

# EV39/RV542 Trekantsambandet

## Beregning av luftforurensning fra Bømlafjordtunnelen

Ivar Haugsbakk



# Innhold

	Side
<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Metoder og forutsetninger .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Tunnel- og trafikkdata .....</b>	<b>7</b>
<b>4 Forskrift om lokal luftkvalitet og Nasjonalt mål for luftkvalitet .....</b>	<b>9</b>
<b>5 Utslipp .....</b>	<b>10</b>
<b>6 Resultater fra spredningsberegningene .....</b>	<b>11</b>
<b>7 Framtidig utvikling .....</b>	<b>13</b>
<b>8 Referanser .....</b>	<b>14</b>
<b>Vedlegg A Trafikktall .....</b>	<b>15</b>
<b>Vedlegg B Spredningsberegninger for tunneler .....</b>	<b>18</b>

## Sammendrag

*Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Region vest utført beregninger av luftforurensning for Bømlaffjordtunnelens munning mot Sveio. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og svevestøv (PM<sub>10</sub>) i tunnelen, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningen.*

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, med trafikkflyt i begge retninger. Videre er krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for de samme trafikksituasjonene. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved tunnelmunningene er beregnet for svevestøv (PM<sub>10</sub>) og nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>) og sammenlignet med Forskrift om lokal luftforurensning og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

### Forskrift om lokal luftkvalitet og Nasjonalt mål for luftkvalitet

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, Nasjonalt mål er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier i forskriften er juridisk bindende, mens Nasjonalt mål er en målsetning.

Tabell A viser grenseverdier i Forskrift om lokal luftforurensning og Nasjonalt mål for luftkvalitet for de aktuelle komponenter. I denne rapporten har vi sammenlignet målte konsentrasjoner med forskriftens grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

*Tabell A: Grenseverdier i Forskrift om lokal luftkvalitet og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Tallene i parentes viser hvor mange ganger grenseverdien tillates overskredet hvert år.*

Komponent	Enhet	Midlingstid	Forskriftens grenseverdier	Nasjonalt mål
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Time	200 <sup>1)</sup> (18)	150 <sup>1)</sup> (8)
	µg/m <sup>3</sup>	År	40 <sup>1)</sup>	
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Døgn	50 <sup>2)</sup> (35)	50 <sup>2)</sup> (25)
	µg/m <sup>3</sup>	Døgn	50 <sup>1)</sup> (7)	50 <sup>1)</sup> (7)
	µg/m <sup>3</sup>	År	40 <sup>2)</sup>	
	µg/m <sup>3</sup>	År	20 <sup>1)</sup>	

1) Skal overholdes innen 1.1.2010

2) Skal overholdes innen 1.1.2005

- Grenseverdier er generelt skjerpet de siste tiårene. Gjelder både WHO, EU og Norge.
- Forskrift om lokal luftkvalitet, fastsatt ved Kgl. Res. 4. oktober 2002 er lik EUs nye grenseverdier.
- Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn den

nye forskriften. Den nye forskriften og Nasjonalt mål tillater et visst antall overskridelser pr. år for NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub>. Målene skal nås innen 1.1.2005 for PM<sub>10</sub> og 1.1.2010 for NO<sub>2</sub>.

I beregningene er det brukt samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler. Beregningsmetodene er utviklet på grunnlag av teori og målinger.

Utslipp av svevestøv (PM<sub>10</sub>) og nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, dvs. rushtid om for- og ettermiddagen med følgende inngangsdata:

1. Maksimal trafikkintensitet (antall og hastighet)
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning)
3. Tungtrafikkandel (10%)
4. Kaldstartandel (0%)

### **Forurensning ved tunnelmunningene**

NO<sub>2</sub>- og PM<sub>10</sub>-konsentrasjoner i ventilasjonsluften ved munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og ulike hastigheter. Tabell B viser resultatet av beregningene for kjørehastighet 90 km/h, 80 km/h (skiltet hastighet), 70 km/h og 60 km/h. Munningskonsentrasjonene er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet.

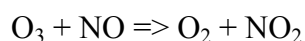
*Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk. Beregninger for år 2003/2015.*

Tunnelmunning	Kjørehastighet (km/h)	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Mot Sør Sveio	90	1,24/1,31	684/1376	4200/4200
	80	1,28/1,37	613/1170	4200/4200
	70	1,29/1,41	565/1020	4200/4200
	60	1,21/1,43	592/ 871	4200/4200

Ved normal trafikkavvikling er NO<sub>x</sub>-utslippene avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelsystemet.

NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub>-konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. Det antas at NO<sub>2</sub>-andelen av NO<sub>x</sub> i utslippet fra biltrafikken er 7,5% ved oppoverbakke og 20% ved nedoverbakke. 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 omkring tunnelen er det regnet med et bakgrunnsnivå på 5 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> og 5 µg PM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup>.

Det er regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m<sup>3</sup>. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Det teoretiske maksimalnivået for NO<sub>2</sub>-bidrag fra andre kilder blir dermed 65 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> som timemiddelverdi. Dette forutsetter imidlertid at det er nok O<sub>3</sub> til stede.

Det kan ikke ses bort fra at utslipp fra tunnelmunningene kan bidra til luktplager i tunnelmunningenes umiddelbare nærhet ved normal trafikkavvikling. Erfaringsmessig vil eksoslukt kunne merkes på større avstand enn der NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er 200 µg/m<sup>3</sup>.

