv fra tunneler.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, med trafikkflyt i begge retninger. Videre er krav til ventilasjon av tunnel og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for de samme trafikksituasjonene. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂) som maksimal timemiddelkonsentrasjon.

Luftkvaliteten i et område vurderes ved å sammenligne målinger eller beregninger av konsentrasjoner av luftforurensning med grenseverdier satt ut fra virkning på helse og/eller vegetasjon. Begrepene grenseverdi, retningslinje og anbefalt luftkvalitetskriterium er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk bindende, retningslinjer er en målsetning, mens anbefalte luftkvalitetskriterier ut fra faglige argumenter er satt så lavt at virkninger på helse/vegetasjon vanligvis ikke vil opptre.

Tabell A viser kriterier, nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet for de aktuelle komponenter.

Tabell A: Kriterier, nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet utenfor tunnelene (a: uteluft) og grenseverdier i tunnelene (b: tunnelluft). Alle verdier gitt som µg/m³ unntatt for CO som er gitt som mg/m³.

a) Uteluft

Stoff	Midlings-tid	SFT luft-kvalitets-kriterier	Nasjonale mål *	Forurensningsloven		EUs forslag til nye grenseverdier
				Kartleggings-grenseverdi	Tiltaks-grense-verdi	
NO ₂	1 time	100	150	200	300	200
CO	1 time	25	-	-	-	-
PM ₁₀	1 døgn	35	50	150	300	50

* Nasjonale mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. De nasjonale mål er i hovedsak litt strengere enn EUs forslag til nye grenseverdier, men ikke så strenge som SFTs luftkvalitetskriterier. De nasjonale målene tillater 8 overskridelser pr. år for NO₂ innen 2010, 25 overskridelser pr. år for PM₁₀ innen 2005 og 7 overskridelser av PM₁₀ innen 2010.

b) Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250
NO _x	"	28 200
NO ₂	"	2 800

I beregningene for tunnelen er det brukt samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler andre steder i Norge. Beregningsmetodene er utviklet på grunnlag av teori og målinger (Iversen, 1982; Larssen og Iversen, 1984). Utslipp av karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x) er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning. Det er beregnet for verst tenkelig tilfelle med maksimal bakgrunnsbelastning og verst tenkelig tilfelle av spredningsforhold. Resultatet av beregningene gir således et bilde av en forurensningssituasjon som vil kunne inntreffe når alle disse nevnte forutsetningene er til stede.

Forurensning ved tunnelmunningene

CO- og NO₂-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter. Tabell B viser resultatet av beregningene. Med toveiskjøring i tunneløpet vil ikke trafikken skape en jefase som ventilerer tunneløpet, og det blir nødvendig å installere vifter som kan sørge for den nødvendige ventileringen. Munningskonsentrasjoner er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet.

Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk for prosjekterte hastigheter.

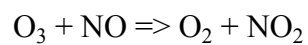
Tunnel	Trafikkens hastighet (km/h)*	Nødvendig ventilering (m/s)	Utslipp	
			CO	NO _x
			(g/s)	
<u>År 2004</u>				
Vestover, morgen	50	0,16	0,751	0,245
Østover, ettermiddag	50	0,19	0,791	0,278
<u>År 2030</u>				
Vestover, morgen	50	0,24	1,127	0,367
Østover, ettermiddag	50	0,28	1,186	0,417

* 50 km/h gir litt større utslipp enn 60 km/h (se vedlegg B).

Ved normal trafikkavvikling er NO_x-utslippene avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelsystemet. I køsituasjoner ville CO-produksjonen ha blitt avgjørende.

CO- og NO₂-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. I beregningene er det tatt hensyn til et bakgrunnsnivå av luftforurensninger. Bakgrunnskonsentrasjonen representerer i dette tilfelle en maksimal konsentrasjon som skyldes andre kilder. I området der tunnelen er planlagt, er det regnet med et bakgrunnsnivå på 1 mg CO/m³ og 10 µg NO₂/m³.

Det er regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Det er derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på $70 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ som timemiddelverdi (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner).

Tabell C viser spredningsavstander fra tunnelmunningen for å komme ned på gitte konsentrasjoner av CO og NO_2 .

Tabell C: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)						
		CO (25 mg/m ³)	NO ₂ (100 µg/m ³)	NO₂ * (150 µg/m³)	NO ₂ (200 µg/m ³)	NO ₂ (250 µg/m ³)	NO ₂ (300 µg/m ³)	NO ₂ (350 µg/m ³)
<u>År 2004</u>								
Vestover, morgen	2,0 (1,0)	<5 (<5)	59 (71)	23 (34)	10 (21)	5 (15)	- (10)	- (7)
Østover, ettermiddag	2,0 (1,0)	<5 (<5)	68 (79)	28 (39)	15 (25)	8 (18)	3 (9)	- (9)
<u>år 2030</u>								
Vestover, morgen	2,0 (1,0)	<5 (<5)	81 (93)	36 (47)	20 (31)	13 (23)	4 (18)	4 (14)
Østover, ettermiddag	2,0 (1,0)	<5 (<5)	91 (102)	41 (52)	25 (36)	16 (27)	10 (20)	7 (17)

*Nasjonalt mål

Vurdering av luftforurensning ved tunnelmunninger

RV 70 Løkkemyra-Nordsundbrua, Kristiansund kommune

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Møre og Romsdal utført beregninger av luftforurensninger fra planlagt tunnelforbindelse på RV70 mellom Løkkemyra og Nordsundbrua i Kristiansund kommune. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene.

Tunnelen er planlagt uten separate løp for begge kjøreretninger. Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med flyt begge retninger. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂). Utslippet av nitrogenoksider (NO_x) fra biltrafikk på horisontal vei består normalt av ca 90% nitrogenmonoksid (NO) og ca. 10% nitrogendioksid (NO₂). NO₂ i bileksosen gir vanligvis de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte retningslinjer for timeverdier i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved køsituasjoner vil imidlertid CO-konsentrasjonen være høyest i forhold til anbefalte retningslinjer og avgjørende for krav til ventilering. Anbefalte retningslinjer for uteluft og grenseverdier for tunnelluft er omtalt i kapittel 4.

