

# **RV13/E39, Gandsfjordforbindelsen i Sandnes**

Vurdering av luftforurensning fra  
tunnelmunninger

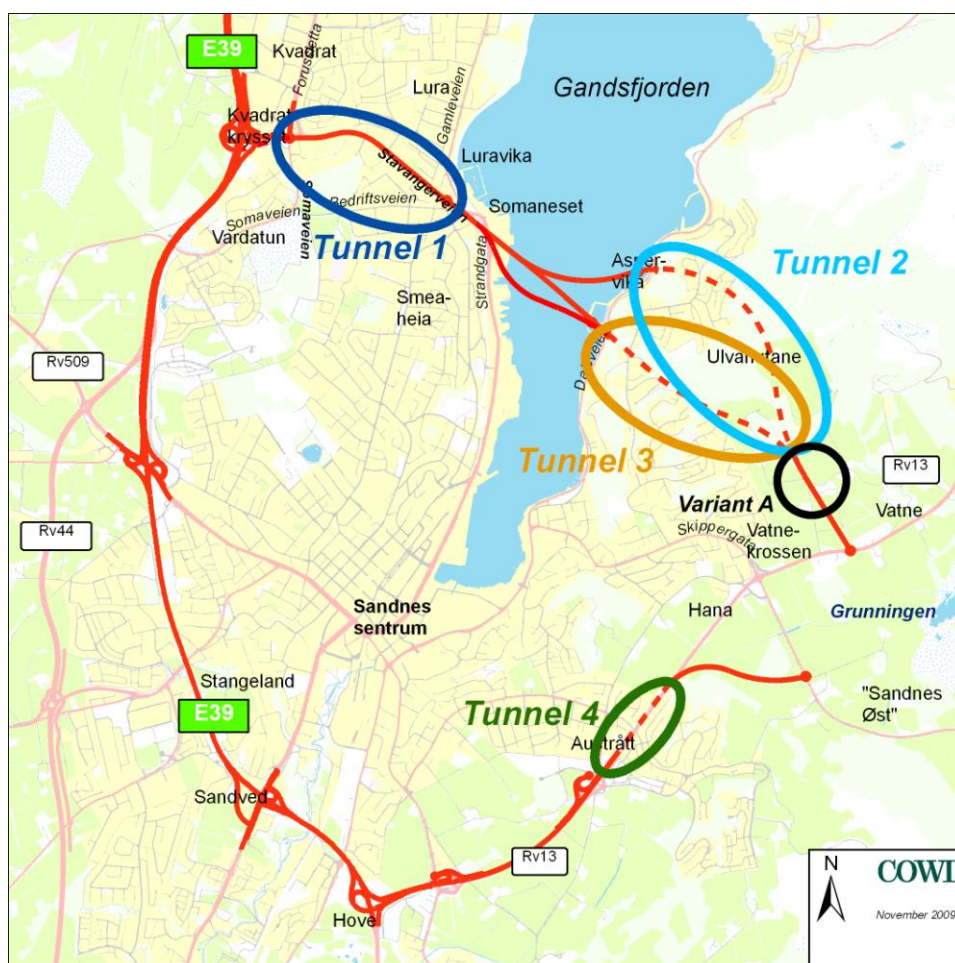
Ivar Haugsbakk



# RV13/E39, Gandsfjordforbindelsen i Sandnes

Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger

Ivar Haugsbakk





# Innhold

	Page
<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Metoder og forutsetninger .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Tunnel- og trafikkdata .....</b>	<b>10</b>
<b>4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet .....</b>	<b>11</b>
<b>5 Utslipp .....</b>	<b>11</b>
<b>6 Resultater fra spredningsberegningene .....</b>	<b>13</b>
<b>7 Framtidig utvikling .....</b>	<b>14</b>
<b>8 Konklusjon .....</b>	<b>15</b>
<b>9 Referanser .....</b>	<b>15</b>
<b>Vedlegg A Trafikk-tall - inngangsdata .....</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg B Spredningsberegninger for tunneler .....</b>	<b>33</b>



## Sammendrag

*NILU-Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra COWI AS utført beregninger av luftforurensning fra et antall alternative tunnelmunnings langs RV13/E39, Gandsfjordforbindelsen. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og svevestøv (PM<sub>10</sub>) i tunnelene, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningene. Beregningene er basert på trafikk tall fra oppdragsgiver.*

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 grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

### Grenseverdier 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. Grenseverdiene i Norge er fastsatt av Miljøverndepartementet i Forskrift for lokal luftkvalitet.

Tabell A viser grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet for de aktuelle komponenter. I denne rapporten har vi i første rekke sammenlignet målte konsentrasjoner med den nye forskriftens grenseverdier, men også med Nasjonalt mål for luftkvalitet.

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

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

- Grenseverdier er generelt skjerpet de siste tiårene. Gjelder grenseverdier satt av både WHO, EU og Norge.
- Den nye forskriften med grenseverdier, 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>, som vist i Tabell A.

### ***Metoder og utslippsdata***

I beregningene er det brukt samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler andre steder i Norge. 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 (se også Vedlegg A):

1. Maksimal trafikkintensitet (antall og hastighet gitt av oppdragsgiver).
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (10%).
4. Kaldstartandel (5%).

### ***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 gitte kjørehastigheter (deriblant skiltet hastighet med uthevet skrift). Munningskonsentrasjonene er beregnet ut fra Vegdirektoratets grenseverdier for tunnelluft og derav nødvendig ventilasjonshastighet. Med separate tunnellop for begge kjøreretningene, vil pumpevirkning fra trafikken medføre en ventilasjonshastighet som er mer enn tilstrekkelig for å ventilere de ulike tunnelalternativene. Tunnel 1 har toveis trafikk og må ventileres med vifter. Det er en fordel å ventilere denne tunnelen mot øst, der det er kun en tunnelmunning (i øst er det 4 på- og avkjøringsramper).



Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk.  
Alle konsentrasjoner som timemidler.

Tunnelmunning		Ventilasjons- hastighet* (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Tunnel 1</b>				
<b>Østover</b>	40 km/t*	1,33 (N)**	1500	1245
	50 "	1,19 (N)	1500	1112
	<b>60 "</b>	<b>1,17 (N)</b>	<b>1500</b>	<b>881</b>
<b>Vestover</b>	40 "	1,19 (N)	1500	1265
	<b>50 "</b>	<b>1,15 (N)</b>	<b>1500</b>	<b>1124</b>
	60 "	1,14 (N)	1500	885
<b>Tunnel 2–alt A (1440 m)</b>				
<b>Østover</b>	40 km/t	3,65 (P)	191	202
	50 "	4,56 (P)	168	131
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>158</b>	<b>82</b>
<b>Vestover</b>	40 "	3,65 (P)	102	202
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>90</b>	<b>139</b>
	60 "	5,48 (P)	85	90
<b>Tunnel 2-alt B, lang (1840 m)</b>				
<b>Østover</b>	40 km/t	3,65 (P)	313	355
	50 "	4,56 (P)	260	242
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>232</b>	<b>156</b>
<b>Vestover</b>	40 "	3,65 (P)	168	213
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>139</b>	<b>146</b>
	60 "	5,48 (P)	124	94
<b>Tunnel 3–alt A (1217 m)</b>				
<b>Østover</b>	40 km/t	3,65 (P)	162	177
	50 "	4,56 (P)	142	116
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>134</b>	<b>73</b>
<b>Vestover</b>	40 "	3,65 (P)	95	183
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>83</b>	<b>126</b>
	60 "	5,48 (P)	78	82
<b>Tunnel 3-Alt B lang (1617 m)</b>				
<b>Østover</b>	40 km/t	3,65 (P)	271	330
	50 "	4,56 (P)	226	227
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>202</b>	<b>148</b>
<b>Vestover</b>	40 "	3,65 (P)	160	196
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>133</b>	<b>134</b>
	60 "	5,48 (P)	119	87
<b>Tunnel 4</b>				
<b>Begge retninger</b>	50 km/t	5,77 (P)	59	75
	<b>60 "</b>	<b>6,93 (P)</b>	<b>59</b>	<b>47</b>
	70 "	8,08 (P)	65	40

\*: Rushtidstrafikk 60/40 i denne retning.

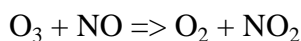
\*\* : N= nødvendig ventilasjonshastighet, P= pumpevirkning fra trafikken.

Ved normal trafikkavvikling er  $\text{NO}_x$ -utslippene avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelsystemet. En dobling av ventilasjonshastigheten i tunnel 1 vil halvere munningskonsentrasjonene.

Nødvendig ventilasjonshastighet i tunnel 1 er for alle alternativer mindre enn 1,0 m/s (0,37-0,49 m/s) (Tabell B). Det lar seg derimot ikke gjøre å styre luftstrømmen i en toveis trafikkert tunnel lavere enn 1,0 m/s.

$\text{NO}_2$  og  $\text{PM}_{10}$ -konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. Det antas at  $\text{NO}_2$ -andelen av  $\text{NO}_x$  i utslippet fra tunnelmunningene 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 der tunnelen er planlagt, er det regnet med et bakgrunnsnivå på  $25 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  og  $10 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ .

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 teoretiske maksimalnivået for  $\text{NO}_2$ -bidrag fra andre kilder blir dermed  $85 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  som timemiddelverdi. Dette forutsetter imidlertid at det er nok  $\text{O}_3$  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 eksosluft kunne merkes på større avstand enn der  $\text{NO}_2$ -konsentrasjonen er  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabell C viser utbredelsen av  $\text{NO}_2$  og  $\text{PM}_{10}$  fra de ulike tunnelmunningene i tiden på døgnet med rushtidstrafikk.

### **Konklusjon**

Beregningene viser at grenseverdien for svevestøv vil kunne overskrides opptil 21-57 m fra tunnelmunning for tunnel 1, avhengig av ventilasjonshastighet. Beregningene viser at en ventilasjonshastighet på 2,0 m/s er den beste løsningen. For de øvrige tunnelene som har enveiskjørte tunnellop vil maksimal spredningsavstand for  $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$  være 8-87 m fra tunnelmunning. For  $\text{NO}_2$  vil spredningsavstand med  $200 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  være opptil 40 m fra tunnelmunning (tunnel 1) med ventilasjonshastighet 1,15-1,19 m/s, men kan reduseres til 31 m ved å doble ventilasjonshastigheten. Det har ingen hensikt å øke ventilasjonshastigheten utover dette siden det da vil oppstå en jetfase (stempeleffekt) som vil forverre situasjonen på disse avstandene fra tunnelmunningen. For de øvrige tunnelmunninger vil det ikke bli overskridelser av grenseverdien for  $\text{NO}_2$ .

