

Tromsøsundtunnelen

Vurdering av luftforurensning fra
tunnelmunninger og lufttetårn

Ivar Haugsbakk og Dag Tønnesen



Tromsø Sundtunnelen

Vurdering av luftforurensning fra
tunnelmunninger og luftetårn

Ivar Haugsbakk og Dag Tønnesen

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Metoder og forutsetninger	5
3 Tunnel- og trafikkdata	6
4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet	8
5 Utslipp	8
6 Resultater fra spredningsberegningene	9
6.1 Tunneler	9
6.2 Ventilasjonstårn.....	11
7 Framtidig utvikling	15
8 Konklusjon	15
9 Referanser	16
Vedlegg A Trafikktall - inngangsdata	17
Vedlegg B Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen	39
Vedlegg C Spredningsberegninger for tunnelen	43

Sammendrag

NILU-Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Statens vegvesen Region nord utført beregninger av luftforurensning fra tunnelmunninger og luftetårn for Trømsøstunnelen. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x), svevestøv (PM_{10}) og karbonmonoksid (CO) i tunnelen, 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_{10}), nitrogendioksid (NO_2) og karbonmonoksid (CO) og sammenlignet med grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

Konklusjon

For normal trafikkavvikling og kjørehastighet lik skiltet hastighet (80 km/t) viser beregningene at grenseverdien for svevestøv vil kunne overskrides opptil 75 m fra tunnelmunning T2 og 67 m for T1. For NO_2 vil det kunne bli overskridelser av grenseverdi opptil 70 m fra tunnelmunning T1 og 58 m for T2.

Vurdert fra utbredelsen i døgn med dårlige spredningsforhold, vil årsmiddelverdien av $PM_{2,5}$ være under grenseverdien utenfor "jetfasen" ut av tunnelmunningen; det vil si at overskridelse kun vil forekomme på veibanen.

Ved endret kjørehastighet og eventuell køkjøring som følge av trafikale problemer vil disse forholdene endres, og det er påkrevd med vifter som kan sikre nødvendig ventilasjon i tunnelene for å hindre overskridelser av grenseverdier for tunnelluft.

Spredningsberegninger for ventilasjonstårn på Tomasjordnes og Breivika viser at med eksisterende boliger i disse områdene kan ventilasjonstårn på Tomasjordnes ikke brukes på grunn av svært høye forurensningskonsentrasjoner ved nærliggende boligblokk. Ventilasjonstårn i Breivika kan brukes.

Dersom sørsiden av vegkanten ved munningen på Tomasjordnes bygges opp med støttemur/fylling på ca. 3 m høyde fram mot rundkjøringen, vil dette bidra til å begrense spredning av forurensning fra munningen mot den nærmeste bygningen.

Dersom en skal benytte ventilasjonstårn på Tomasjordnes må ventilasjonstårnet forlenges med anslagsvis 15 m, slik at det er minst 10 m høyere enn taknivået på den nærmeste bygningen.

Vedrørende utslipp gjennom tunnelmunning på Tomasjordnes, viser overslag basert på de utførte beregningene at dersom bakgrunnskonsentrasjonen ikke endres, kan trafikken øke med 45% før konsentrasjonen ved nærmeste bygninger blir høyere enn $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$.

Tromsøsdundtunnelen

Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunnings og luftetårn

1 Innledning

NILU-Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Statens vegvesen Region nord utført beregninger av luftforurensning fra tunnelmunnings og luftetårn for Tromsøsdundtunnelen. 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 ($PM_{2,5}$ og PM_{10}) og nitrogendioksid (NO_2) og karbonmonoksid (CO). 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.
5. Utslipp og spredning av $PM_{2,5}$ er beregnet i etterkant på bakgrunn av PM_{10} -utslipp og med tilsvarende spredning som de øvrige komponentene.