Tabell C viser utbredelsen av NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> fra Bømlafjordens munning mot Sveio i tiden på døgnet med rushtidstrafikk.

*Tabell C: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> er redusert til gitte nivåer.*

Tunnel- munning	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons- hastighet (m/s)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)		
			PM <sub>10</sub> (50 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (150 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (200 µg/m <sup>3</sup> )
Sveio 2003	70	1,29	9	137	113
	80	1,28	9	136	112
	90	1,24	9	133	110
Sveio 2015	70	1,41	10	142	118
	80	1,37	10	140	116
	90	1,31	10	137	114

### Konklusjon

Avstand fra tunnelmunning til nærmeste bolig ved tunnelmunning mot Sveio er 160 m. Beregningene med oppgitte trafikk tall viser ingen overskridelser av verken Nasjonalt mål eller Forskrift om lokal luftkvalitet.

Svevestøvkonsentrasjoner på 50 µg/m<sup>3</sup> (den nye forskriftens grenseverdi og Nasjonalt mål) vil kunne forekomme opp til 9/10 m (2003/2015) fra tunnelmunningen. Nitrogendioksidkonsentrasjoner på 150 µg/m<sup>3</sup> (Nasjonalt mål) vil kunne forekomme opptil 137/142 (2003/2015) m fra tunnelmunningen. Nitrogendioksidkonsentrasjoner på 200 µg/m<sup>3</sup> (den nye forskriftens grenseverdi) vil kunne forekomme opptil 112/116 m (2003/2015) fra tunnelmunningen.

# **EV39/RV542 Trekantsambandet**

## **Beregning av luftforurensning fra Bømlafjordtunnelen**

### **1 Innledning**

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Region vest utført beregninger av luftforurensninger for Bømlafjordtunnelens munning mot Sveio. Beregningene er gjennomført på grunn av klager fra en oppsitter i Sveio ved søndre tunnelmunning

Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningen mot Sveiokrysset. Beregningene er utført for trafikksituasjoner med maksimaltrafikk (rushtid).

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for svevestøv ( $PM_{10}$ ) og nitrogendioksid ( $NO_2$ ). Utslippet av nitrogenoksider ( $NO_x$ ) fra biltrafikk består normalt av 90% nitrogenmonoksid (NO) og ca. 10% nitrogendioksid ( $NO_2$ ) på horisontal vei (7,5% i oppoverbakke og 20% i nedoverbakke).  $NO_2$  i bileksosen gir vanligvis de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte retningslinjer for timeverdier i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Nye forskrifter og Nasjonalt mål for luftkvalitet er omtalt i kapittel 4.

### **2 Metoder og forutsetninger**

I beregningene er det benyttet samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988). Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Bergen (Peterson og Tønnesen, 1990). 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  $PM_{10}$  og  $NO_x$  i tunnelene.
2. Ut fra data for utslipp av  $NO_x$  er det beregnet nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier i tunnelen.
3. Konsentrasjonene av  $PM_{10}$  og  $NO_2$  utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982).
4. Beregnete konsentrasjoner av  $PM_{10}$  og  $NO_2$  fra munningene er sammenlignet med nye forskrifter og Nasjonalt mål for luftkvalitet gitt i kapittel 4.

I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det antas videre at tilnærmevis alle bensindrevne biler