Tunnel 3 østover er prosjektert med tunnelareal T14,5 og et eget felt for myke trafikanter. Munningskonsentrasjon av  $\text{PM}_{10}$  vil ved rushtid ligge på 134 til  $271 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ , der grenseverdien er  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I tillegg vil det være en kraftig

luftstrøm i tunnelen på mellom 4,5 og 5,5 m/s. Det er derfor ikke tilrådelig å ha et eget felt for myke trafikanter uten å lage en skillevegg mot biltrafikken.

*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	Trafikkens hastighet (km/h)	Lengde av jetfase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på luftkvalitetsnivå (m)			
			PM <sub>10</sub> (50 µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (100 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> )
<b>Tunnel 1</b> østover 1,19*	60	0	<b>30</b>	76	51	<b>40</b>
vestover 1,15*	50	0	<b>29</b>	76	52	<b>40</b>
østover 2,00**	60	0	<b>21</b>	68	45	<b>32</b>
vestover 2,00**	50	0	<b>22</b>	67	44	<b>31</b>
østover 3,00**	60	34	<b>38</b>	69	46	<b>33</b>
vestover 3,00**	50	34	<b>38</b>	68	45	<b>32</b>
østover 4,00**	60	57	<b>56</b>	80	56	<b>39</b>
vestover 4,00**	50	57	<b>57</b>	79	55	<b>37</b>
<b>Tunnel 2</b> østover (1440 m)	60	73	<b>49</b>	13	-	-
vestover	50	66	<b>9</b>	46	10	-
<b>Tunnel 2</b> østover (1840 m)	60	73	<b>71</b>	66	26	-
vestover	50	66	<b>30</b>	49	14	-
<b>Tunnel 3</b> østover (1217 m)	60	95	<b>30</b>	-	-	-
vestover	50	85	<b>8</b>	52	1	-
<b>Tunnel 3</b> østover (1617 m)	60	95	<b>87</b>	81	24	-
vestover	50	85	<b>35</b>	57	11	-
<b>Tunnel 4</b> begge retninger	60	76	<b>5</b>	-	-	-

\*: Nødvendig ventilasjonshastighet.

\*\* : Øket ventilasjonshastighet 2,0 m/s, 3,0 m/s eller 4,0 m/s.



# RV13/E39, Gandsfjordforbindelsen i Sandnes

## Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger

### 1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra COWI AS utført beregninger av luftforurensninger fra et antall alternative tunnelmunninger langs RV13/E39, Gandsfjordsforbindelsen. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene. 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 tunneler med toveis trafikk.
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.

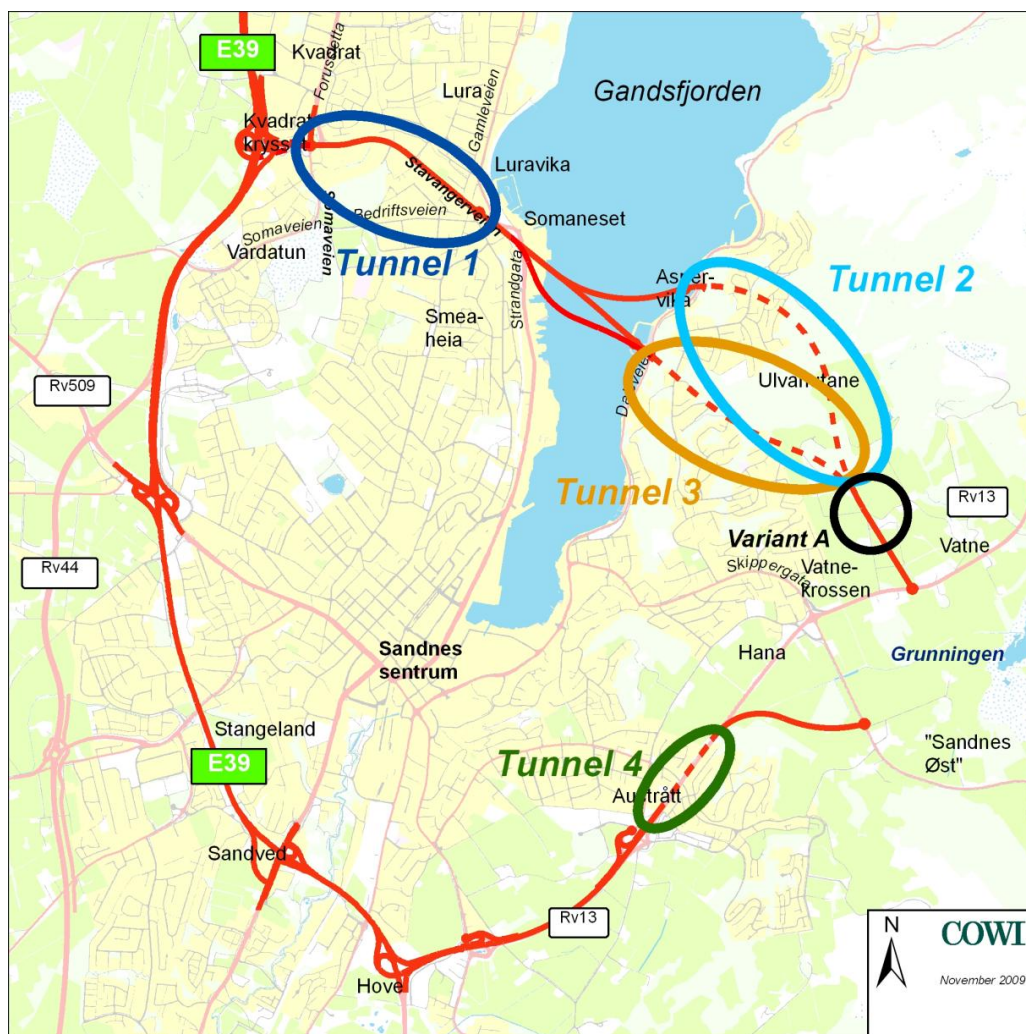
I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det antas videre at tilnærmet alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2010. For tunge dieserbiler ble strengere avgasskrav innført i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette dieseldrevne varebiler ble innført i 1990. Eventuelle endringer i teknologi etter 2010 er det **ikke**

tatt hensyn til. Trolig vil utslippsnivået pr. kjøretøy på dette tidspunktet være lavere enn det som er anvendt i beregningen.

### 3 Tunnel- og trafikkdata

Tunnelalternativer er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri og sammensetning er gitt av COWI AS. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush for 2013.

Med separate løp for de to kjøretretningene vil pumpevirkningen fra trafikken i tunnelenes hovedløp ved normal trafikkavvikling med god margin være tilstrekkelig til nødvendig ventilering av tunnel 2, 3 og 4. Tunnel 1 vil ha toveis trafikk, og det blir nødvendig med aktiv ventilering med vifter i taket. Ved kødannelse vil vifteanlegg være nødvendig for tilstrekkelig ventilasjon i alle tunnelene. Se også Vedlegg A, trafikkdata.



Figur 1: Tunneltraséer, RV13/E39, Gandsfjordforbindelsen.

## 4 Grenseverdier 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. Grenseverdiene i Norge er fastsatt av Miljøverndepartementet, Forskrift for lokal luftkvalitet.

Tabell 1 viser grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet for de aktuelle komponenter. I denne rapporten har vi i første rekke sammenlignet målte konsentrasjoner med den nye forskriftens grenseverdier, men også med Nasjonalt mål for luftkvalitet.

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

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

- Grenseverdier er generelt skjerpet de siste tiårene. Gjelder grenseverdier satt av både WHO, EU og Norge.
- Den nye forskriften med grenseverdier, 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>, som vist i Tabell 1

## 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.
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (10%).
4. Kaldstartandel (5%).
5. Piggdekkandel (30%)

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2. Tabellen viser også pumpevirkningens luftstrømhastighet som er mer enn tilstrekkelig for å overholde Vegdirektoratets grenseverdier for tunneluft unntatt for tunnel 1.

Tabell 2: Maksimale munningskonsentrasjoner ved rushtidstrafikk. Alle konsentrasjoner som timemidler.

Tunnelmunning		Ventilasjons- hastighet* (m/s)	Munningskonsentrasjoner	
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Tunnel 1</b>				
Østover	40 km/t*	1,33 (N)**	1500	1245
	50 "	1,19 (N)	1500	1112
	<b>60 "</b>	<b>1,17 (N)</b>	<b>1500</b>	<b>881</b>
Vestover	40 "	1,19 (N)	1500	1265
	<b>50 "</b>	<b>1,15 (N)</b>	<b>1500</b>	<b>1124</b>
	60 "	1,14 (N)	1500	885
<b>Tunnel 2–alt A (1440 m)</b>				
Østover	40 km/t	3,65 (P)	191	202
	50 "	4,56 (P)	168	131
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>158</b>	<b>82</b>
Vestover	40 "	3,65 (P)	102	202
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>90</b>	<b>139</b>
	60 "	5,48 (P)	85	90
<b>Tunnel 2-alt B, lang (1840 m)</b>				
Østover	40 km/t	3,65 (P)	313	355
	50 "	4,56 (P)	260	242
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>232</b>	<b>156</b>
Vestover	40 "	3,65 (P)	168	213
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>139</b>	<b>146</b>
	60 "	5,48 (P)	124	94
<b>Tunnel 3–alt A (1217 m)</b>				
Østover	40 km/t	3,65 (P)	162	177
	50 "	4,56 (P)	142	116
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>134</b>	<b>73</b>
Vestover	40 "	3,65 (P)	95	183
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>83</b>	<b>126</b>
	60 "	5,48 (P)	78	82
<b>Tunnel 3-Alt B lang (1617 m)</b>				
Østover	40 km/t	3,65 (P)	271	330
	50 "	4,56 (P)	226	227
	<b>60 "</b>	<b>5,48 (P)</b>	<b>202</b>	<b>148</b>
Vestover	40 "	3,65 (P)	160	196
	<b>50 "</b>	<b>4,56 (P)</b>	<b>133</b>	<b>134</b>
	60 "	5,48 (P)	119	87
<b>Tunnel 4</b>				
Begge retninger	50 km/t	5,77 (P)	59	75
	<b>60 "</b>	<b>6,93 (P)</b>	<b>59</b>	<b>47</b>
	70 "	8,08 (P)	65	40

\*: Rushtidstrafikk 60/40 i denne retning.