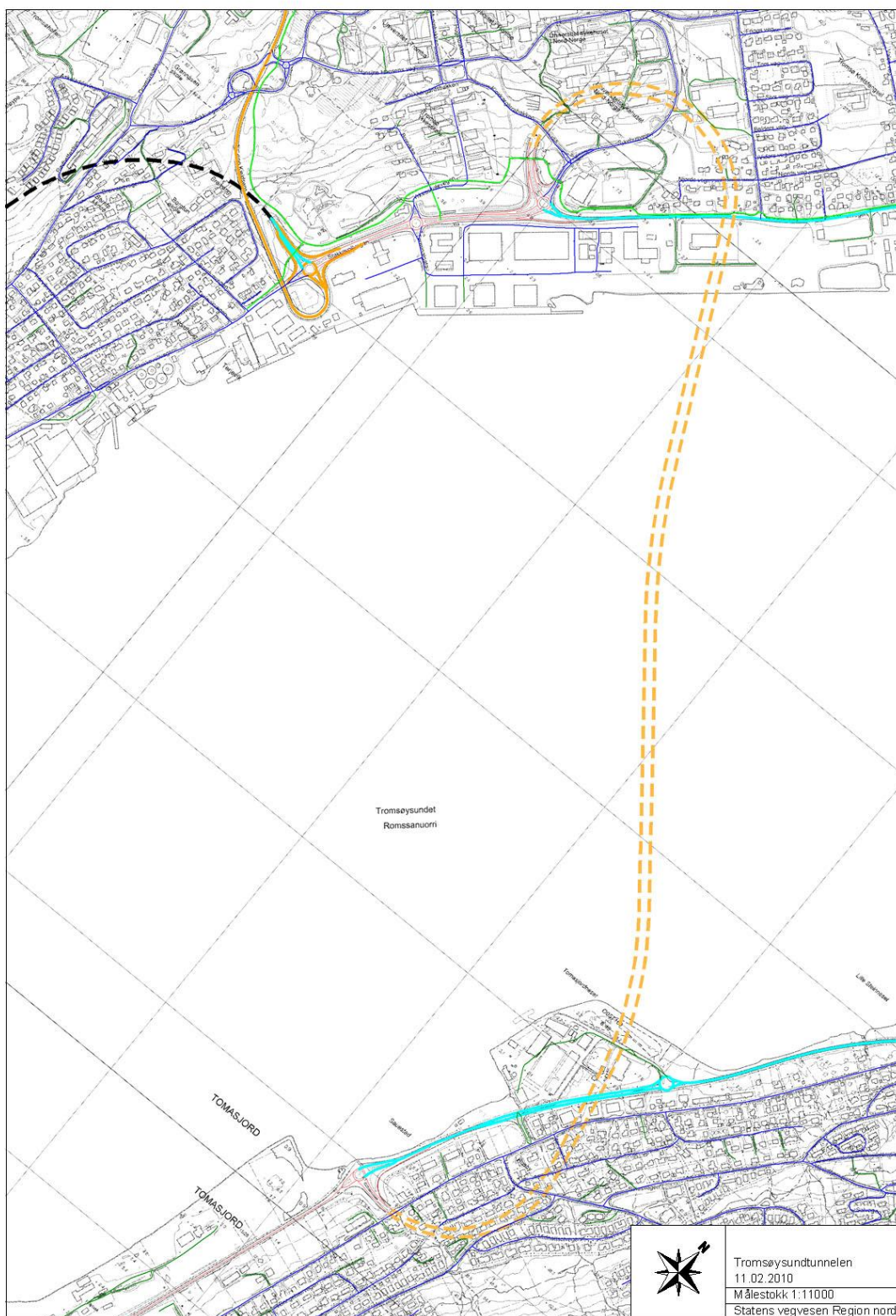
I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det antas videre at tilnærmedesvis alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2010. For tunge dieselbiler ble strengere avgasskrav innført i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette 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

Tunneltrasé er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri og sammensetning er gitt av Statens vegvesen Region nord. Beregningene er utført med hensyn på morgenrush/ettermiddagsrush for 2023. Beregningene har tatt utgangspunkt i trafikk tall gjengitt i vedlegg og med årlig trafikkvekst oppgitt av oppdragsgiver til:

T.o.m. 2010:	1,3%
T.o.m. 2015	1,1%
T.o.m. 2020:	0,85%
T.o.m. 2025:	0,63%
T.o.m. 2030:	0,45%

Med separate løp for de to kjøreretningene vil pumpevirkingen fra trafikken ved normal trafikkavvikling med god margin være tilstrekkelig til nødvendig ventilering av tunnelen. Ved kødannelser vil vifteanlegg være nødvendig for tilstrekkelig ventilasjon i tunnelen. Se også Vedlegg A, trafikk tall.