Figur 1 viser lokaliseringen av tunnelen.

2 Metoder og forutsetninger

I beregningene er det benyttet samme metoder som for tilsvarende tunneler (Iversen, 1982, Larssen og Iversen, 1984). Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Bergen (Gotaas, 1981). Beregningene har omfattet følgende:

1. Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata, samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, har vi beregnet utslipp av CO og NO_x i tunnelene.
2. Ut fra data for utslipp av CO og NO_x er det beregnet nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for NO₂ og CO i tunneler.
3. Konsentrasjonene av CO og NO₂ utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982).
4. Beregnete konsentrasjoner av CO og NO₂ fra munningene er sammenlignet med anbefalte retningslinjer for luftkvalitet for CO og NO₂. Disse er gitt i kapittel 4.

I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det er antatt en årlig utskifting av de bensindrevne person-

bilene på 4-6% som betyr at ca. 65% av bilene i år 2000 har katalysator. Det antas videre at tilnærmevis alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2010. Katalysatorens betydning for NO₂-konsentrasjonen er mindre enn for CO-konsentrasjonen, da en betydelig del av NO_x-produksjonen kommer fra dieseldrevne kjøretøy. For tunge dieselsbiler ble strengere avgasskrav innført i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette dieseldrevne varebiler ble innført i 1990. Først noen år etter innføringen vil dette ha en merkbar innvirkning på det totale NO_x-utslippet fra dieselsbiler.



Figur 1: Lokalisering av tunnel langs RV70 Løkkemyra-Nordsundbrua i Kristiansund kommune.

3 Tunnel- og trafikkdata

Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri, trafikk tall og trafikksammensetning er levert av oppdragsgiver. Trafikkprognoser for år 2004 og 2030 er benyttet. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush.

3.1 Tunneldata

Tunnellengde:

634 m

Stigning:

Trafikk mot vest med 1,4% fall.

Trafikk mot øst med 1,4% stigning.

Tunnelprofil for munninger

Generelt vil tunnelveggene bli støpte eller få annen form for platekledning. De vil derfor få et konstant profil og med en "glatt" overflate. Tunnelløpet skal ha tunnelprofil T9,5, det vil si tunnelverrsnitt 53,6 m².

3.2 Trafikkdata

Årsdøgntrafikk

De siste trafikkprognosene for tunnelen mellom Løkkemyra og Nordsundbrua viser nå:

ÅDT 2004=ca. 14 000 kjt/døgn og ÅDT 2030=21 000 kjt/døgn (=sum begge retn.)

Kjøretøy i maks.time - Retningsfordeling

63% vestover og 37% østover i morgenrush.

55% østover og 45% vestover i ettermiddagsrush.

Trafikken varierer lite over året.

Hatighet i maks time

Med to kjørefelt i hver retning og moderat stigning i tunnelene regner vi med at trafikkhastigheten vil ligge i området 50-60 km/t, i begge retninger.

Tungtrafikkandel

8% tungtrafikkandel.

Det finnes ikke registrering av vektfordelingen på kjøretøyene, men vi anslår vi at tungtrafikken vil fordele seg omtrent slik:

A:	<10 tonn	=	5%
B:	10-20 tonn	=	2%
C:	>20 tonn	=	1%

Totalt 8%

(Tungtrafikkandelen vil sannsynligvis være noe lavere i timene med høyest trafikkbelastning).

Andel biler med kald motor

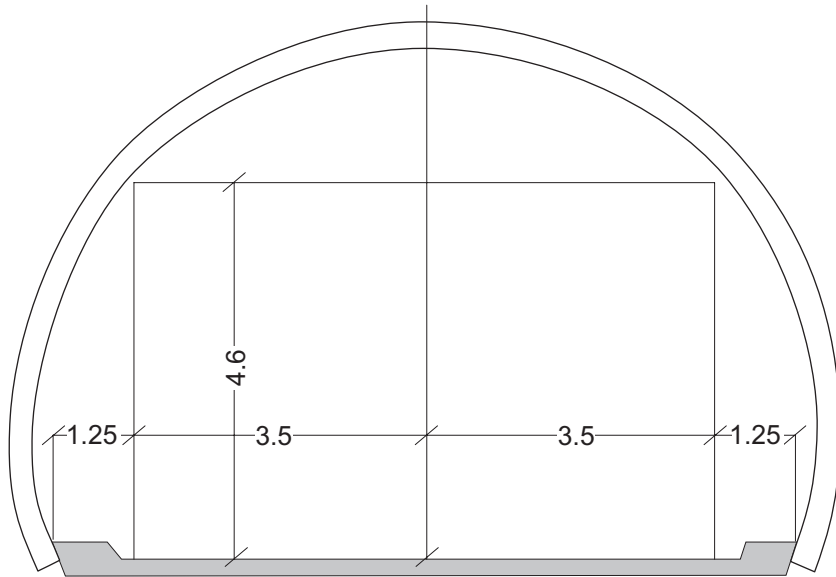
6%.

Andel dieseldrevne personbiler

2%.

Beregningsår

2004 og 2030.

*Figur 2: Tunnelprofil T9,5.*

4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft

Statens forurensningstilsyn (1992/1998) har utarbeidet anbefalte luftkvalitetskriterier. Disse er for CO og NO₂:

CO	Timemiddelverdi	: 25 mg/m ³
	8-timers verdi	: 10 mg/m ³
NO ₂	Timemiddelverdi	: 100 µg/m ³
	24-timers verdi	: 75 µg/m ³

Ved fastsettelsen av de anbefalte luftkvalitetskriteriene er det anvendt en usikkerhetsfaktor på ca. 5. Det betyr at eksponeringsnivåene må opp i 5 ganger høyere enn de angitte verdiene før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. De anbefalte kriteriene kan derfor ikke tolkes slik at nivåer over disse er definitivt helseskadelige, men det kan heller ikke utelukkes effekter hos spesielt sårbare individer selv ved nivåer under anbefalte luftkvalitetskriterier.

Det henvises til SFTs rapport når det gjelder bakgrunnen for retningslinjene og SFTs vurderinger (SFT, 1992 og 1998). Se for øvrig vedlegg A: Generelt om luftforurensning fra trafikk.