\*\* : N= nødvendig ventilasjonshastighet, P= pumpevirkning fra trafikken.



En lavere dieselandel enn 10% vil gi mindre utslipp av NO<sub>x</sub>. 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 tunnellopene fra omgivelsene. Dette inngår i bakgrunnskonsentrasjonene, og vil i liten grad påvirke konsentrasjonen i tunnelen. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene.

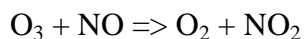
## 6 Resultater fra spredningsberegningene

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.

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 grenseverdier og Nasjonalt mål for uteluft/grenseverdier.

I beregningene er det også tatt hensyn til bakgrunnsnivå av forurensete komponenter. Bakgrunnskonsentrasjoner representerer i dette tilfellet en maksimal konsentrasjon som skyldes andre kilder utenfor tunnelmunningen. Vi har regnet med et bakgrunnsnivå på 25 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> som timemiddel og 10 µg PM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> som døgnmiddel.

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 85 g 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 forureningskilder fordi disse bidragene inngår i bakgrunnsnivået. Resultatet av beregninger av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningene er vist i Tabell 3.

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

Når tungtrafikkandelen er mindre enn 10% fører det til et mindre område med NO<sub>2</sub>-belastning over akseptabelt forureningsnivå.

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>.

Tabell 3: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunnings for at konsentrasjoner av  $PM_{10}$  og  $NO_2$  er redusert til gitte nivåer.

Tunnel	Trafikkens hastighet (km/h)	Lengde av jettefase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på luftkvalitetsnivå (m)			
			$PM_{10}$ (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$NO_2$ (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$NO_2$ (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$NO_2$ (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Tunnel 1</b> østover 1,19*	60	0	<b>30</b>	76	51	<b>40</b>
vestover 1,15*	50	0	<b>29</b>	76	52	<b>40</b>
østover 2,00**	60	0	<b>21</b>	68	45	<b>32</b>
vestover 2,00**	50	0	<b>22</b>	67	44	<b>31</b>
østover 3,00**	60	34	<b>38</b>	69	46	<b>33</b>
vestover 3,00**	50	34	<b>38</b>	68	45	<b>32</b>
østover 4,00**	60	57	<b>56</b>	80	56	<b>39</b>
vestover 4,00**	50	57	<b>57</b>	79	55	<b>37</b>
<b>Tunnel 2</b> østover (1440 m)	60	73	<b>49</b>	13	-	-
vestover	50	66	<b>9</b>	46	10	-
<b>Tunnel 2</b> østover (1840 m)	60	73	<b>71</b>	66	26	-
vestover	50	66	<b>30</b>	49	14	-
<b>Tunnel 3</b> østover (1217 m)	60	95	<b>30</b>	-	-	-
vestover	50	85	<b>8</b>	52	1	-
<b>Tunnel 3</b> østover (1617 m)	60	95	<b>87</b>	81	24	-
vestover	50	85	<b>35</b>	57	11	-
<b>Tunnel 4</b> begge retninger	60	76	<b>5</b>	-	-	-

\*: Nødvendig ventilasjonshastighet.

\*\* : Øket ventilasjonshastighet 2,0 m/s, 3,0 m/s eller 4,0 m/s.

## 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  $NO_x$  (og  $NO_2$ )-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.

Eventuelle endringer i teknologi etter 2010 er det **ikke** tatt hensyn til. Trolig vil utslippsnivået pr. kjøretøy på dette tidspunktet være lavere enn det som er anvendt i beregningen.

## 8 Konklusjon

Beregningene viser at grenseverdien for svevestøv vil kunne overskrides opptil 21-57 m fra tunnelmunning for tunnel 1, avhengig av ventilasjonshastighet. Beregningene viser at en ventilasjonshastighet på 2,0 m/s er den beste løsningen. For de øvrige tunnelene som har enveiskjorte tunnellop vil maksimal spredningsavstand for  $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$  være 8-87 m fra tunnelmunning. For  $\text{NO}_2$  vil spredningsavstand med  $200 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  være opptil 40 m fra tunnelmunning (tunnel 1) med ventilasjonshastighet 1,15-1,19 m/s, men kan reduseres til 31 m ved å doble ventilasjonshastigheten. Det har ingen hensikt å øke ventilasjonshastigheten utover dette siden det da vil oppstå en jettfase (stempeeffekt) som vil forverre situasjonen på disse avstandene fra tunnelmunningen. For de øvrige tunnelmunninger vil det ikke bli overskridelser av grenseverdien for  $\text{NO}_2$ .

Tunnel 3 østover er prosjektet med tunnelareal T14,5 og et eget felt for myke trafikanter. Munningskonsentrasjon av  $\text{PM}_{10}$  vil ved rushtid ligge på 134 til 271  $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ , der grenseverdien er  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I tillegg vil det være en kraftig luftstrøm i tunnelen på mellom 4,5 og 5,5 m/s. Det er derfor ikke tilrådelig å ha et eget felt for myke trafikanter uten å lage en skillevegg mot biltrafikken.

## 9 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. (1987) Vålerenga-tunnelen, Oslo. Reviderte beregninger av luftforurensninger ved munningene. Lillestrøm (NILU OR 33/87).
- Larssen, 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).
- Statens vegvesen (2002) Vegtunneler. Oslo (Håndbok 021).