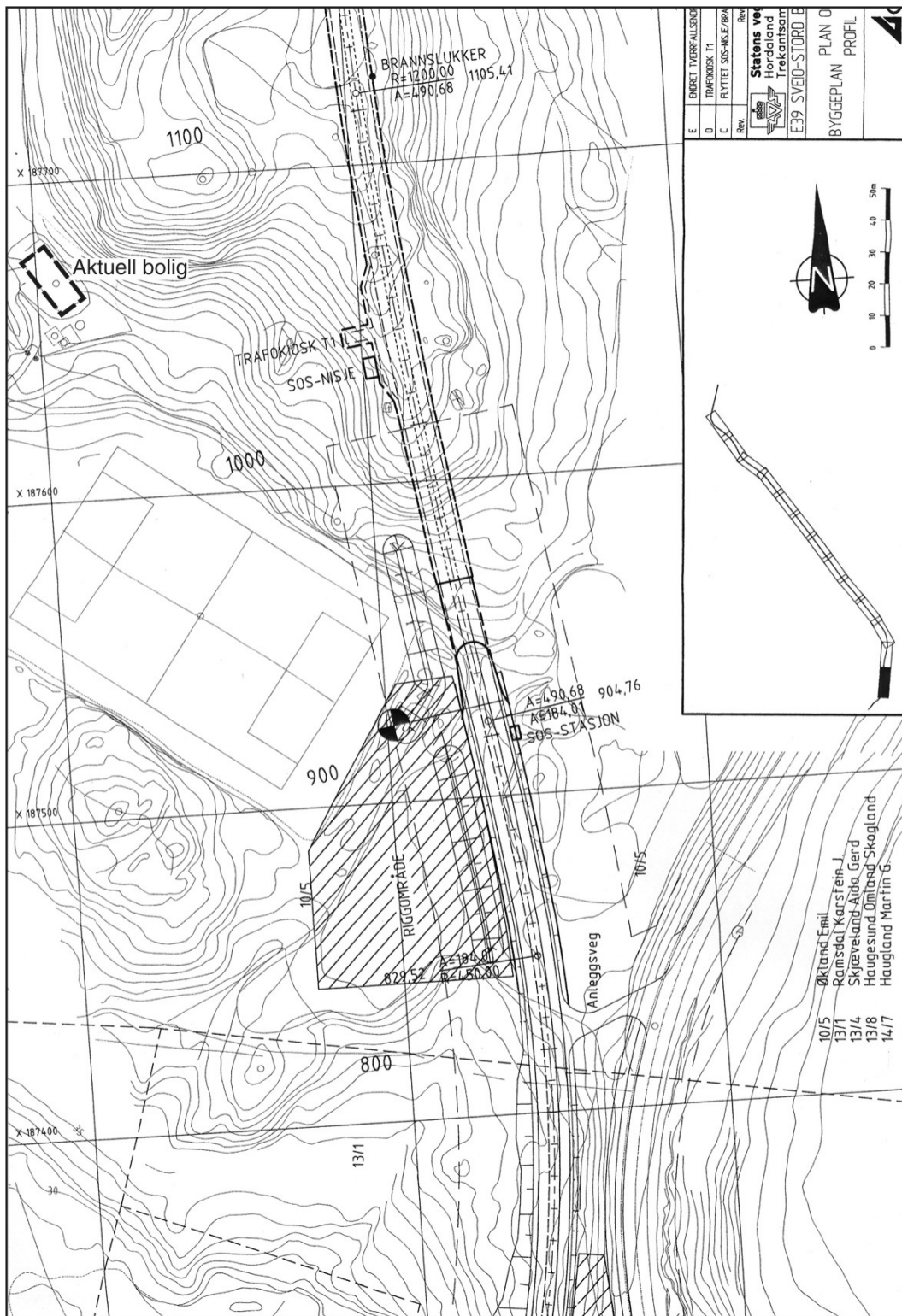
har katalysator innen år 2010. For tunge dieserbiler ble strengere avgasskrav innført i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette dieseldrevne varebiler ble innført i 1990. Først noen år etter innføringen vil dette ha en merkbar innvirkning på det totale NO<sub>x</sub>-utslippet fra dieserbiler.

### **3 Tunnel- og trafikkdata**

Bømlafjordtunnelens munning og aktuell bolig er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri, trafikk tall og trafikk-sammensetning er gitt av Statens vegvesen. Trafikk tall for år 2003 og 2015 er benyttet i beregningene. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush for år 2003/2015. Se trafikk tall i Vedlegg B.

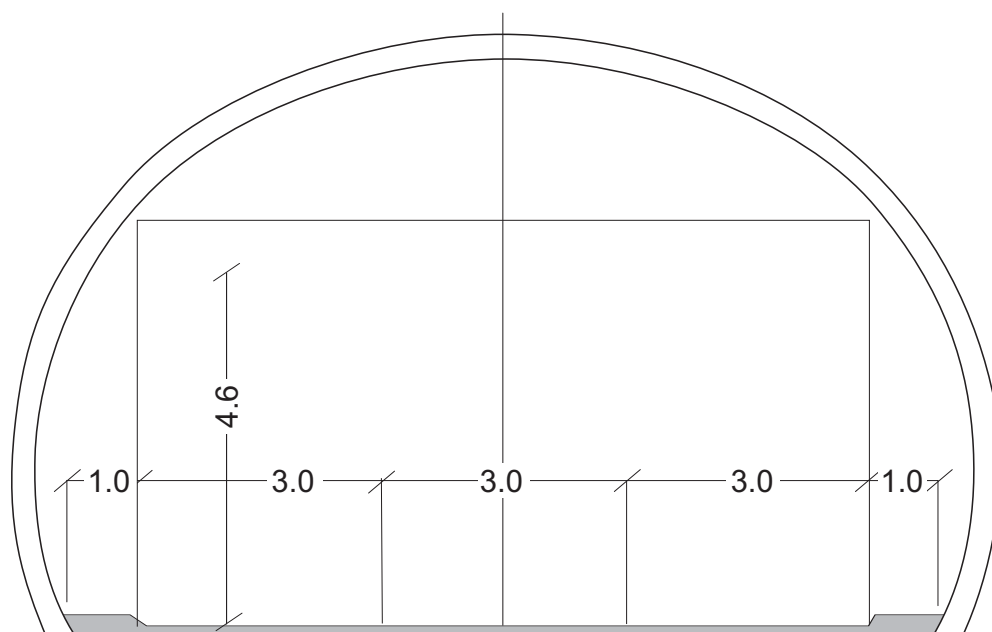
Uten separate løp for de to kjøreretningene vil det ikke bli pumpevirkning fra trafikken i tunnelen, og tunnelen må ha tilstrekkelig viftekapasitet for å unngå overskridelser av grenseverdier for luftkvalitet i tunnelen.

Tunnelmunningene har tunnelprofil T11. Dette gir et munningsareal på 63,78 m<sup>2</sup>.



Figur 1: Tunneltrasé, Bømlafjordtunnelen.





Figur 2: Tunnelprofil Bømlafjordtunnelen, T11.

#### 4 Forskrift om lokal luftkvalitet og Nasjonalt mål for luftkvalitet

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 og Nasjonalt mål er tallverdier for forurensningsgrad. Grenseverdier er juridisk bindende, mens Nasjonalt mål er en målsetning.