Luftkvaliteten i et område vurderes ved å sammenligne målinger eller beregninger av konsentrasjoner av luftforurensning med grenseverdier satt ut fra virkning på helse og/eller vegetasjon. Begrepene grenseverdi, retningslinje og anbefalt luftkvalitetskriterium er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk bindende, retningslinjer er en målsetning, mens anbefalte luftkvalitetskriterier ut fra faglige argumenter er satt så lavt at virkninger på helse/vegetasjon vanligvis ikke vil opptre.

Tabell 1 viser kriterier, nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet.

Tabell 1: Kriterier, nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet utenfor tunnelene (a: uteluft) og grenseverdier i tunnelene (b: tunnelluft). Alle verdier gitt som $\mu\text{g}/\text{m}^3$ unntatt for CO som er gitt som mg/m^3 .

a). Uteluft

Stoff	Midlings-tid	SFTs luft-kvalitets-kriterier	Nasjonale mål *	Forurensningsloven		EU forslag til nye grenseverdier
				Kartleggings-grenseverdi	Tiltaks-grense-verdi	
NO ₂	1 time	100	150	200	300	200
CO	1 time	25	-	-	-	-
PM ₁₀	døgn	35	50	150	300	50

* Nasjonale mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. De nasjonale mål er i hovedsak litt strengere enn EUs forslag til nye grenseverdier, men ikke så strenge som SFTs luftkvalitetskriterier. De nasjonale målene tillater 8 overskridelser pr. år for NO₂ og 7 overskridelser for PM₁₀ i år 2010 (25 overskridelser av PM₁₀ i år 2005).

b). Tunnelluft

Stoff	Midlingstid	Vegdirektoratet
CO	Øyeblikksverdi	250
NO _x	"	28 200
NO ₂	"	2 800

Vegdirektoratet (1988) har vedtatt grenseverdier for CO og NO_x i veitunneler. Grenseverdiene er:

CO : 250 mg/m³ (200 ppm)
 NO_x : 28,2 mg/m³ (15 ppm) (tilsvarer ca. 2,8 mg/m³ (1,5 ppm) som NO₂)

Vegdirektoratets verdier gjelder ved den munningen der ventilasjonsluften tas ut. For tunneler med tverrslag og langslufting er grenseverdiene henholdsvis 100 ppm CO og 7,5 ppm NO_x ved halv tunnallengde.

Vedlegg B gir en kort innføring om luftforurensning fra trafikk.

5 Utslipp

Utslipp av CO og NO_x er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med inngangsdata fra kapittel 3.

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2 og Vedlegg B. Tabellen viser også nødvendig luftstrøms hastighet for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunneluft. Uten separate løp for hver kjøreretning må tunnelen ventileres ved hjelp av vifter.

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO_x, men større utslipp av CO. Lavere kjørehastighet gir mindre NO_x-utslipp og større CO-utslipp. Vanligvis vil det være NO_x-utslippene som avgjør nødvendige luftstrøms hastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved dårlig trafikkavvikling eller sammenhengende kø i tunneler vil det være CO-utslippene som vanligvis er avgjørende for nødvendig utlufting.

Det er ikke tatt hensyn til at forurenset luft trekkes inn i tunneløpene fra omgivelsene. Dette vil i liten grad påvirke konsentrasjonen i tunnelen. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene, som også gjør at nødvendig ventilasjonshastighet i spredningsberegningene er rundet av oppover for alle tunnelmunningene.

Tabell 2: Utslipp av karbonmonoksid og nitrogenoksider i tunneler samt ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i samme tunnel. Prosjekterte hastigheter er oppgitt.

Tunnel	Trafikkens hastighet (km/h)*	Nødvendig ventilering (m/s)	Utslipp	
			CO	NO _x
		(g/s)		
År 2004				
Vestover, morgen	50	0,16	0,751	0,245
Østover, ettermiddag	50	0,19	0,791	0,278
År 2030				
Vestover, morgen	50	0,24	1,127	0,367
Østover, ettermiddag	50	0,28	1,186	0,417

* 50 km/h gir litt større utslipp enn 60 km/h (se vedlegg B)

Tabell 2 viser at den toveiskjørt tunnelen ville få ventilasjonskrav på under 1,0 m/s. Det er i praksis vanskelig å styre luftstrømmen i en toveiskjørt tunnel med ventilasjonshastighet i området 0,1-1,0 m/s. Vi har derfor i spredningsberegningene økt disse ventilasjonshastighetene til 2,0 m/s, men samtidig tatt med beregninger for ventilasjonshastighet 1,0 m/s. En økning av ventilasjonshastighetene gir dessuten bedre fortykning av forurenset konsentrasjoner. Det kan i enkelte tilfeller være gunstig å doble ventilasjonshastigheten fra 1,0 m/s til 2,0 m/s da dette halverer munningskonsentrasjonene. En videre økning av ventilasjonshastigheten over ca. 3,0 m/s gjør at det dannes en jetfase som "flytter" de høyeste konsentrasjonene lenger ut fra tunnelmunningen. Dette kan være gunstig dersom en ønsker å ta hensyn til boliger i bakkant av tunnelmunningen.

6 Resultater fra spredningsberegningene

NO₂- og CO-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 3 og Vedlegg C viser resultatet av beregningene.

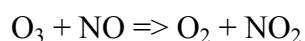
Tabell 3: *Maksimalt munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk for prosjekterte hastigheter og beregnede ventilasjonshastigheter.*

Tunnel	Ventilasjons- hastighet	Munningskonsentrasjoner	
	(m/s)	CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
<u>År 2004</u>			
Vestover, morgen	2,0 (1,0)	7 (14)	224 (448)
Østover, ettermiddag	2,0 (1,0)	8 (15)	266 (532)
<u>År 2030</u>			
Vestover, morgen	2,0 (1,0)	11 (21)	336 (672)
Østover, ettermiddag	2,0 (1,0)	11 (22)	392 (784)

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med gitt tungtrafikkandel (8%). Dersom tungtrafikkandelen skulle bli lavere vil en få noe høyere CO-konsentrasjoner ved samme trafikkmengde totalt.

Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer. I beregningene er det også tatt hensyn til bakgrunnsnivå av forurensede komponenter. Bakgrunnskonsentrasjoner representerer i dette tilfellet en maksimal konsentrasjon som skyldes andre kilder utenfor tunnelmunningen. Vi har regnet med et bakgrunnsnivå på 1 mg CO/m³ og 10 µg NO₂/m³ som timemiddel.

Det er også regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m³. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Vi har derfor lagt til et totalt bakgrunnsnivå på 70 µg NO₂/m³ (dette er inkludert i beregnede konsentrasjoner som sammenlignes med anbefalt luftkvalitetskriterium på 100 µg/m³). Se for øvrig Tabell 4.

Tabell 4: *Anbefalte verdier for bakgrunnsnivå av CO, NO₂ og regionalt ozon, gitt som timemiddelverdier avhengig av områdetype og innbyggertall i tettstedet (Torp, Tønnesen og Larssen, 1994).*

Innbyggertall	CO (mg/m ³)			NO ₂ (µg/m ³)			O ₃ (µg/m ³)
	Tett bebyggelse (OTY 3)	Middels tett bebyggelse (OTY 2)	Spredt bebyggelse (OTY1)	Tett bebyggelse (OTY 3)	Middels tett bebyggelse (OTY 2)	Spredt bebyggelse (OTY1)	Alle områdetyper
<50 000	4	3	1	27	17	5	60
50-200 000	7	4	1	39	25	5	60
>200 000	11	7	1	68	43	5	60

Det er ellers ikke tatt hensyn til bidrag fra andre veier i nærheten eller andre forurensningskilder fordi disse bidragene inngår i bakgrunnsnivået. Resultatet av beregninger av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningene er vist i Tabell 5.

Maksimalkonsentrasjonene forekommer ved størst trafikkbelastning (i rushtiden) og ved dårlige spredningsforhold.

Tabell 5 viser resultater av beregninger for hvilke avstander fra tunnelmunninger konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Med bakgrunnskonsentrasjoner på 70 µg NO₂/m³ som timemiddel, vil overskridelse av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium på 100 µg NO₂/m³ kunne forekomme i et begrenset område omkring tunnelmunningene ved rushtidstrafikk om morgen og ettermiddag.

Når tungtrafikkandelen er mindre enn 8% fører det til mindre område med NO₂-belastning over akseptabelt forurensningsnivå.

Det kan ikke ses bort fra at utslipp fra tunnelen kan bidra til luktplager i tunnelmunningens umiddelbare nærhet ved normal trafikkavvikling. Erfaringsmessig vil eksosluft kunne merkes på større avstander enn der NO₂-konsentrasjonen er 200 µg/m³.

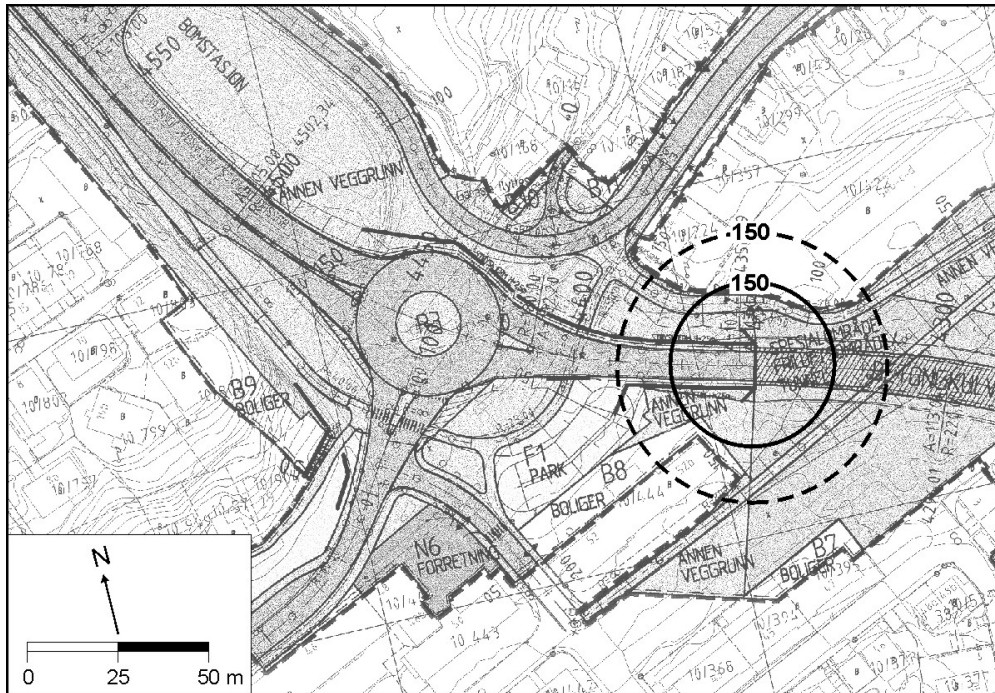
Figur 3a og 3b viser beregnede maksimale timemidlede konsentrasjoner av NO₂ utenfor nordre (mot vest) og søndre (mot øst) tunnelmunning.

Maksimale timemidlede konsentrasjoner vil kunne inntreffe i morgen- og ettermiddagsrushet ved ugunstige spredningsforhold. Hvis en regner at de ugunstige spredningsforhold opptrer i 10% av tiden og at både morgen- og ettermiddagsrushet varer i to timer, vil vi få en maksimal forekomst av verst tenkelig tilfelle som vist på Figur 3a og 3b i mindre enn 1% av tiden.