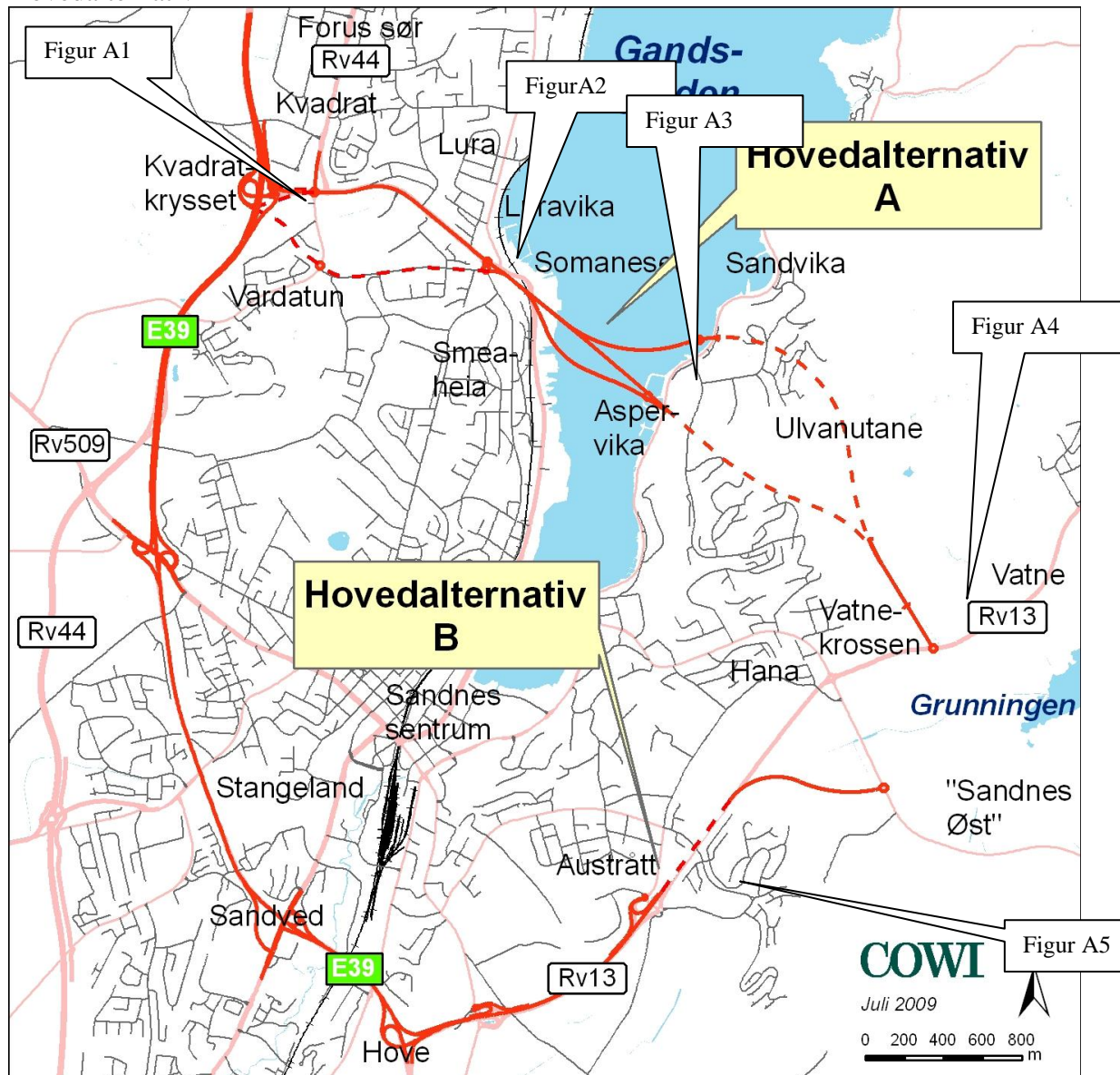


## **Vedlegg A**

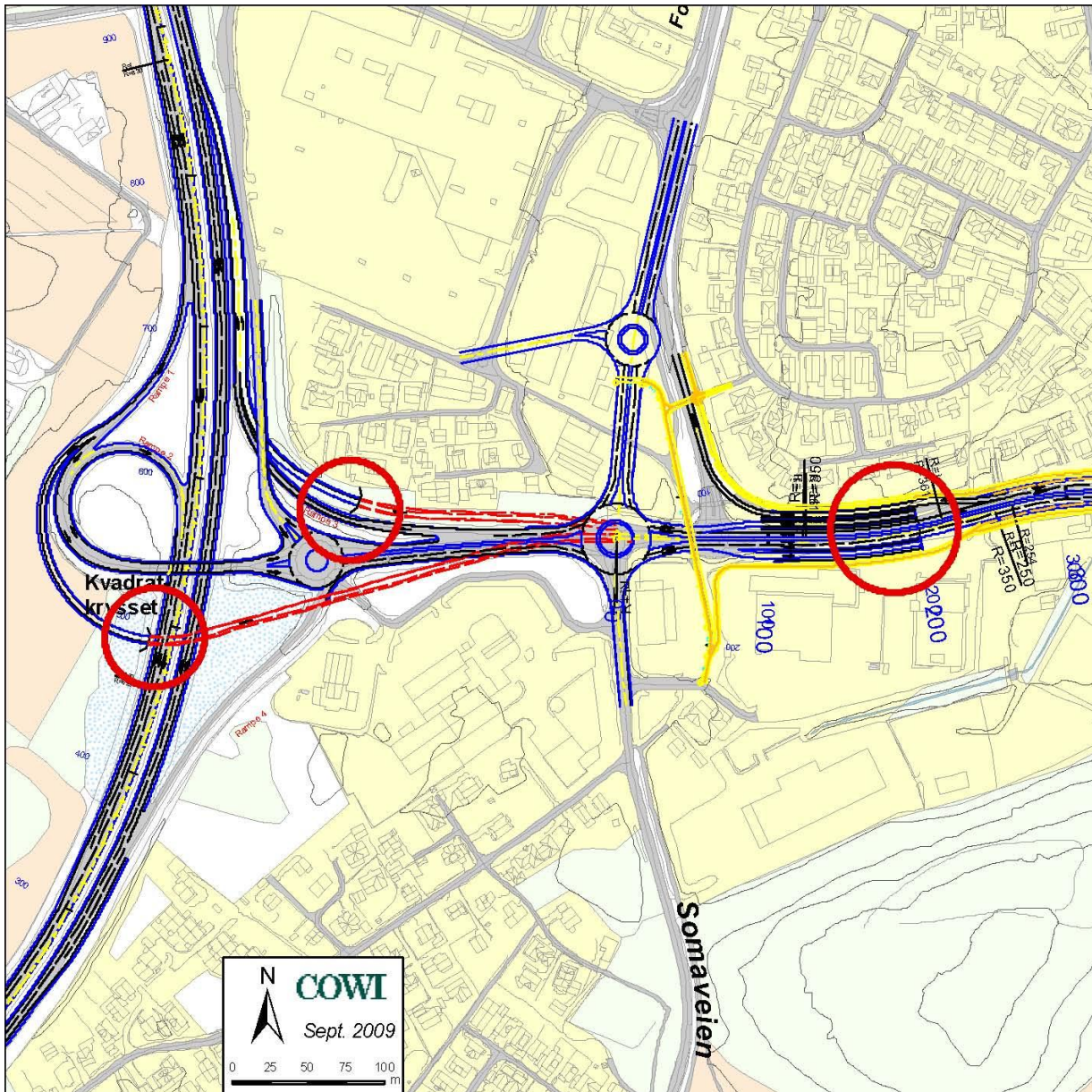
### **Trafikk-tall - inngangsdata**



Hovedalternativ

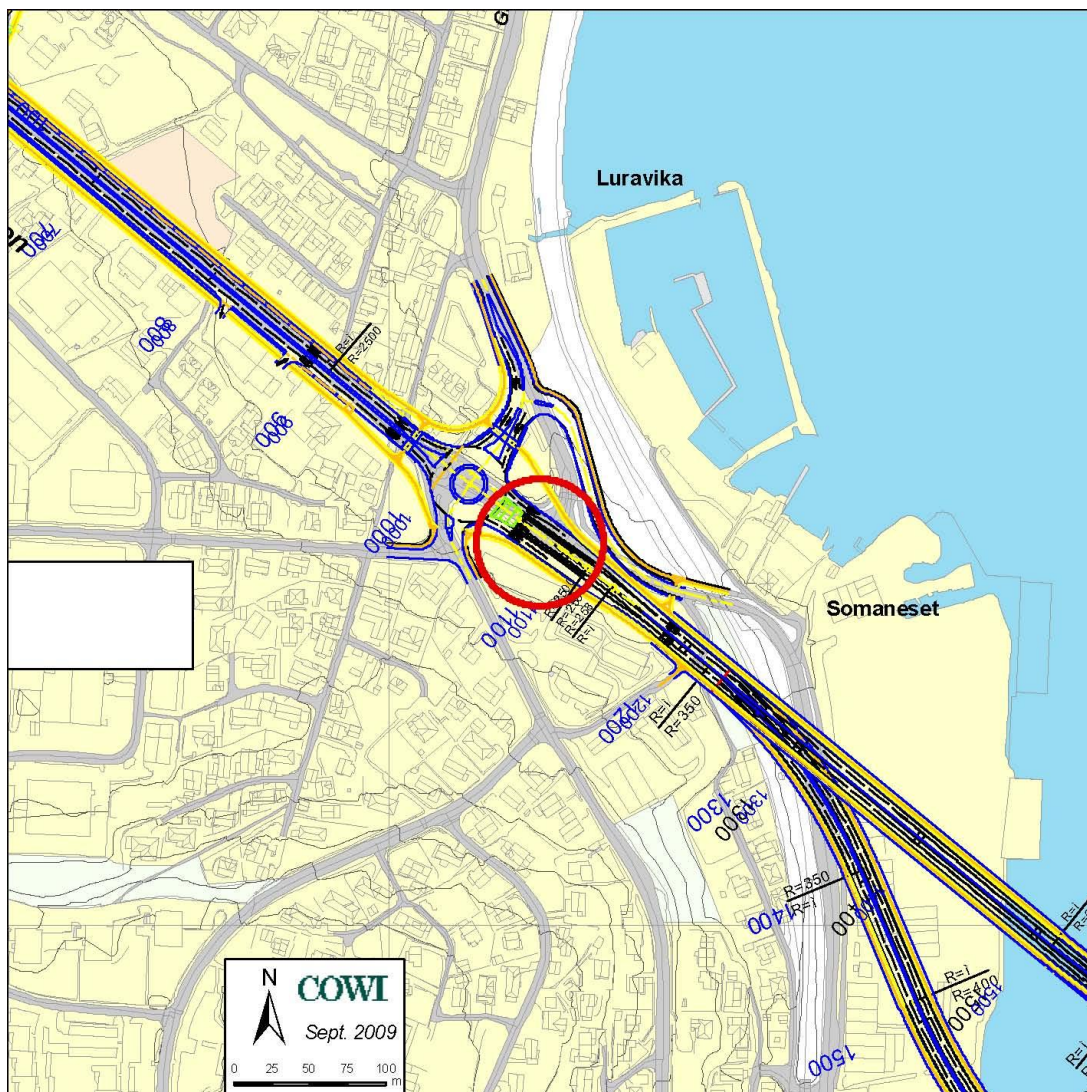


Figur A1





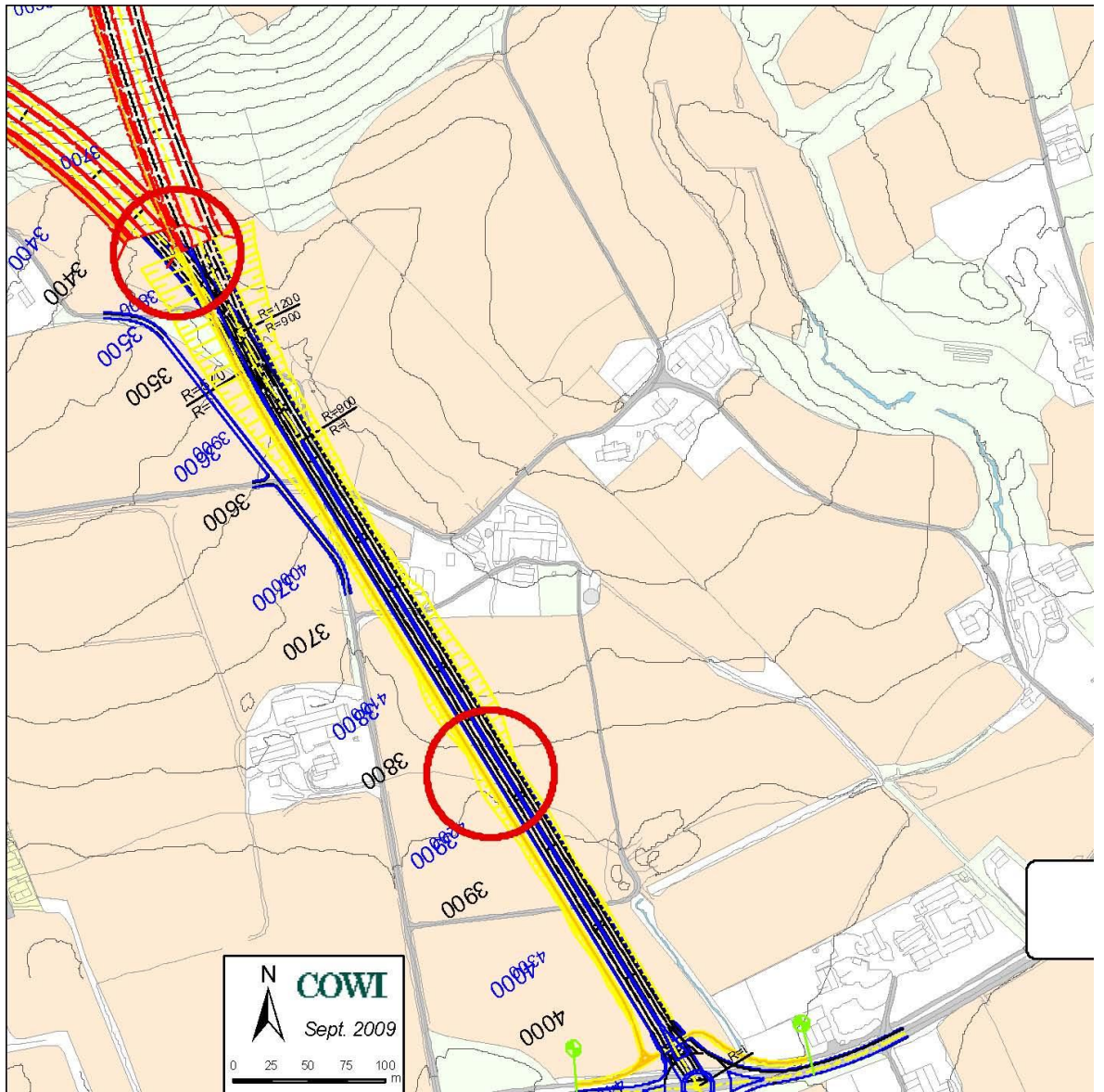
Figur A2