Tabell 1 viser grenseverdier i Forskrift om lokal luftkvalitet og Nasjonalt mål for luftkvalitet for de aktuelle komponenter. I denne rapporten har vi sammenlignet målte konsentrasjoner med den nye forskriftens grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

Tabell 1: Grenseverdier i Forskrift om lokal luftkvalitet og Nasjonalt mål for luftkvalitet. Tallene i parentes viser hvor mange ganger grenseverdien tillates overskredet hvert år.

Komponent	Enhet	Midlingstid	Forskriftens grenseverdier	Nasjonalt mål
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Time	200 <sup>1)</sup> (18)	150 <sup>1)</sup> (8)
	µg/m <sup>3</sup>	År	40 <sup>1)</sup>	
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Døgn	50 <sup>2)</sup> (35)	50 <sup>2)</sup> (25)
	µg/m <sup>3</sup>	Døgn	50 <sup>1)</sup> (7)	50 <sup>1)</sup> (7)
	µg/m <sup>3</sup>	År	40 <sup>2)</sup>	
	µg/m <sup>3</sup>	År	20 <sup>1)</sup>	

3) Skal overholdes innen 1.1.2010

4) Skal overholdes innen 1.1.2005

- Grenseverdier er generelt skjerpet de siste tiårene. Gjelder både WHO, EU og Norge.
- Forskrift om lokal luftkvalitet, fastsatt ved Kgl. Res. 4. oktober 2002 er lik EUs nye grenseverdier.
- Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn den nye forskriften. Den nye forskriften og Nasjonalt mål tillater et visst antall overskridelser pr. år for NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub>. Målene skal nås innen 1.1.2005 (NO<sub>2</sub>: 1.1.2010).

## 5 Utslipp

Utslipp av PM<sub>10</sub> og NO<sub>x</sub> er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med følgende inngangsdata:

1. Trafikktall (antall og hastighet)
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning)
3. Tungtrafikkandel (10%)
4. Kaldstartandel (0%)

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2. Tabellen viser også pumpevirkningens luftstrømhastighet som er mer enn tilstrekkelig for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft.

Tabell 2: Utslipp (g/s) av PM<sub>10</sub> og NO<sub>x</sub> i tunnelene, og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen. Beregning for 2003/2015.

Tunnelmunning	Kjørehastighet (km/h)	Nødvendig ventilasjonshastighet (m/s)	Utslipp	
			PM <sub>10</sub> (g/s)	NO <sub>x</sub> (g/s)
Mot Sør Sveio	90	1,24/1,31	0,05/0,11	2,2/2,3
	80	1,28/1,37	0,05/0,10	2,3/2,4
	70	1,29/1,41	0,05/0,09	2,3/2,5
	60	1,21/1,43	0,05/0,08	2,2/2,5

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO<sub>x</sub>. Tabellen viser at det er liten forskjell i PM<sub>10</sub>- og NO<sub>x</sub>-utslipp med ulik hastighet i området 60-90 km/h. Vanligvis vil det være NO<sub>x</sub>-utslippene som avgjør nødvendige luftstrømhastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler.

Det er ikke tatt hensyn til at forurenset luft trekkes inn i tunneløpene fra omgivelsene. Dette inngår i bakgrunnskonsentrasjonene, og vil i liten grad påvirke konsentrasjonen i tunnelen. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene.

## 6 Resultater fra spredningsberegningene

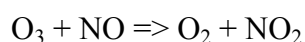
NO<sub>2</sub>- og PM<sub>10</sub>-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 3 viser resultatet av beregningene. Det er tatt utgangspunkt i skiltet kjørehastighet 80 km/h, men beregninger er også utført for 60 km/h, 70 km/h og 90 km/h for å vise variasjonen i munningskonsentrasjonen.

Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> er redusert til et nivå lik den nye forskriften og Nasjonalt mål for uteluft. Det er regnet at NO<sub>2</sub>-andelen av NO<sub>x</sub> i utslippet fra tunnelmunningene er 7,5% i tunnel oppover, 20% i tunnel nedover. 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 5 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> og 5 µg PM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> som timemiddel.

Tabell 3: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk. Beregninger for år 2003/2015.

Tunnelmunning	Kjørehastighet (km/h)	Ventilasjons-hastighet (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Mot Sør Sveio	90	1,24/1,31	684/1376	4200/4200
	80	1,28/1,37	613/1170	4200/4200
	70	1,29/1,41	565/1020	4200/4200
	60	1,21/1,43	592/ 871	4200/4200

Det er også regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m<sup>3</sup>. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Det teoretiske maksimalnivået for NO<sub>2</sub>-bidrag fra andre kilder blir dermed 65 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Dette forutsetter imidlertid at det er nok O<sub>3</sub> til stede.

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 4.

Maksimalkonsentrasjonene forekommer ved stor trafikk (i rushtiden) og ved dårlige spredningsforhold.

En lavere tungtrafikkandel fører til et mindre område med NO<sub>2</sub>-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 NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er 200 µg/m<sup>3</sup>.