Figur 1: Tunneltrasé, Tromsø sundtunnelen.

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 ₂	µg/m ³	Time	200 (18)	150 (8)
	µg/m ³	År	40	
PM ₁₀	µg/m ³	Døgn	50 (35)	50 (7)
	µg/m ³	År	40	
PM _{2,5}	µg/m ³	År	20	
CO	µg/m ³	8 TIMER	10	-

- 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 NO₂ og PM₁₀, som vist i Tabell 1. Grenseverdien for PM_{2,5} er gitt kun som årsmiddel.

5 Utslipp

Utslipp av PM₁₀ og NO_x er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med følgende inngangsdata:

1. Trafikktall.
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel (4-4,5%).
4. Kaldstartandel (70%).
5. Piggdekkandel (87%).
6. Utslipp av PM_{2,5} er beregnet på bakgrunn av PM₁₀-utslippet.

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2. NO₂-, PM₁₀- og CO-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 pumpevirking fra trafikken medføre en ventilasjonshastighet som er mer enn tilstrekkelig for å ventilere tunnelen. Luftstrømmen inne i tunnelen og i umiddelbar nærhet av munningen vil være tilnærmet upåvirket av vindretninger og vindstyrker i friluft.

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

Tunnelmunning	Ventilasjons- hastighet** (m/s)	Munningskonsentrasjoner*			
		PM _{2,5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)
T2					
70 km/t	3,62	260	930	560	1400
80 km/t	4,14	237	1080	490	1225
90 km/t	4,66	200	1115	431	1078
T1					
70 km/t	3,89	282	1007	668	1670
80 km/t	4,45	242	1102	585	1463
90 km/t	5,00	217	1203	520	1300

*Utslipet av NO₂ og CO avtar med høyere hastighet. For PM_{2,5} og PM₁₀ er det omvendt.

**Pumpevirking/stempeleffekt fra trafikken

En lavere dieselandel vil gi mindre utslipp av NO_x. Vanligvis vil det være NO_x-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.

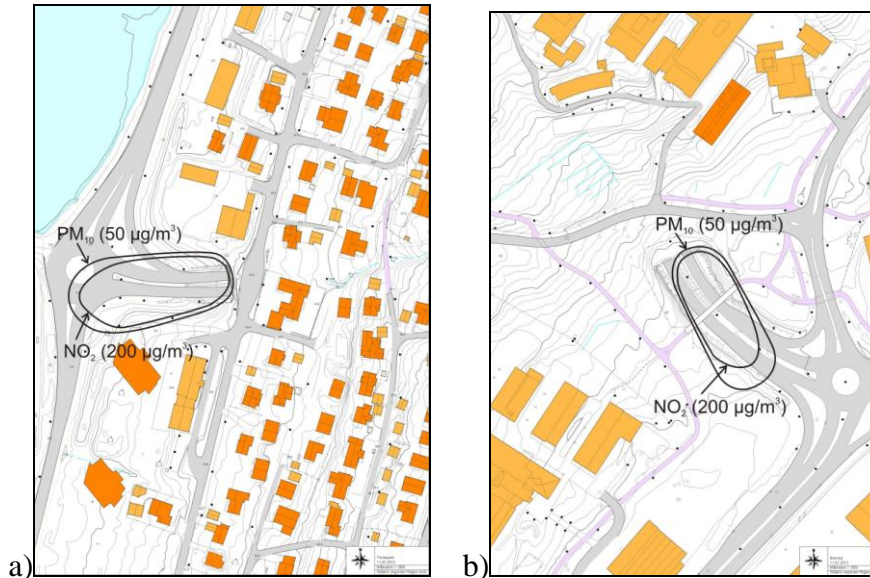
6 Resultater fra spredningsberegningene

6.1 Tunneler

NO₂- og PM₁₀-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.

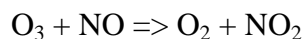
Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av PM₁₀ og NO₂ er redusert til et nivå lik grenseverdier og Nasjonalt mål for uteluft/grenseverdier. CO-konsentrasjonen er allerede i tunnelmunningene lavere enn grenseverdien.

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 $30 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ som timemiddel og $15 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ som døgnmiddel.