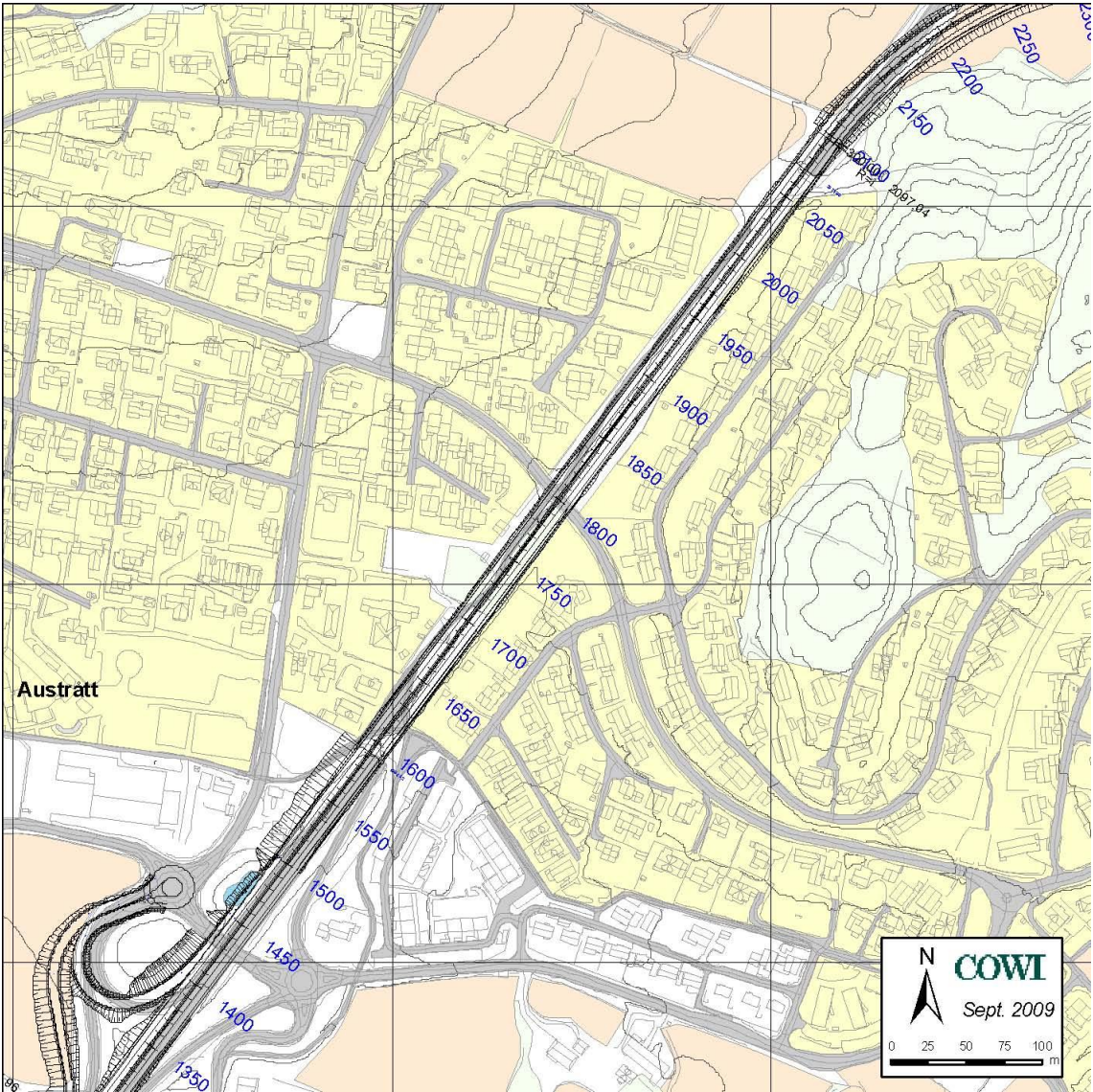
Figur A3



Figur A4



Figur A5

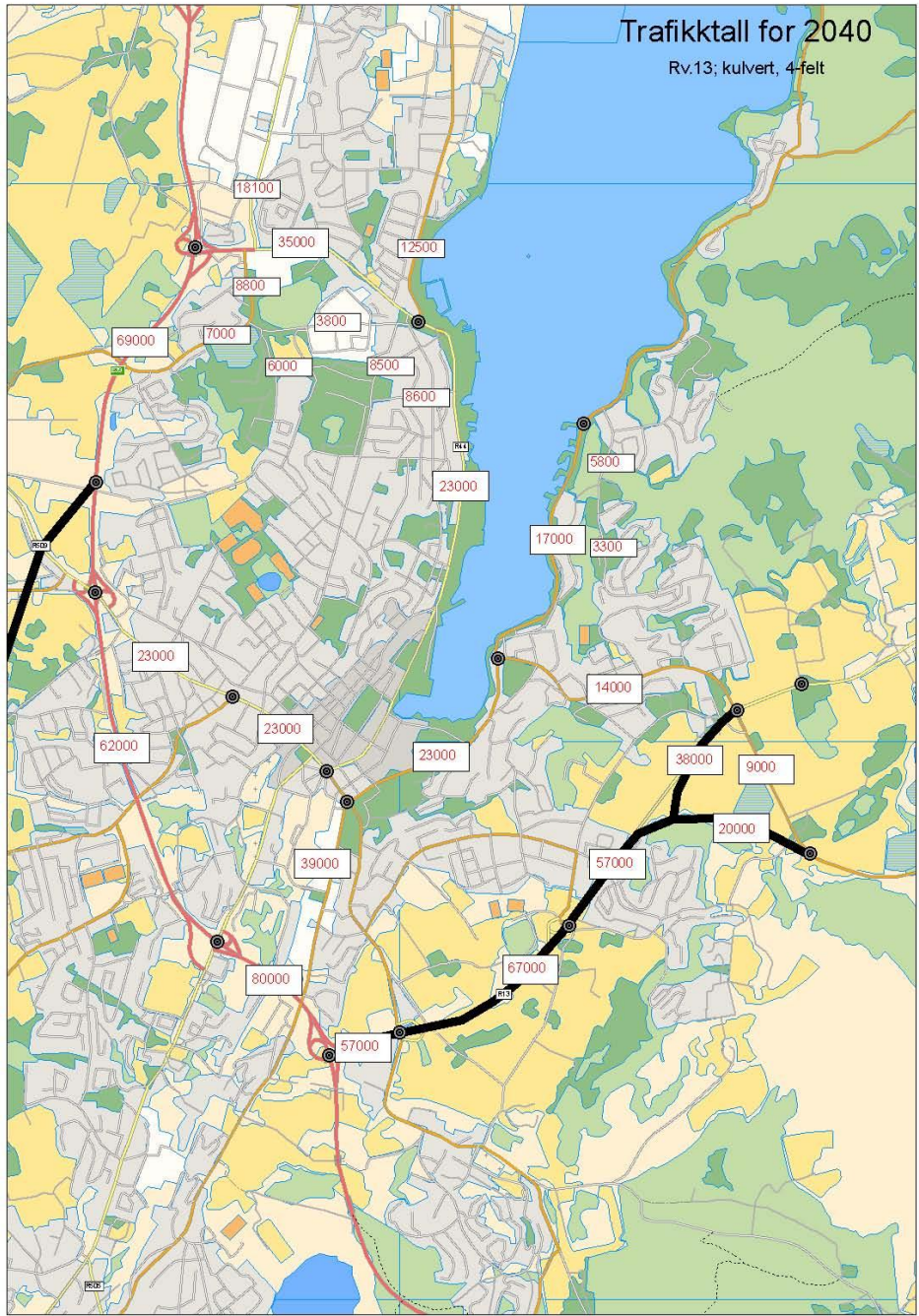


## Trafikktall Alternativ A



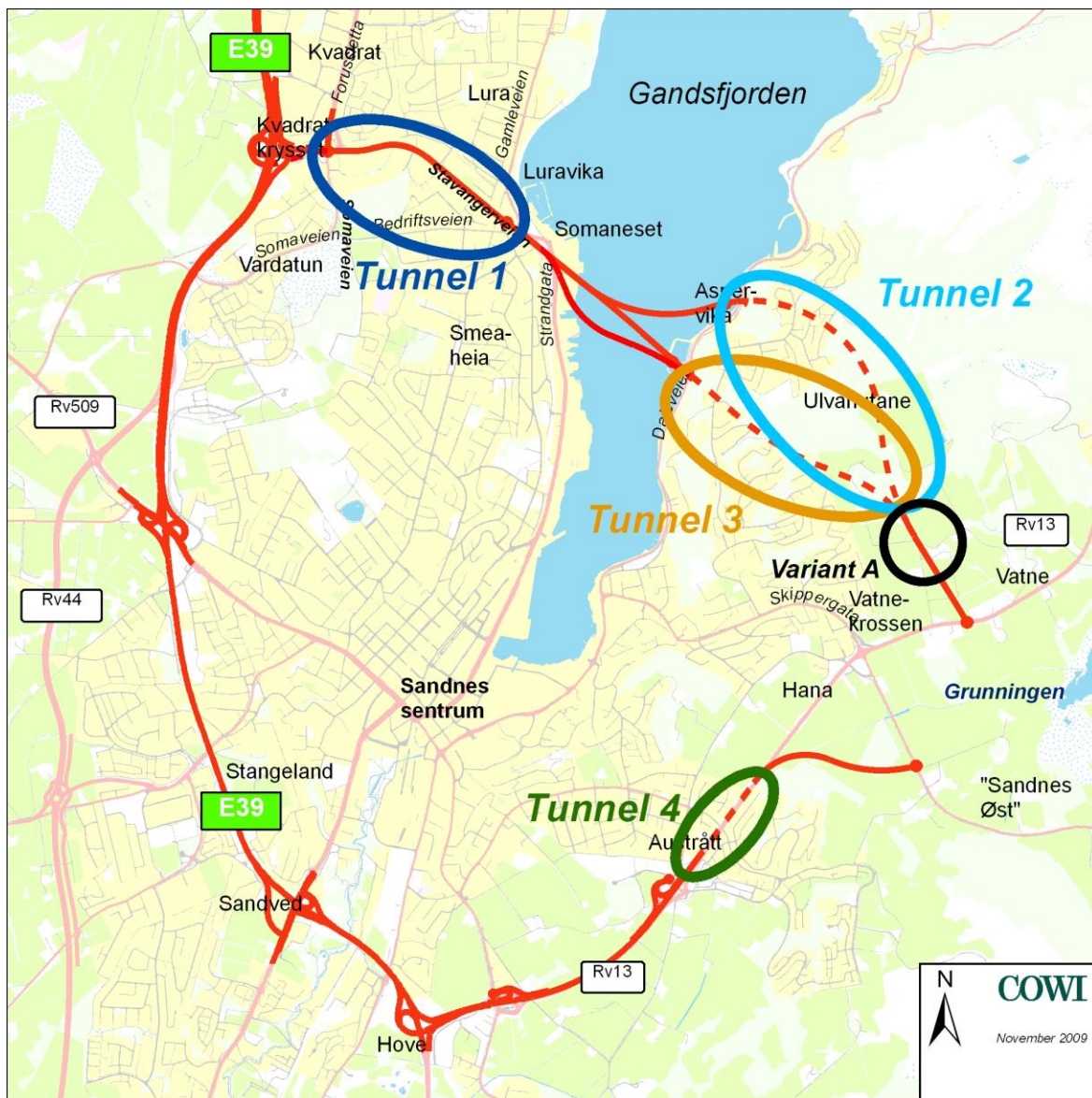
For ettfelts kulvertene ved Kvadratkrysset (figur 2) kan trafikken anslås til 12500 i hvert løp.