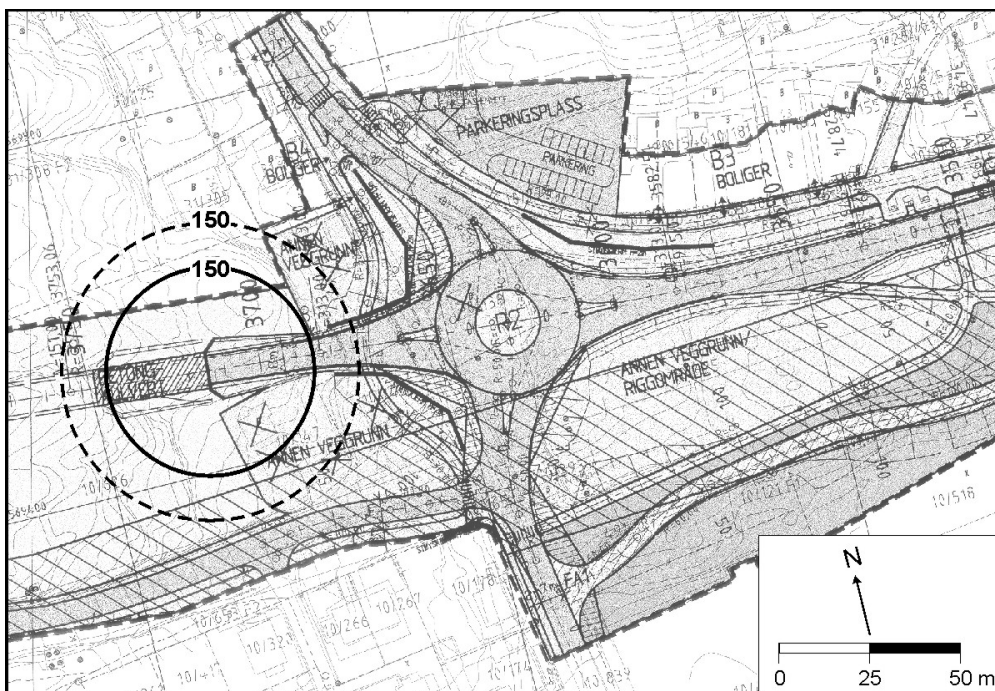
Tabell 5: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til gitte nivåer.

Tunnel	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)							
		CO (25 mg/m ³)	NO ₂ (100 µg/m ³)	NO ₂ * (150 µg/m ³)	NO ₂ (200 µg/m ³)	NO ₂ (250 µg/m ³)	NO ₂ (300 µg/m ³)	NO ₂ (350 µg/m ³)	
<u>År 2004</u>									
Vestover, morgen	2,0 (1,0)	<5 (<5)	59 (71)	23 (34)	10 (21)	5 (15)	- (10)	- (7)	
Østover, ettermiddag	2,0 (1,0)	<5 (<5)	68 (79)	28 (39)	15 (25)	8 (18)	3 (9)	- (9)	
<u>År 2030</u>									
Vestover, morgen	2,0 (1,0)	<5 (<5)	81 (93)	36 (47)	20 (31)	13 (23)	8 (18)	4 (14)	
Østover, ettermiddag	2,0 (1,0)	<5 (<5)	91 (102)	41 (52)	25 (36)	16 (27)	10 (20)	7 (17)	

*Nasjonalt mål



Figur 3a: vestover morgen, ventilasjonshastighet 2,0 m/s.
 Isolinjer angir maksimal utbredelse av gitt NO_2 -nivå (enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
 Heltrukket linje = 2004. Stiplet linje = 2030.



Figur 3b: Østover ettermiddag, ventilasjonshastighet 2,0 m/s.
 Isolinjer angir maksimal utbredelse av gitt NO_2 -nivå (enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
 Heltrukket linje = 2004. Stiplet linje = 2030.

7 Framtidig utvikling

Alle nye personbiler solgt etter 1989 er utstyrt med treveis katalysator. Strengere avgasskrav til dieseldrevne personbiler ble innført i 1990, og tyngre dieseldrevne biler fikk strengere avgasskrav i 1994. Det var tidligere forventet en årlig utskifting av bilparken til katalysatorbiler på 7%, regnet fra 1989, men bilsalget fra 1988 til nå har vært lavere enn antatt. Dette innebærer antagelig at i underkant av 65% av bensindrevne biler vil ha katalysator i 2000, og at tilnærmet alle bilene vil ha katalysator i 2010.

Avgasskrav til dieseldrevne lastebiler fra 1994 vil etter hvert redusere NO_x (og NO₂)-utslipp fra slike biler. Med halvert NO_x-utslipp fra de nye bilene, og en utskiftingstakt på 10% pr. år, vil dette motvirke en trafikkøkning på anslagsvis 2-3% pr. år.

8 Referanser

Gotaas, Y. (1981) Spredning av sporstoff fra vegtunneler i Bergen. Lillestrøm (NILU OR 37/81).

Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).

Larssen, S. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved veitunneler gjennom Vålerenga og Gamlebyen. Lillestrøm (NILU OR 52/84).

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

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

Statens Vegvesen (1992) Vegtunneler. Normaler. Oslo (Statens Vegvesen Håndbok 021).

Vedlegg A

Generelt om luftforurensning fra trafikk

Oversikt

De ulike stoffer i bileksos kombinert med det store drivstoff-forbruket i samferdssektoren skaper luftforurensningsproblemer både lokalt langs veier og i byer, regionalt over større områder (f.eks. Sør-Norge, Nord-Europa) og globalt. Tabell 1 gir en oversikt over problemene på ulike skalaer, og hvilke stoffer de er knyttet til. Høye konsentrasjoner av CO, NO₂ og partikler gir negativ helsepåvirkning lokalt i gater og i tettsteder generelt. Menneskers opplevelse av plage i forbindelse med forurensning fra veitrafikk skyldes i tillegg til helseeffektene et samvirke mellom lukt og nedsmussing fra sot og veistøv.

Utslipet av NO_x og flyktige hydrokarboner (VOC) bidrar til forsuring og dannelse av troposfærisk ozon, som kan gi et bidrag til forekomsten av vegetasjonsskader. Utslipet av karbondioksid (CO₂) og andre "drivhusgasser" som metan (CH₄) og dinitrogenoksid ("lystgass", N₂O) bidrar til den oppvarming av atmosfæren som mange mener vil fortsette i tiårene som kommer. N₂O kan også delta i nedbryting av ozonlaget i stratosfæren.