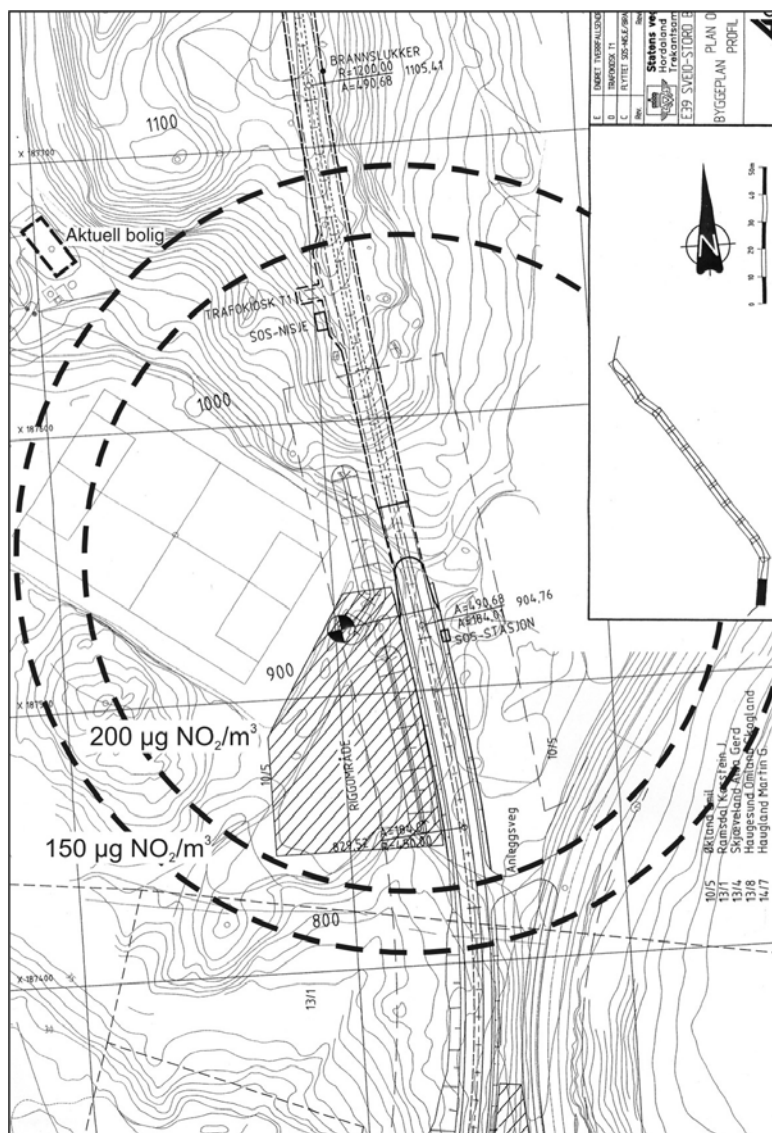
Beregningsresultater sammenlignet med grenseverdier i Forskrift om lokal luftkvalitet viser følgende:

- Beregningene for 2003/2015 viser for svevestøv ( $PM_{10}$ ) at døgnmidlele verdier over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vil kunne forekomme opptil 9/10 m fra tunnelmunningen ved en trafikkavvikling på 80 km/h.
- For  $NO_2$  viser beregningene for 2003/2015 at ved normal trafikkavvikling i 80 km/h vil det forekomme timemidlele verdier over  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  opptil 112/116 m fra tunnelmunning.

Nærmeste bolig er 160 m fra tunnelmunning, og vil ikke bli berørt av overskridelser. Se forøvrig Figur 3.

*Tabell 4: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av  $PM_{10}$  og  $NO_2$  er redusert til gitte nivåer.*

Tunnelmunning	Trafikkens hastighet (km/h)	Ventilasjons-hastighet (m/s)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på gitte luftkvalitetsnivå (m)		
			$PM_{10}$ ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$NO_2$ ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$NO_2$ ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Sveio 2003	70	1,29	9	137	113
	80	1,28	9	136	112
	90	1,24	9	133	110
Sveio 2015	70	1,41	10	142	118
	80	1,37	10	140	116
	90	1,31	10	137	114



Figur 3: Figuren viser maksimal  $\text{NO}_2$ -utbredelse med de høyeste trafikk tall for 2015 og for største utslippsmengde med kjørehastighet 90 km/h.

## 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 nybilsalget fra 1988 til nå har vært lavere enn antatt. Dette innebærer allikevel antagelig at tilnærmet alle bilene vil ha katalysator i 2010.

Avgasskrav til dieseldrevne lastebiler fra 1994 vil etter hvert redusere  $\text{NO}_x$  (og  $\text{NO}_2$ )-utslipp fra slike biler. Med halvert  $\text{NO}_x$ -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

- Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).
- Larsen, S. (1987) Vålerenga-tunnelen, Oslo. Reviderte beregninger av luftforurensninger ved munningene. Lillestrøm (NILU OR 33/87).
- Larsen, S. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved veitunneler gjennom Vålerenga og Gamlebyen. Lillestrøm (NILU OR 52/84).
- Peterson, H.G. and Tønnesen, D. (1990) A tracer investigation of traffic from the Vålerenga tunnel at Etterstad. Lillestrøm (NILU OR 39/90).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport nr. 92:16).
- Vegdirektoratet (1988) Vegdirektoratets anbefalinger for tunnelluft. Oslo.