Trafikktall Alternativ B



Oversikt over datagrunnlag for tunnelberegninger for Gandsfjordforbindelsen.

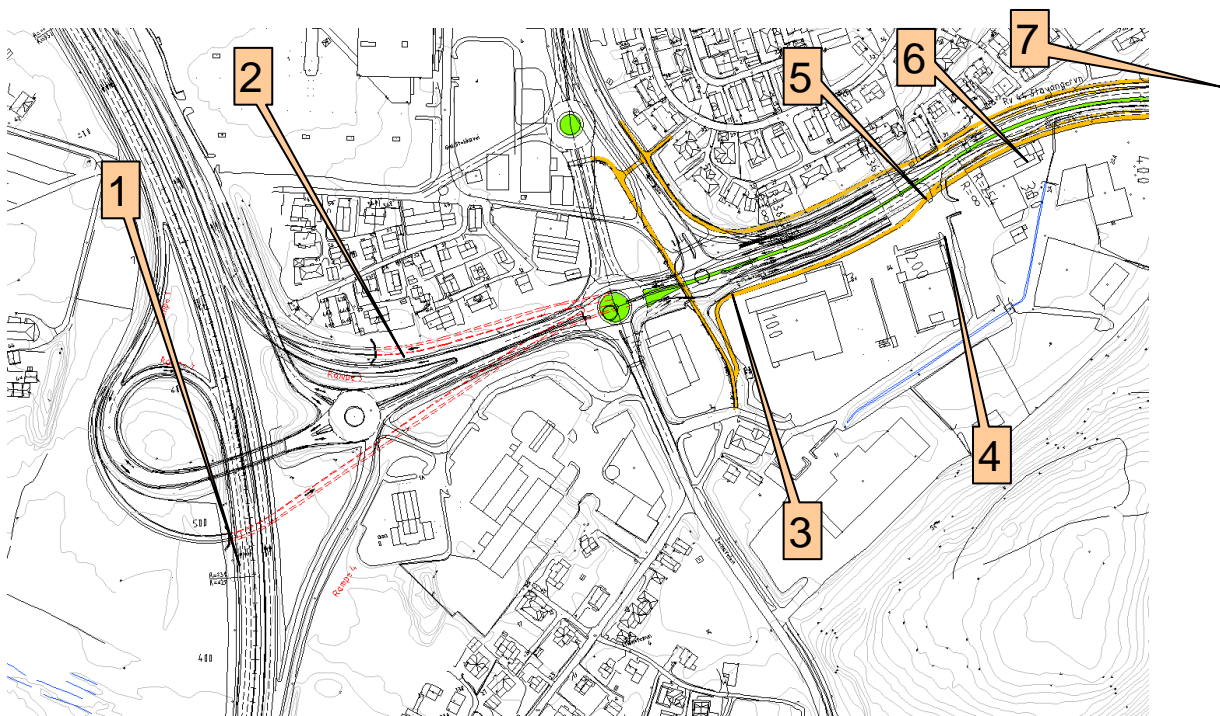
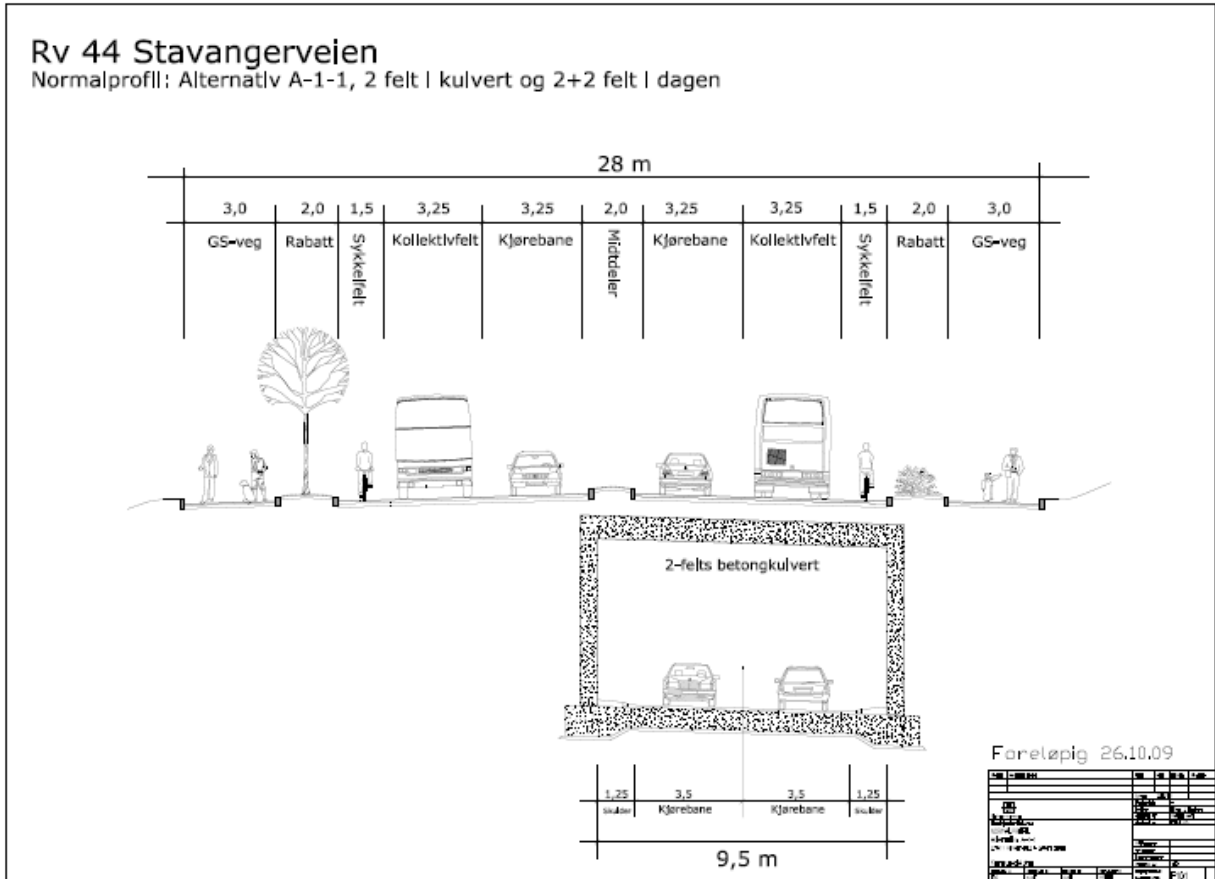
Det er fire tunneler som skal beregnes/vurderes, merket med Tunnel 1 – Tunnel 4 i skissen. Tunnelen 2 og 3 har i tillegg alternativt påhugg ved Vatnekrossen.



Oversikt.

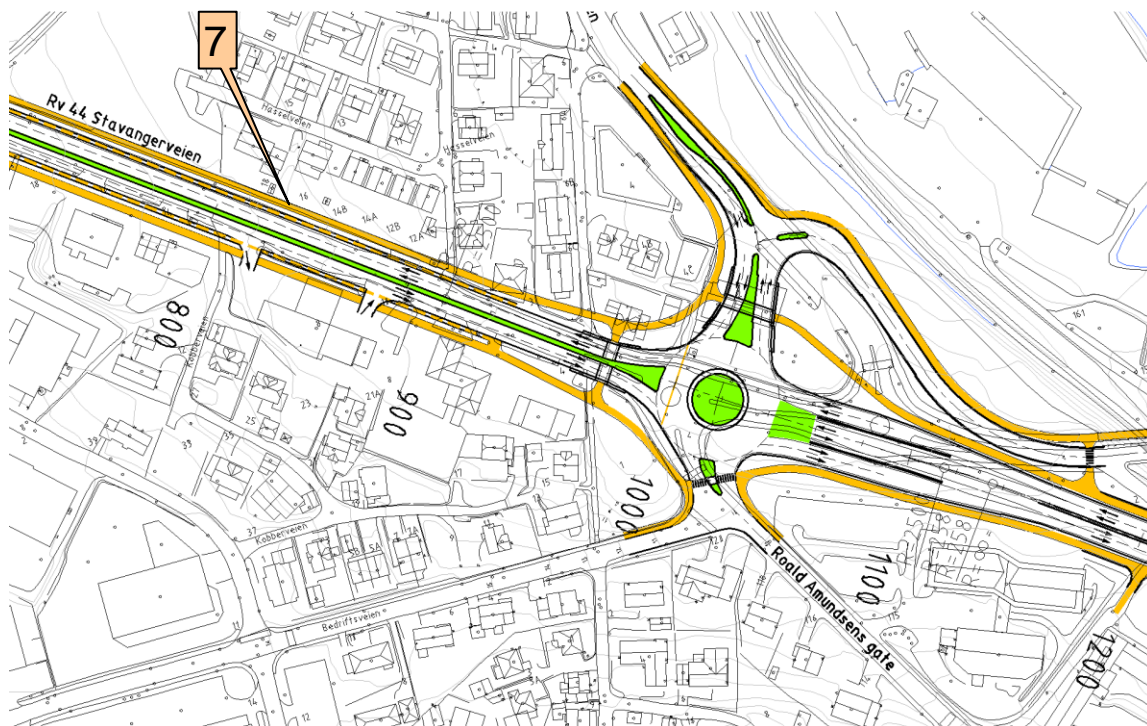
TUNNEL 1

Betongkulvert, varierende fra ett felt til fire felt til to felt. Ingen stigning





Kulvertsystemet går mellom Kvadratkrysset og krysset på Somaneset. Kulverten i Stavangerveien starter ved to en-felts ramper og har deretter varierende tverrsnitt.