Tabell A1: Viktige luftforurensningsproblemer som biltrafikken bidrar til

Skala	Problem	Stoffer i bileksos
LOKAL	Helseeffekt	CO, NO ₂ , Veistøv (PM ₁₀ [*]), eksospartikler (PM _{2.5} [*]), tungmetaller (f.eks. bly), sot, VOC, tyngre organiske stoffer (f.eks. PAH)
	Nedsmussing	Veistøv, sot
	Lukt	Organiske stoffer (fra dieseleksos)
REGIONAL 1 000 km	Forsuring av vann og jordsmonn	S- og N-forbindelser
	Troposfærisk ozon	NO _x , VOC
GLOBAL	Drivhuseffekt	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO
	Ozon-nedbryting	N ₂ O

* Partikler med diameter mindre enn 2.5 eller 10 µm.

Biltrafikk og lokal luftforurensning

Generelt

De viktigste lokale luftforurensningsproblemene knyttet til biltrafikk er mulighetene for helseskade ved høye konsentrasjoner av NO₂ og partikler, samt nedsmussing og ubehag knyttet til veistøv. Biltrafikken er den dominerende kilden til stoffer som gir overskridelser av grenseverdier for luftkvalitet, lokalt i gater og i byer generelt. Dette er dokumentert bl.a. gjennom basisundersøkelser NILU har foretatt i Oslo, Bergen, Drammen og Sarpsborg/Fredrikstad.

Problematikken knyttet til veistøv bør nevnes spesielt. De største partiklene i støvfraksjonen gir nedsmussing og ubehag ("støvnedfall"). Partiklene med mindre diameter (svevestøv) kan gi helseskade. Det er vanlig å inndele (det potensielt helsefarlige) svevestøvet i to fraksjoner; partikler med diameter mindre enn 10 µm (PM₁₀) og 2,5 µm (PM_{2,5}). PM₁₀ kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens PM_{2,5} kan transporteres helt ned i lungealveolene.

PM₁₀ består i hovedsak av partikler fra veidekket, mens PM_{2,5} domineres av eksospartiklene. De maksimale PM₁₀-konsentrasjonene måles i perioder med stor trafikk når veiene tørker opp mot slutten av piggdekkseasonen. Da vil det være mer veistøv enn eksospartikler i lufta.

SFT har kommet med forslag til anbefalte luftkvalitetskriterier for maksimale konsentrasjoner av CO, NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ (SFT, 1992). Til luftkvalitetskriteriene er det knyttet en midlingstid. Det anbefales at forurensningskonsentrasjonen, målt som gjennomsnitt over den gitte midlingstiden, ikke skal overskride den gitte verdien. Helsevirkninger knyttet til overskridelse av de ulike luftkvalitetskriteriene er omtalt i SFTs rapport (SFT, 1992). Den vesentligste endringen med tanke på trafikkforurensning i forhold til det forrige settet med luftkvalitetskriterier, er at kriteriet for timemiddelkonsentrasjon av NO₂ er redusert fra 200 til 100 µg/m³.

Overskridelser av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ forekommer i dag relativt hyppig i byer og tettsteder. Hvilke luftkvalitetskriterier som overskrides har forandret seg de siste 10-15 årene. Tidligere forekom overskridelser av grenseverdiene for CO og bly relativt hyppig nær trafikkerte veier. CO og bly representerer ikke lenger lokale forurensningsproblemer, mens problemene knyttet til NO₂ og PM₁₀ har økt i omfang. Overskridelsene av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ forekommer hyppigere langs veiene enn generelt i byområdene. Tabell A2 gir en oversikt over de luftkvalitetskriteriene som er aktuelle i forbindelse med forurensning fra trafikk, og i hvilke områder disse erfaringsmessig kan overskrides.

Tabell A2: Oversikt over hvilke luftkvalitetskriterier som i dag overskrides i sentrum i byer og tettsteder. Nær middels og sterkt trafikkerte veier kan samtlige luftkvalitetskriterier overskrides.

Områdetype	Luftkvalitetskriterier som kan overskrides		
	Stoff	Midlingstid	Grenseverdi
Bysentra, middels store og store byer	NO ₂	Time	100 µg/m ³
	NO ₂	Døgn	75 µg/m ³
	PM ₁₀	Døgn	70 µg/m ³
Nær sterkt trafikkerte veier	I tillegg: NO ₂	Halvår	75 µg/m ³
	PM ₁₀	Halvår	40 µg/m ³

Helseeffekter

I det etterfølgende vil vi kort omtale hvilke negative helseeffekter CO, NO₂, PM₁₀ og støvnedfall kan ha. For begrunnelse av fastsetting av nivåene på de ulike luftkvalitetskriteriene, henvises til SFTs rapport "Virkninger av luftforurensing på helse og miljø" (SFT, 1992). Følgende sitater er hentet fra denne rapporten:

Nitrogendioksid (NO₂) kan medføre helseeffekter i konsentrasjoner som kan forekomme i forurenset uteluft. Kunnskaper om virkninger av NO₂ foreligger bl.a. fra akutte forgiftningstilfeller som følge av ulykker i yrkeslivet. Disse har i verste fall hatt dødelig utgang. I forbindelse med forurenset uteluft vil de mulige helseskadene som følge av at befolkningen kontinuerlig eller periodevis gjennom lengre tid utsettes for NO₂-konsentrasjoner i luften opp til 2 000 µg/m³ først og fremst være av interesse. Opp mot dette konsentrasjonsnivået er sammenhengen mellom konsentrasjon og effekt uklar og grunnlagsmaterialet for å fastsette laveste observerbare skadeeffekt-nivå er begrenset.

Dyreforsøk har gitt verdifulle opplysninger om virkningsmekanismene. Således finner man ved kortvarig eksponering for NO₂-konsentrasjoner på 3 700 µg/m³ eller mer økt mottakelighet for infeksjoner og morfologiske forandringer. Etter lengre eksponering for 190 µg/m³ eller mer og eventuelt tidvis eksponering for toppkonsentrasjoner ti ganger høyere, finner man morfologiske forandringer og økt mottakelighet for infeksjoner. Ikke bare påvirkes lungenes forsvarsceller (makrofagene i lungeblærene), men også hvite blodlegemer som er en del av immunforsvaret (fra 470 µg/m³ og høyere).

Undersøkelser av effekten av NO₂ på mennesker i kontrollerte forsøk viser store variasjoner mellom forsøkspersoner. I lungefunksjonstester viser det seg at astmatikere er den mest følsomme gruppen. I sammenligninger mellom grupper av forsøkspersoner har man funnet signifikante effekter på lungefunksjon etter eksponering for 460 µg/m³ eller mer i 20 minutter lenger.