*Figur 2: Maksimal utbredelse av svevestøv (PM_{10}) og nitrogendioksid (NO_2) fra tunnelmunninger. Iso-konsentrasjonskurven viser maksimal utbredelse av hhv. $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ og $200 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ som timemiddel.
a) Tomasjordnes, b) Breivika.*

Det er også 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 NO_2 -bidrag fra andre kilder blir dermed $90 \text{ g NO}_2/\text{m}^3$. Dette forutsetter imidlertid at det er nok O_3 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 3.

Maksimalkonsentrasjonene forekommer ved stor trafikk (i rushtiden) og ved dårlige spredningsforhold, det vil si for svak vindstyrke. Ved sterkere vind blir spredningen bedre, og området med høye konsentrasjoner mindre.

Når tungtrafikkandelen er mindre enn 4-4,5% fører det til et mindre område med NO_2 -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

eksoslukt kunne merkes på større avstander enn der NO_2 -konsentrasjonen er $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 2 viser maksimal utbredelse av forurensning av PM_{10} som døgnmiddel for tunnelmunningen.

Tabell 3: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunning for at konsentrasjoner av PM_{10} og NO_2 er redusert til gitte nivåer. Verdier for $\text{PM}_{2,5}$ gjelder døgnmiddel.

Tunnel	Lengde av jefase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på luftkvalitetsnivå (m)					
		$\text{PM}_{2,5}$ (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
T2	70 km/t	45,9	83	53	97	68	54
	80 km/t	54,4	87	67	102	73	58
	90 km/t	60,2	90	79	104	76	61
T1	70 km/t	50,5	99	61	116	83	66
	80 km/t	58,2	103	75	120	87	70
	90 km/t	63,1	105	88	122	89	73

Vurdert fra utbredelsen i døgn med dårlige spredningsforhold, vil årsmiddelverdien av $\text{PM}_{2,5}$ være under grenseverdien utenfor "jefasen" ut av tunnelmunningen; det vil si at overskridelse kun vil forekomme på veibanen.

Dersom sørsiden av vegkanten ved munningen på Thomasjordnes bygges opp med støttemur/fylling på ca. 3 m høyde fram mot rundkjøringen, vil dette bidra til å begrense spredning av forurensning fra munningen mot den nærmeste bygningen.

6.2 Ventilasjonstårn

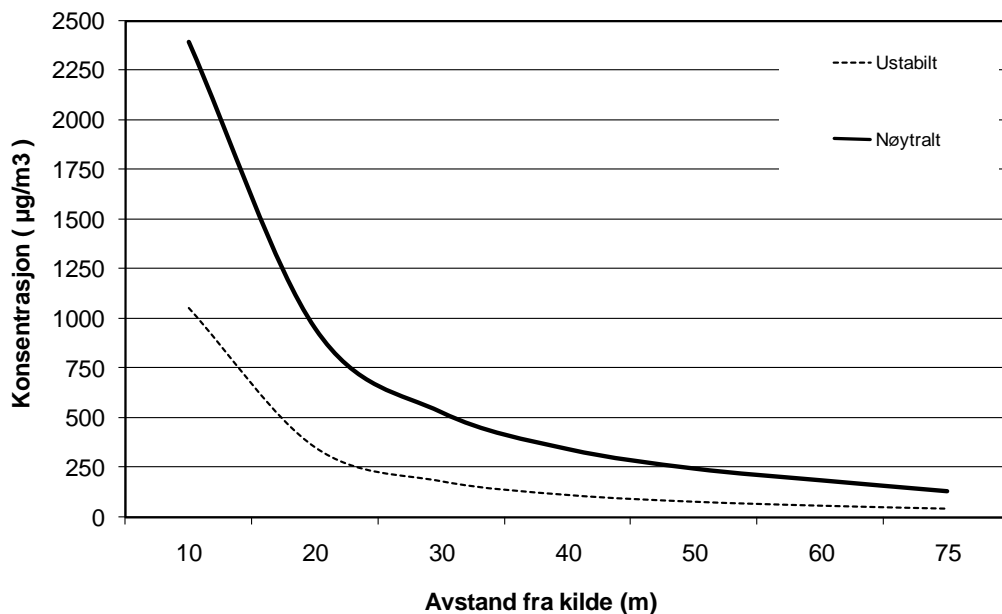
I forbindelse med tunnelen er det bygget 2 ventilasjonstårn som kan betjene hvert av de to tunnellopene. Ventilasjonstårnet i Breivika er 7,5 m høyt, med kotehøyde 26,49 m i bakkenivå og kotehøyde 34,99 m i toppen av tårnet. Ventilasjonstårnet på Tomasjordnes er 10 m høyt, med kotehøyde 5,6 m i bakkenivå og 15,6 m i toppen av tårnet. Disse ventilasjonstårnene er ikke i drift, men oppdragsgiver ønsker å belyse den forurensningsmessige konsekvensen ved å ta disse ventilasjonstårnene i bruk. i Breivika er det i dag relativt god avstand mellom ventilasjonstårn og boliger – ca. 200 m. På Tomasjordnes er det oppført boligblokker på 5 etasjer kloss opp til ventilasjonstårnet, der avstanden synes å være ca. 10-15 m. Her vil det garantert gi et lukt- og luftforurensningsproblem dersom ventilasjonstårnet tas i bruk. Figur 3 viser ventilasjonstårn og boligenheter på Tomasjordnes. Figur 4 viser spredningsberegninger fra ventilasjonstårn. I beregningene for ventilasjonstårn har vi brukt de samme trafikkdata som ved rushtrafikk, som ble benyttet ved tunnelberegningene.