ID	Beskrivelse	Lengde	Stigning	Profil munning	for	Retning	Årsdøgn- trafikk	Maks time	Retnings- fordeling	Hastighet makstime	Tung- trafikk- andel
1	Østgående ettfelts	320	≈ 0 ‰ ved portal	7 x 5,7 meter		Envegs inn	7 500	1 000		50	10 %
2	Vestgående ettfelts	175	≈ 0 ‰ ved portal	7 x 5,7 meter		Envegs ut	7 500	1 000		60	10 %
3	Fellesstrekning Tofelts	156	-6,3 – 30 ‰	-		Tovegs	15 000	2 000	60-40	60	10 %
4	Østgående rampe		-50 ‰	5 x 5,7 meter		Envegs inn	5000	750		30	
5	Vestgående rampe		-50 ‰	5 x 5,7 meter		Envegs ut	5000	750		30	
6	Fellesstrekning fire felt	150	-7,5 ‰	-		Tovegs	25 000	2750	60-40	50	10 %
7	Fellesstrekning Tofelts	710	-7,5 ‰, deretter - 29 ‰ til lavbrekk og stigning ved portal 43 ‰	9,5 x 5,7 meter		Tovegs	25 000	2750	60-40	50	10 %

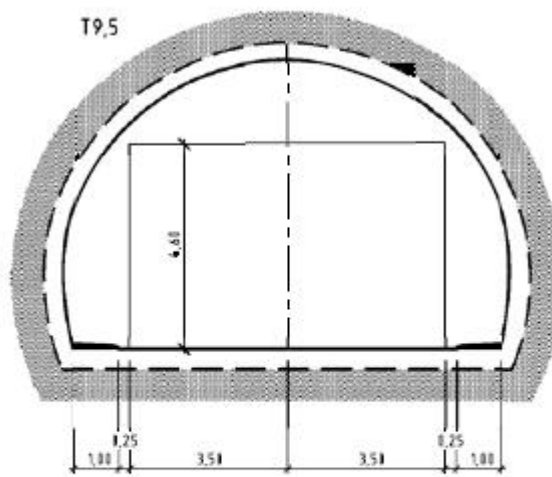
TUNNEL 2-3

Videre mot Vatne er det to tunneltraseer med to forskjellige påhugg mot Vatne



ID	Beskrivelse	Lengde	Stigning	Profil for munning	Retning	Årsdøgn- trafikk	Maks time	Retnings- fordeling	Hastighet makstime	Tungtrafikk- andel
8	Nordre tunnel Aspervika Vestgående løp	1440	1,9 % ved vestre portal	T9,5	Envegs ut	15 000	1750	-	50	10 %
9	Nordre tunnel Aspervika Østgående løp	1440	1,9 % ved vestre portal	T14,5	Envegs inn	15 000	1750	-	60	10 %
10	Nordre tunnel Vatne Vestgående		37 % ved østre portal (høybrekk i portalen)	T9,5	Envegs inn	15 000	1750	-	50	10 %
11	Nordre tunnel Vatne Vestgående		37 % ved østre portal (høybrekk i portalen)	T14,5	Envegs ut	15 000	1750	-	60	10 %
12	Søndre tunnel Aspervika Vestgående løp	1217	3,6 % ved vestre portal	T9,5	Envegs ut	15 000	1750	-	50	10 %
13	Søndre tunnel Aspervika Østgående løp	1217	3,6 % ved vestre portal	T14,5	Envegs inn	15 000	1750	-	60	10 %
14	Søndre tunnel Vatne Vestgående		37 % ved østre portal (høybrekk i portalen)	T9,5	Envegs inn	15 000	1750	-	50	10 %
15	Søndre tunnel Vatne Vestgående		37 % ved østre portal (høybrekk i portalen)	T14,5	Envegs ut	15 000	1750	-	60	10 %

Profilene er definert i henhold til Statens vegvesens håndbok 021.



**Figur 4.7** Tunnelprofil T9,5 (mål i m)

T9,5 skal brukes for tunneler med toveltrafikk i tunnelklasse C og D. T9,5 skal brukes for hvert løp i tunnelklasse E og F.

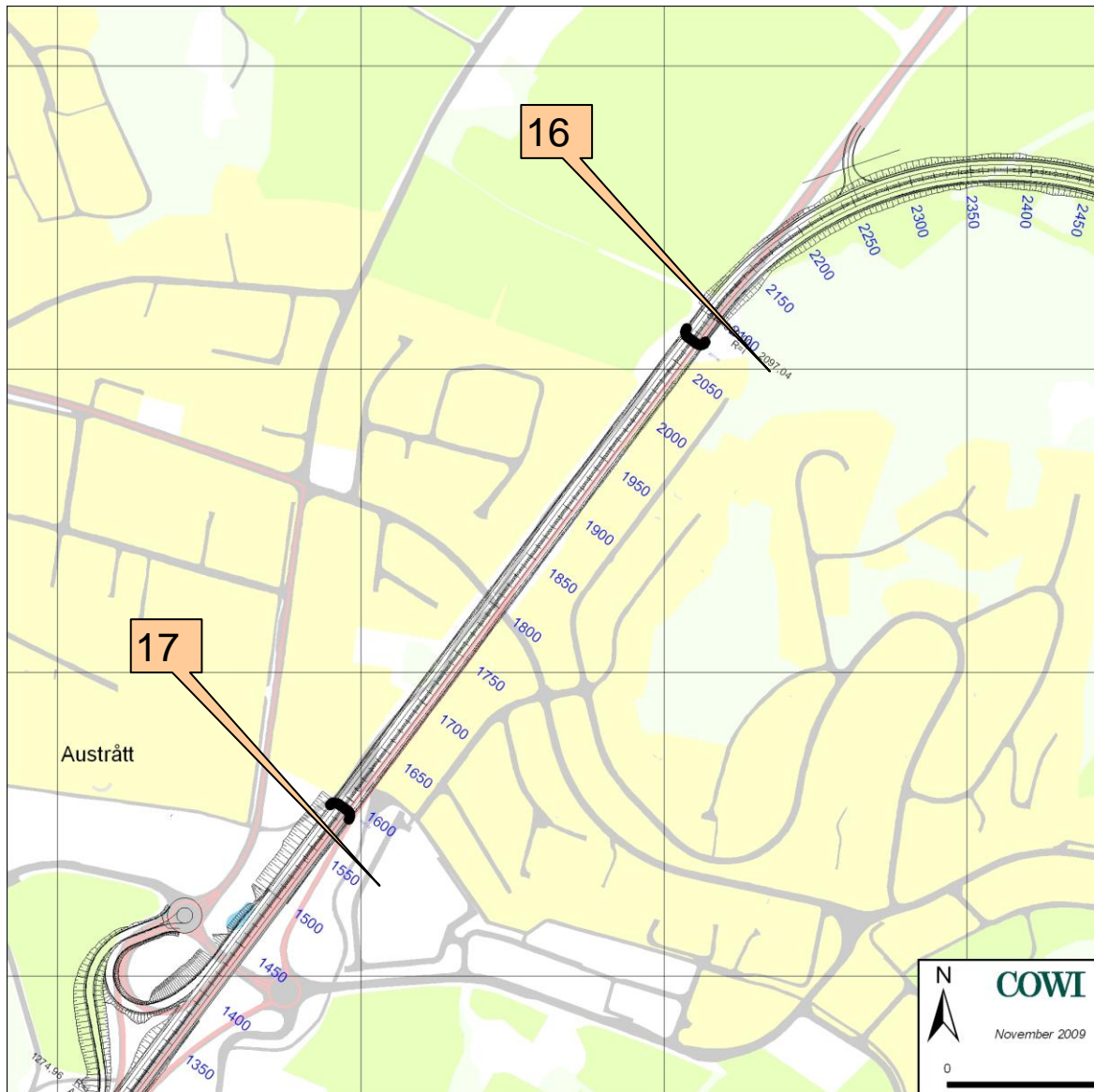
Det østgående tunnellopet er altså utvidet i forhold til håndbok 021 til 14,5 meter. Skal få sendt over et profil for dette så snart som mulig.

Med **lang tunnel**, øker lengden med 390 meter for begge tunnelene.

Stigningen i tunnelen blir endret. De siste cirka 400 meterne opp mot Vatne blir stigningen ca. 5 % mens den fra det vestre påhugget vil være

#### TUNNEL 4

Tunnelen er en ny betongkulvert parallelt med dagens miljøkulvert ved Austrått. Ny kulvert bygges vest for dagens.



ID	Beskrivelse	Lengde	Stigning	Profil for munning	Retning	Årsdøgntrafikk	Maks time	Retningsfordeling	Hastighet makstime	Tungtrafikkandel
16	Nordøstre munning miljøkulvert ny	480	≈ 0	9,5 x 5,7 meter	Envegs inn	28 000	2800	-	60	10 %
17	Nordøstre munning miljøkulvert ny		≈ 0	9,5 x 5,7 meter	Envegs ut	28 000	2800	-	60	10 %

**Vedlegg B**

**Spredningsberegninger for tunneler**



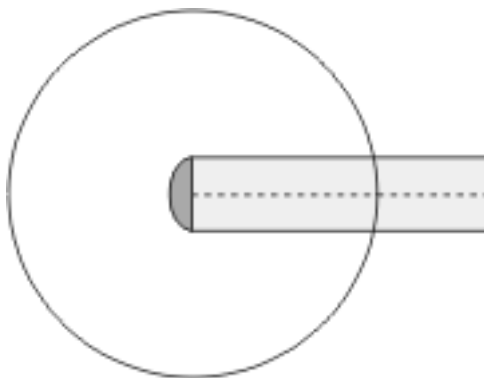
## Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

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.