## **Vedlegg A**

## **Trafikktall**



## Statens vegvesen

### Notat

Til: Norsk institutt for luftforskning  
 Fra: Statens vegvesen Region Vest  
 Kopi:

Saksbehandler/innvalgsnr:  
 Sture A. Karlsen +47 53402369  
 Vår dato 2003-10-01  
 Vår referanse:

### Ev 39/Rv 542 Trekantsambandet Beregning av luftforurensing fra Bømlafjordtunnelen

#### Generelt om oppdraget:

Beregningene skal gjennomføres på grunn av klager fra en oppsitter i Sveio, dvs. i søndre ende av tunnelen. Tunnelens ventilasjonsretning er fra nord mot sør. Beregningene bes foretatt basert på dagens trafikk tall samt trafikk tall i 2015 (etter at bomstasjonen i tunnelens nordre ende er fjernet).

#### Tunneldata:

Tunnelens totale lengde inkludert portaler er 7860 meter. Når det gjelder stigningsforhold og tunnelprofil, vil dette framgå av vedlagte tegninger (6 stk.).

#### Trafikkdata:

##### Årsdøgntrafikk:

2003: 2700 kjt./døgn

2015: 8900 kjt./døgn

##### Antall kjøretøy i makstime og retningsfordeling:

2003: 556 kjøretøy; sørgående: 254 kjøretøy; nordgående: 302 kjøretøy

2015: 1800 kjøretøy; sørgående: 820 kjøretøy; nordgående: 980 kjøretøy

##### Hastighet for begge retninger i makstime:

Her har vi dårlig datagrunnlag, men registreringer i bunnen av tunnelen (ATK) gir en gjennomsnittsfart på 75 km/t på dette punktet (begge retninger). Hvordan dette vil utvikle seg fram til 2015 er vanskelig å si, men vi vil foreslå å legge samme hastighet til grunn.

Postadresse  
 Statens vegvesen  
 Region vest  
 Askedalen 4  
 6863 Leikanger

Telefon 55 51 60 00  
 Telefaks 57 65 59 86  
 firmapost-vest@vegvesen.no  
 Org.nr: 971032081

Kontoradresse  
 Vabakkjen 3  
 STORD

Fakturaadresse  
 Statens vegvesen  
 Regnskap  
 Båtsfjordvn 18  
 9815 VADSØ  
 Telefon 78 94 15 50  
 Telefaks 78 95 33 52



Tungtrafikkandel med fordeling på vektklasser:

Også her har vi dårlig datagrunnlag, men har kommet til en fordeling på klassene A, B og C på henholdsvis 4, 3 og 3 prosent. Vi foreslår å legge samme fordeling til grunn i 2015.

Andel biler med kald motor:

Dette er en parameter vi ikke har tall for, men da det er få som bor i tunnelens umiddelbare nærhet, vil vi anta at andelen med kald motor er forsvinnende liten (dvs. kan settes til 0). Dette gjelder både i dag og i 2015.

Andel dieseldrevne personbiler:

Også dette er en parameter vi ikke har opplysninger om. Vi antar at andelen dieseldrevne personbiler ikke avviker vesentlig fra landet for øvrig. Vi vil derfor anbefale at prosentandelen for dieseldrevne personbiler på landsbasis benyttes ved beregningene. Vi antar at NILU har dette tallet og også en prognose for utviklingen av dieseldrevne biler i årene framover.

**Vedlegg B**

**Spredningsberegninger for tunneler**

BEREGNINGSÅR: 2003  
 TRAFIKKSAMMENSETNING:  
 DPD DL<10 DL10-20 DL>20  
 5. 4. 3. 3.

VEGSEGMENTER:  
 DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	254.	1.61	-8.50
2	254.	2.87	-5.60
3	254.	3.38	8.50
4	302.	1.61	8.50
5	302.	2.87	5.60
6	302.	3.38	-8.50

HASTIGHET	PM10-PROD (G/S)	NOX-PROD (G/S)
10	0.103	4.463
20	0.104	3.704
30	0.105	3.504
40	0.069	2.582
50	0.057	2.475
60	0.046	2.162
70	0.047	2.310
80	0.050	2.286
90	0.054	2.213

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:  
 PM10 ER GITT I mg/m<sup>3</sup> , NO<sub>x</sub> ER GITT I mg/m<sup>3</sup>

TUNNELAREAL: 63.8 M\*\*2

NØDV. VENTILASJON FRA STØV ER TOTALT STØV!  
 TRAFIKK- PUMPE- NØDVEN. MUNNINGSKONSENTRASJONER

HAST.	VIRKN.	VENT.H.	PM10 (P)	NOX (P)	PM10 (N)	NOX (N)
10	0.00	2.50	-1.000	-1.000	0.645	28.000
20	0.00	2.07	-1.000	-1.000	0.783	28.000
30	0.00	1.96	-1.000	-1.000	0.838	28.000
40	0.00	1.45	-1.000	-1.000	0.744	28.000
50	0.00	1.39	-1.000	-1.000	0.644	28.000
60	0.00	1.21	-1.000	-1.000	0.592	28.000
70	0.00	1.29	-1.000	-1.000	0.565	28.000
80	0.00	1.28	-1.000	-1.000	0.613	28.000
90	0.00	1.24	-1.000	-1.000	0.684	28.000

BEREGNINGSÅR: 2015  
 TRAFIKKSAMMENSETNING:  
 DPD DL<10 DL10-20 DL>20  
 5. 4. 3. 3.