Epidemiologiske undersøkelser er blitt foretatt på befolkningsgrupper i forurensede områder, og i nyere studier har man også sammenlignet grupper eksponert for ulike NO₂-konsentrasjoner innendørs. De få epidemiologiske data som foreligger tyder på at NO₂ fra 110-150 µg/m³ kan føre til økt antall tilfeller av luftveissykdommer hos barn. Dessuten har man ved eksponering for 200 µg/m³ NO₂, sammen med andre forurensningskomponenter, funnet økt forekomst av lungesykdommer og nedsatt lungefunksjon hos barn og voksne.

Karbonmonoksid (CO): Karbonmonoksids helseskadelige virkninger skyldes at CO konkurrerer med O₂ om bindingsstedene på hemoglobinmolekylet. Derved reduseres den oksygenmengden som blodet kan transportere fra lungene til vevene i kroppen. Fordi hemoglobinet har mer enn 200 ganger større affinitet for CO enn for O₂, kan karbonmonoksid svekke oksygentransporten selv ved meget lave CO-konsentrasjoner. Foruten å senke den oksygenmengden som blodet kan transportere til vevene, hemmer CO ved sin tilstedeværelse også frigjøringen av oksygen fra hemoglobinet, og derved overføringen av O₂ til vevene.

CO i luften kan påvirke mennesker dersom gassen i tilstrekkelig grad fortrenger oksygen fra dets bindingssted på blodets hemoglobin. Opptaket av CO i kroppen

skjer i to trinn; *innåndingen*, som gir økt CO-konsentrasjon i lungeblærene (alveolene), og *diffusjonen* gjennom alveoleveggen over i blodet. Både lungeventilasjonen og diffusjonshastigheten påvirker CO-opptaket. Opptaket varierer med alder, fysisk aktivitet og lungenes tilstand. Også lufttrykket, og dermed høyden over havet, har betydning for opptakshastigheten. For vurderingen av enkeltindividenes CO-eksponering i løpet av dagen er CO-opptaket, og den prosentdelen av hemoglobinet bindingskapasitet for oksygen som er blokkert av CO (COHb%), en god biologisk dose-indikator. Under opphold i luft med en konstant konsentrasjon av CO, øker COHb% i blodet i løpet av en del timer til et metningspunkt svarende til eksponeringsnivået. Den tid det tar før likevekt oppstår mellom blod og uteluft avhenger av en rekke faktorer som er nevnt ovenfor. Bindingen av CO til hemoglobinet er reversibel og forhøyet COHb% oppnådd i forurenset luft vil reduseres under påfølgende opphold i mindre forurenset luft. Halveringstiden ved utluftning under hvile er ca. 4 1/2 time.

Siden opptak og utskillelse av CO foregår relativt langsomt og konsentrasjonen av CO i luften i bymiljø varierer relativt mye fra sted til sted og fra time til time, vil CO-påvirkningen på en typisk "omflakkende" byborger vanskelig kunne forutsies på basis av et like antall faste målesteder i byen. Norsk institutt for luftforskning (NILU) foretok i 1987 målinger både innendørs og utendørs langs en av Norges mest forurensete gater, Rådhusgaten i Oslo, samtidig som det ble målt COHb% hos personer som arbeidet langs gaten. CO-konsentrasjonen utendørs i prøveperioden lå rundt 10 mg/m³ (8 timers-middel). COHb% hos ikke-røykere økte lite i løpet av dagen. Ettermiddagsverdien overskred ikke 1,5%. Økningen i COHb% var noe større de dager det ble målt høye nivåer av forurensning, men forskjellene ble ikke bedømt å ha helsemessig betydning. Videre ble det i rapporten konkludert med at CO-innholdet i blodet ble påvirket langt sterkere av røyking enn av den trafikkforurensning som ble registrert.

Anbefalte luftkvalitetskriterier er gitt i tabell A3.

Tabell A3: *Anbefalte luftkvalitetskriterier.*

Komponent	Måleenhet	Virknings- område	Midlingstid					
			15 min	1 t	8 t	24 t	30 d	6 mnd
NO ₂	µg/m ³	Helse	500	100		75		50
CO	mg/m ³	Helse	80	25	10			

Vedlegg B

Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunneler

Vestover-morgen

BEREGNINGSÅR: 2004

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	6.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
-----	-------	--------	--------

1	882.	0.63	-1.40
2	518.	0.63	1.40

HASTIGHET	CO-PROD (G/S)	NOX-PROD (G/S)
-----------	---------------	----------------

10	3.266	0.411
20	1.961	0.342
30	1.470	0.292
40	0.904	0.265
50	0.751	0.245
60	0.673	0.236
70	0.604	0.238
80	0.571	0.249
90	0.555	0.277

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 53.6 M**2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.63	0.27	0.097	12.170	0.222	28.000
20	1.26	0.23	0.029	5.059	0.161	28.000
30	1.89	0.19	0.015	2.880	0.141	28.000
40	2.52	0.18	0.007	1.963	0.095	28.000
50	3.15	0.16	0.004	1.450	0.086	28.000
60	3.78	0.16	0.003	1.167	0.080	28.000
70	4.41	0.16	0.003	1.008	0.071	28.000
80	5.04	0.17	0.002	0.921	0.064	28.000
90	5.67	0.18	0.002	0.910	0.056	28.000

Østover-ettermid

BEREGNINGSÅR: 2004

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	6.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	770.	0.63	1.40
2	630.	0.63	-1.40

1	770.	0.63	1.40
2	630.	0.63	-1.40

HASTIGHET	CO-PROD (G/S)	NOX-PROD (G/S)
10	3.390	0.434
20	2.047	0.370
30	1.561	0.322
40	0.948	0.299
50	0.791	0.278
60	0.715	0.268
70	0.641	0.269
80	0.606	0.280
90	0.589	0.309

10	3.390	0.434
20	2.047	0.370
30	1.561	0.322
40	0.948	0.299
50	0.791	0.278
60	0.715	0.268
70	0.641	0.269
80	0.606	0.280
90	0.589	0.309