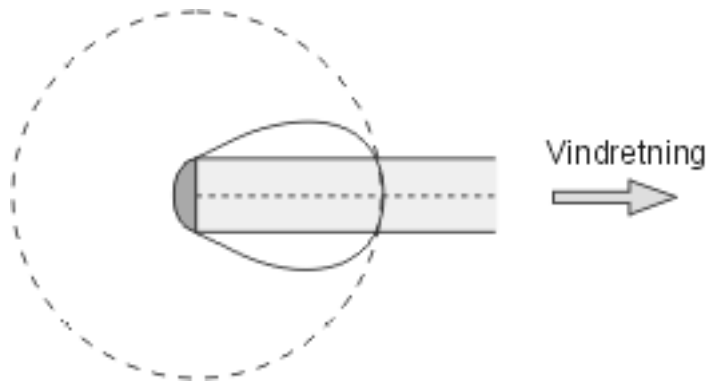
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørtede tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørtede tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet 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.*

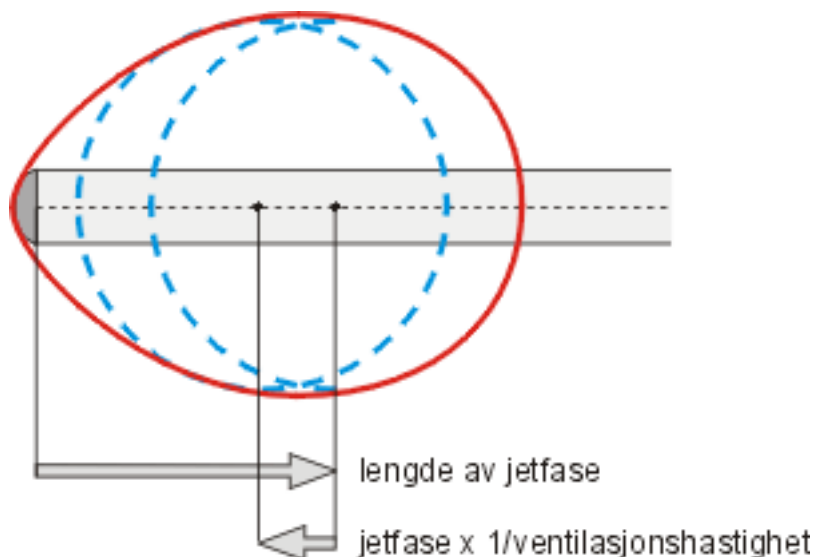
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



*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.

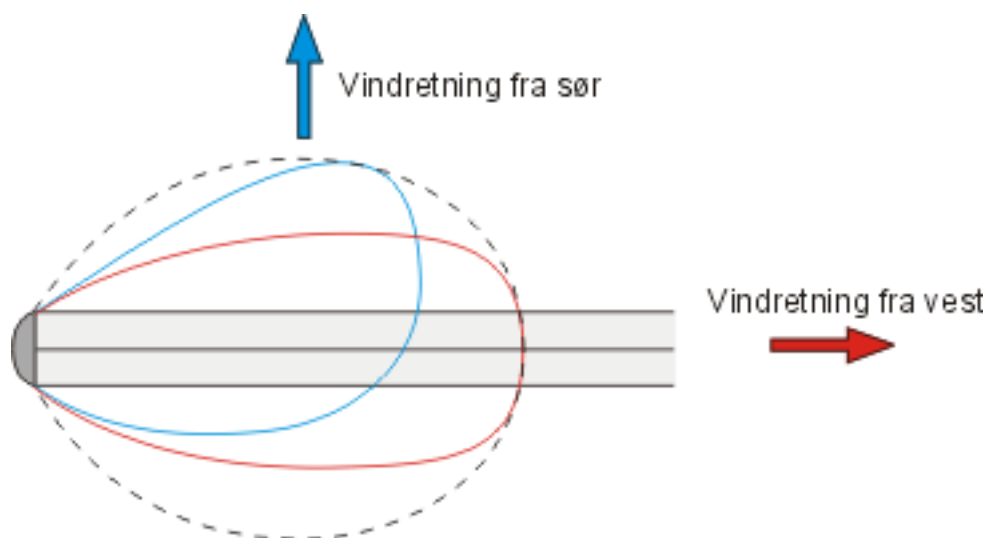
Figur C viser en generell beskrivelse av maksimalutbredelse av luftforurensninger fra en tunnelmunning med jetfase.



*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.*



## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.2 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1113.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	40.1
150.0	52.8
100.0	76.3

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.1 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1125.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	39.8
150.0	52.4
100.0	75.6

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 2.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 661.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	32.2
150.0	44.7
100.0	67.9

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 2.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 646.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	31.4
150.0	43.7
100.0	66.7

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 3.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 441.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 33.9 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	33.3
150.0	46.1
100.0	69.3

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 3.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 431.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 33.9 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	32.4
150.0	45.2
100.0	68.3

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 331.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 57.2 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	38.6
150.0	56.5
100.0	80.4

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 323.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 57.2 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	37.3
150.0	55.3
100.0	79.2

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 82.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 72.9 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	-1.0
100.0	13.0

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 139.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 65.8 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	10.2
100.0	46.2

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 156.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 72.9 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	26.3
100.0	65.7

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 146.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 65.8 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	14.2
100.0	49.2

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 91.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 73.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 95.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	-1.0
100.0	-1.0

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 91.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 126.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 85.5 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	1.1
100.0	52.0

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 91.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 148.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 95.0 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	27.9
100.0	81.0

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 91.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 134.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 85.5 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	9.3
100.0	57.2

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.9 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 54.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 47.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 76.4 m

Avstand som funksjon av gitte timemiddelkonsentrasjoner (inkl. bakgrunn) av NO<sub>2</sub>

Konsentrasjon (ug/m <sup>3</sup> )	Avstand (m)
200.0	-1.0
150.0	-1.0
100.0	-1.0



Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.2 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1500.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 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
70.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
50.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
35.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
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

Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.1 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1500.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 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
70.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
50.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
35.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
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

Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 2.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 862.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 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
70.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
50.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
35.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
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

Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 2.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 892.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 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
70.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
50.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
35.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
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

Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 3.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 575.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 33.9 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
70.0	34.	34.	34.	34.	34.	34.	34.	34.	34.	34.	34.	34.
50.0	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.
35.0	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 3.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 595.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 33.9 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
70.0	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.
50.0	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.	36.
35.0	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.	38.
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

Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 431.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 57.2 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
70.0	52.	52.	52.	52.	52.	52.	52.	52.	52.	52.	52.	52.
50.0	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.
35.0	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.0 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 52.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 446.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 57.2 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
70.0	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.	53.
50.0	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.	55.
35.0	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.
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



## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 158.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 72.9 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
70.0	13.	13.	13.	13.	13.	13.	13.	13.	13.	13.	13.	13.
50.0	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.
35.0	72.	72.	72.	72.	72.	72.	72.	72.	72.	72.	72.	72.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 90.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 65.8 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
70.0	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
50.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
35.0	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.	32.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 232.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 72.9 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
70.0	47.	47.	47.	47.	47.	47.	47.	47.	47.	47.	47.	47.
50.0	71.	71.	71.	71.	71.	71.	71.	71.	71.	71.	71.	71.
35.0	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 139.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 65.8 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
70.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
50.0	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.
35.0	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigeret ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 53.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 139.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.2 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 65.8 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
70.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
50.0	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.	30.
35.0	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.	60.
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	5.0	7.0	7.0

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 91.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 83.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 85.5 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
70.0	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
50.0	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
35.0	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 91.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 202.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 95.0 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
70.0	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.
50.0	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.
35.0	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.
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

## Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.6 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 91.5 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 133.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 7.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 85.5 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
70.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
50.0	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.	35.
35.0	75.	75.	75.	75.	75.	75.	75.	75.	75.	75.	75.	75.
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



Program TUNALL

Vindhastighet ..... : 1.0 m/s  
 Vindhastighet korrigert ..... : 0.4 m/s  
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.9 m/s  
 Areal av tunnelåpningen ..... : 54.2 m<sup>2</sup>  
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 59.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 5.5 m  
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m<sup>3</sup>  
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 76.4 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
70.0	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.
50.0	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
35.0	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.
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



RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 49/2009	ISBN: 978-82-425-2157-6 (trykt) 978-82-425-2158-3 (elektronisk) ISSN: 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 61	PRIS NOK 150,-
TITTEL RV13/E39, Gandsfjordforbindelsen i Sandnes Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-109130	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Kjetil Nerland	
OPPDRAGSGIVER COWI AS Grenseveien 88 Postboks 6418 Etterstad 0605 OSLO			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Spredningsberegninger for ulike tunnelalternativer langs RV13/E39, Gandsfjordforbindelsen. Det er beregnet maksimale konsentrasjoner av PM <sub>10</sub> og NO <sub>x</sub> i tunnelene, og minste tilstrekkelige ventilasjonshastigheter i tunnelene for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelene ved ugunstige trafikkforhold (rushtrafikk morgen/ettermiddag). Konsentrasjonsreduksjon som funksjon av avstand fra tunnelmunninger er vist i tabell, og konsentrasjonene er sammenlignet med Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet.			
TITLE Air pollution from planned tunnels at RV13/E39, The Gandsfjord			
ABSTRACT Dispersion calculations regarding several tunnel alternatives along RV13/E39, the Gandsfjord connection. Maximum concentrations and dispersion distances have been calculated.			

\* Kategorier

A	Åpen – kan bestilles fra NILU
B	Begrenset distribusjon
C	Kan ikke utleveres

REFERANSE: O-109130  
DATO: JANUAR 2010  
ISBN: 978-82-425-2157-6 (trykt)  
978-82-425-2158-3 (elektronisk)

NILU er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.