VEGSEGMENTER:  
 DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	820.	1.61	-8.50
2	820.	2.87	-5.60
3	820.	3.38	8.50
4	980.	1.61	8.50
5	980.	2.87	5.60
6	980.	3.38	-8.50

HASTIGHET	PM10-PROD (G/S)	NOX-PROD (G/S)
10	0.123	7.288
20	0.126	5.927
30	0.130	5.483
40	0.090	3.720
50	0.084	3.292
60	0.079	2.548
70	0.092	2.516
80	0.102	2.452
90	0.115	2.339

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:  
 PM10 ER GITT I mg/m<sup>3</sup> , NO<sub>x</sub> ER GITT I mg/m<sup>3</sup>

TUNNELAREAL: 63.8 M\*\*2

NØDV. VENTILASJON FRA STØV ER TOTALT STØV!  
 TRAFIKK- PUMPE- NØDVEN. MUNNINGSKONSENTRASJONER

HAST.	VIRKN.	VENT.H.	PM10 (P)	NOX (P)	PM10 (N)	NOX (N)
10	0.68	4.08	2.832	167.263	0.474	28.000
20	1.37	3.32	1.443	68.007	0.594	28.000
30	2.05	3.07	0.992	41.946	0.662	28.000
40	2.73	2.08	0.516	21.343	0.677	28.000
50	3.42	1.84	0.385	15.112	0.713	28.000
60	4.10	1.43	0.303	9.746	0.871	28.000
70	4.78	1.41	0.300	8.247	1.020	28.000
80	5.47	1.37	0.294	7.035	1.170	28.000
90	6.15	1.31	0.293	5.964	1.376	28.000

Aar 2003 - NO2

Trafikkhastighet 80 km/h

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.3 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 63.8 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 4200.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Strste hyde (gulv-tak) i tunnel: 7.0 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 5.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO2

Konsentrasjon (ug/m<sup>3</sup>) Avstand (m)

100.0	175.3
150.0	135.5
200.0	112.2
250.0	96.7

Aar 2015 - NO2

Trafikkhastighet 80 km/h

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.4 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 63.8 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunneålpningen : 4200.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Strste hyde (gulv-tak) i tunnel: 7.0 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 5.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO2

Konsentrasjon (ug/m<sup>3</sup>) Avstand (m)

100.0	181.3
150.0	140.0
200.0	116.2
250.0	99.8

År 2003 - PM10

Trafikkhastighet 80 km/h

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.3 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 63.8 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 613.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.0 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 5.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Vindretning (grader)	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
50.0		9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
75.0		9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
100.0		9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
150.0		8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

År 2015 - PM10  
 Trafikkhastighet 80 km/h

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.4 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 63.8 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1170.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.0 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 5.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte døgnmiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av PM10 for 12 vindretninger

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
50.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
75.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
100.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
150.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

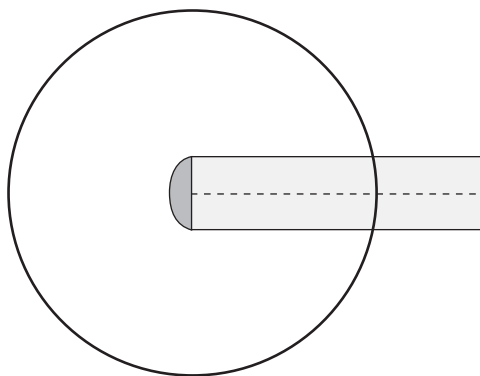
## Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

For å ventilere tunneler med trafikk i begge retninger, må det installeres vifter som trekker "frisk" luft inn i tunnelen fra den ene munningen. Dette gjøres for å fortynne avgassproduksjonen fra bilene til et akseptabelt nivå i selve tunnelen, og dernest for å transportere luftforurensningene ut av tunnelen gjennom den andre munningen.

Noen tunneler, ofte med stor trafikkbelastning, har separate tunnellop for begge kjøretretninger. I dette tilfellet vil all trafikken "rive med" tunnelluften i samme retning. Det vil da ikke være nødvendig med vifter i tunnelen for å fortynne og drive forurensningene ut gjennom den ene munningen, bortsett fra i situasjoner der kjøretøyhastigheten blir svært lav. Disse selvventilerte tunneler vil derfor ha montert vifter til bruk i forbindelse med uhellsituasjoner eller dårlig trafikkavvikling.

Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørtede tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørtede tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Vi snakker i begge tilfeller om ventilasjonshastighet i tunneler.

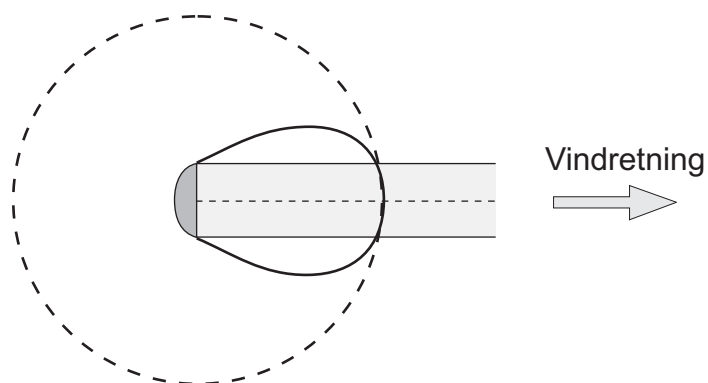
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er lavere enn ca 3 m/s, vil maksimalutbredelsen av gitte konsentrasjoner fra tunnelmunningen kunne beskrives som en sirkel med sentrum i tunnelmunningen som vist i Figur A.