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m³ , NO_x ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 53.6 M**2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.59	0.29	0.107	13.740	0.219	28.000
20	1.18	0.25	0.032	5.866	0.155	28.000
30	1.77	0.21	0.016	3.406	0.136	28.000
40	2.36	0.20	0.008	2.367	0.089	28.000
50	2.94	0.19	0.005	1.763	0.080	28.000
60	3.53	0.18	0.004	1.413	0.075	28.000
70	4.12	0.18	0.003	1.219	0.067	28.000
80	4.71	0.19	0.002	1.111	0.061	28.000
90	5.30	0.21	0.002	1.087	0.053	28.000

Vestover-morgen

BEREGNINGSÅR: 2030

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	6.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
-----	-------	--------	--------

1	1323.	0.63	-1.40
2	777.	0.63	1.40

HASTIGHET	CO-PROD (G/S)	NOX-PROD (G/S)
-----------	---------------	----------------

10	4.899	0.617
20	2.942	0.513
30	2.205	0.438
40	1.356	0.398
50	1.127	0.367
60	1.009	0.355
70	0.905	0.358
80	0.857	0.373
90	0.833	0.415

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 53.6 M**2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.77	0.41	0.118	14.905	0.222	28.000
20	1.54	0.34	0.036	6.196	0.161	28.000
30	2.32	0.29	0.018	3.527	0.141	28.000
40	3.09	0.27	0.008	2.404	0.095	28.000
50	3.86	0.24	0.005	1.776	0.086	28.000
60	4.63	0.24	0.004	1.429	0.080	28.000
70	5.40	0.24	0.003	1.235	0.071	28.000
80	6.17	0.25	0.003	1.128	0.064	28.000
90	6.95	0.28	0.002	1.114	0.056	28.000

Østover-ettermid

BEREGNINGÅR: 2030

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20	KALDE BILER
2.	5.	2.	1.	6.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
-----	-------	--------	--------

1	1155.	0.63	1.40
2	945.	0.63	-1.40

HASTIGHET	CO-PROD (G/S)	NOX-PROD (G/S)
-----------	---------------	----------------

10	5.084	0.650
20	3.070	0.555
30	2.341	0.484
40	1.422	0.448
50	1.186	0.417
60	1.072	0.401
70	0.962	0.404
80	0.909	0.421
90	0.884	0.463

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

CO ER GITT I g/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 53.6 M**2

TRAFIKK- HAST.	PUMPE- VIRKN.	NØDVEN. VENT.H.	MUNNINGSKONSENTRASJONER			
			CO (P)	NOX (P)	CO (N)	NOX (N)
10	0.72	0.43	0.132	16.828	0.219	28.000
20	1.44	0.37	0.040	7.185	0.155	28.000
30	2.16	0.32	0.020	4.171	0.136	28.000
40	2.88	0.30	0.009	2.899	0.089	28.000
50	3.61	0.28	0.006	2.160	0.080	28.000
60	4.33	0.27	0.005	1.731	0.075	28.000
70	5.05	0.27	0.004	1.493	0.067	28.000
80	5.77	0.28	0.003	1.361	0.061	28.000
90	6.49	0.31	0.003	1.331	0.053	28.000

Vedlegg C

Spredningsberegninger for tunneler

**Conc at tunnel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) =
munningskonsentrasjoner fra tabell 3**

WIND SPEED (M/S) : 1.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 1.00
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
 CONC. AT TUNNEL : 448.00
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
7.4	350.00
9.6	300.00
14.7	250.00
20.7	200.00
33.6	150.00
70.5	100.00

WIND SPEED (M/S) : 1.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
 CONC. AT TUNNEL : 224.00
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
-1.0	350.00
-1.0	300.00
4.7	250.00
10.3	200.00
22.9	150.00
59.3	100.00

WIND SPEED (M/S) : 1.00
WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 1.00
GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
CONC. AT TUNNEL : 532.00
DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
9.4	350.00
13.1	300.00
17.9	250.00
25.3	200.00
38.6	150.00
79.3	100.00

WIND SPEED (M/S) : 1.00
WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00
GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
CONC. AT TUNNEL : 266.00
DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
-1.0	350.00
3.3	300.00
7.8	250.00
14.9	200.00
28.0	150.00
68.1	100.00

WIND SPEED (M/S) : 1.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 1.00
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
 CONC. AT TUNNEL : 672.00
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
13.9	350.00
17.7	300.00
22.9	250.00
31.0	200.00
46.8	150.00
92.6	100.00

WIND SPEED (M/S) : 1.00
 WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
 TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00
 GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
 CONC. AT TUNNEL : 336.00
 DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
4.0	350.00
7.6	300.00
12.5	250.00
20.2	200.00
35.8	150.00
81.0	100.00

WIND SPEED (M/S) : 1.00
WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 1.00
GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
CONC. AT TUNNEL : 784.00
DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
16.9	350.00
20.3	300.00
26.9	250.00
35.9	200.00
52.4	150.00
102.1	100.00

WIND SPEED (M/S) : 1.00
WIND SPEED CORR. (M/S) : 0.38
TUNNEL JET SPEED (M/S) : 2.00
GAUSS PLUME AREA (M2) : 53.60
CONC. AT TUNNEL : 392.00
DISTANCE TO END OF JET : 0.00

Distance (m)	Concentration
6.9	350.00
10.0	300.00
16.4	250.00
25.2	200.00
41.2	150.00
90.5	100.00



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 1/2001	ISBN 82-425-1235-3 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 36	PRIS NOK 66,-
TITTEL Vurdering av luftforurensning ved tunnelmunninger RV 70 Løkkemyra-Nordsundbrua, Kristiansund kommune		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		NILU PROSJEKT NR. O-100150	
		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Rolf Arne Hamre	
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Møre og Romsdal vegkontor Fylkeshuset 6404 MOLDE			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Det er beregnet produksjon og spredning av luftforurensninger fra planlagt tunnelforbindelse mellom Løkkemyra og Nordsundbrua i Kristiansund kommune, basert på trafikkprognoser for årene 2004 og 2030.			
TITLE Air pollution from tunnel at RV 70 Løkkemyra-Nordsundbrua.			
ABSTRACT			

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