*Figur A. Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for alle vindretninger.*

Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.

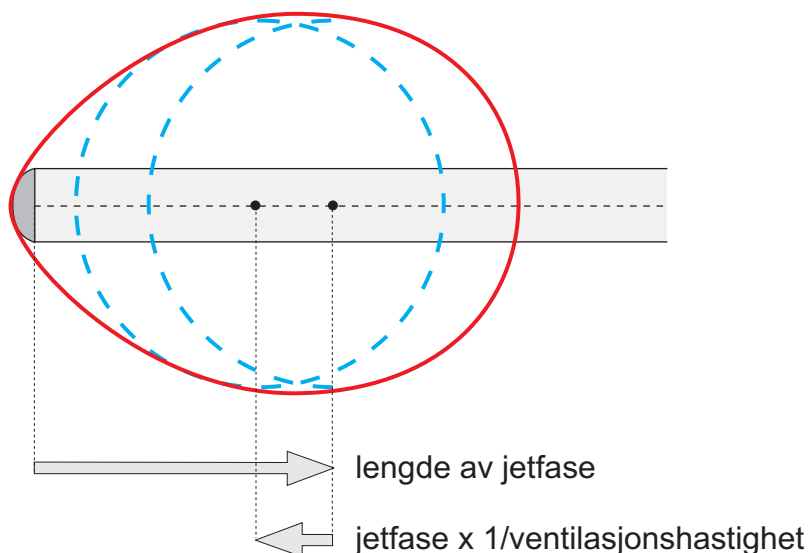




Figur B: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for en gitt vindretning (fra vest).

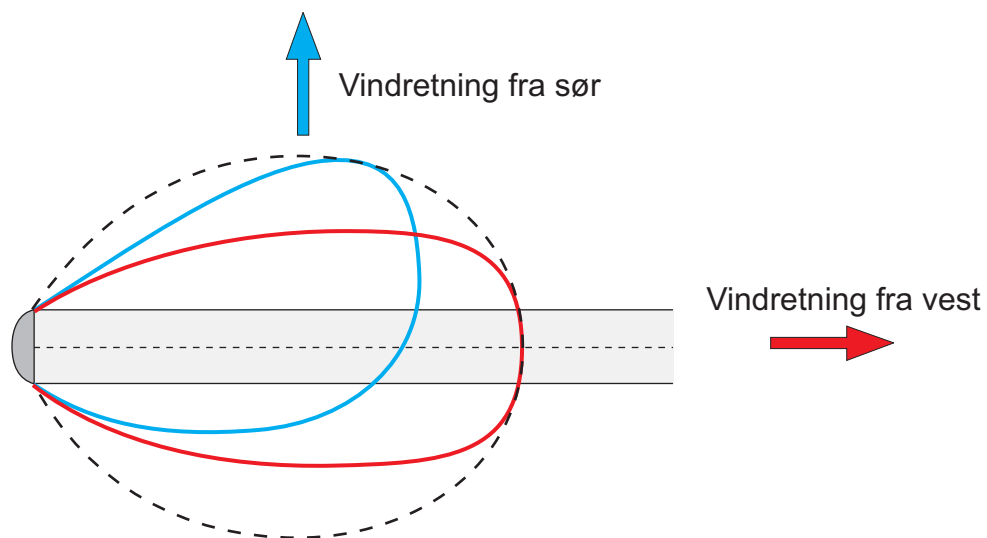
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jetfasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jetfasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

Figur C viser en generell beskrivelse av maksimalutbredelse av luftforurensninger fra en tunnelmunning med jetfase.



Figur C: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for alle vindretninger. Dersom ventilasjonshastigheten er 4 m/s vil redusert jetfase med motvind være lik en fjerdedel av jetfasen med medvind.

Figur C viser maksimalutbredelse for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur D hvordan utbredelsen av luftforurensningen vil være i gitte tilfeller med vind fra vest og sør.



*Figur D: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for to gitte vindretninger, fra vest og fra sør.*



# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 78/2003	ISBN 82-425-1513-1 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 26	PRIS NOK 150,-
TITTEL EV39/RV542 Trekantsambandet Beregning av luftforurensning fra Bømlafjordtunnelen		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-103117	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Sture A. Karlsen	
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen, Region vest Askedalen 4 6863 LEIKANGER			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Spredningsberegninger for Bømlafjordtunnelens munning mot Sveio. Det er beregnet maksimale konsentrasjoner av PM <sub>10</sub> og NO <sub>x</sub> i tunnelen, og det er beregnet minste tilstrekkelig ventilasjonshastighet i tunnelen for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelen ved ugunstige trafikkforhold (rushtrafikk morgen/kveld). Konsentrasjonsreduksjon som funksjon av avstand fra utslippsområdet er vist, og konsentrasjonene er sammenlignet med grenseverdier for luftkvalitet. Beregningene viser ingen overskridelser ved nevnte bolig ved søndre munning (Sveio).			
TITLE Air pollution from the Bømlafjord tunnel.			
ABSTRACT			

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