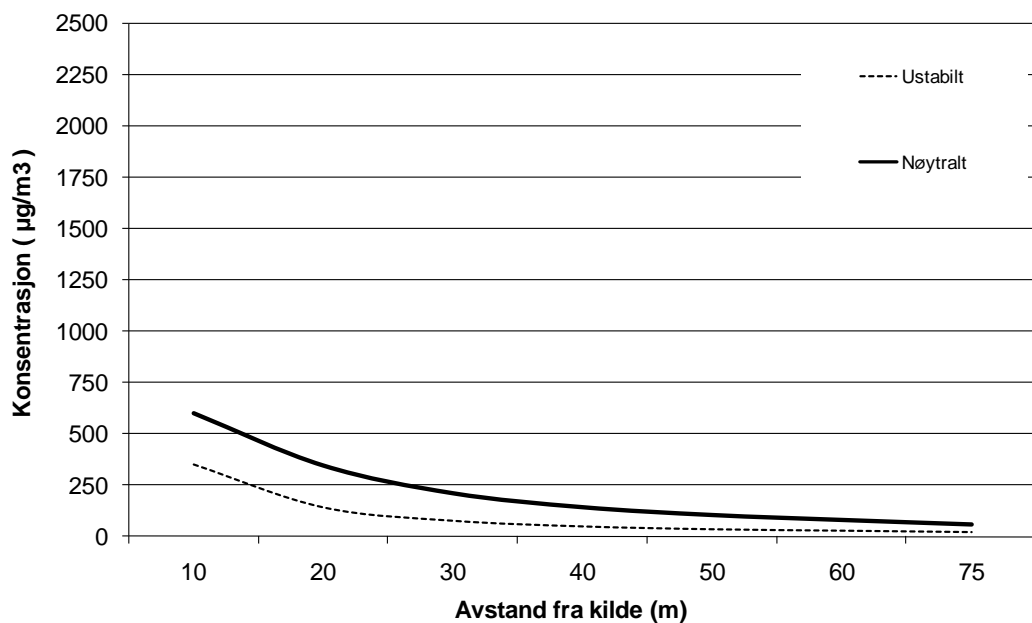
Figur 3: Ventilasjonstårn på Tomasjordnes.

Beregningene viser at ventilasjonstårn i Breivika kan brukes uten at det medfører konsekvenser for eksisterende boliger i nærheten (større avstander enn 75 m). På Tomasjordnes kan ventilasjonstårn ikke brukes, siden det er oppført boligblokker i avstand 10-15 m fra ventilasjonstårn. Figur 4 viser resultater av spredningsberegninger fra ventilasjonstårn. Dersom en skal benytte ventilasjonstårn på Tomasjordnes må ventilasjonstårnet forlenges med anslagsvis 15 m, slik at det er minst 10 m høyere enn taknivået på den nærmeste bygningen.

a) Tomasjordnes

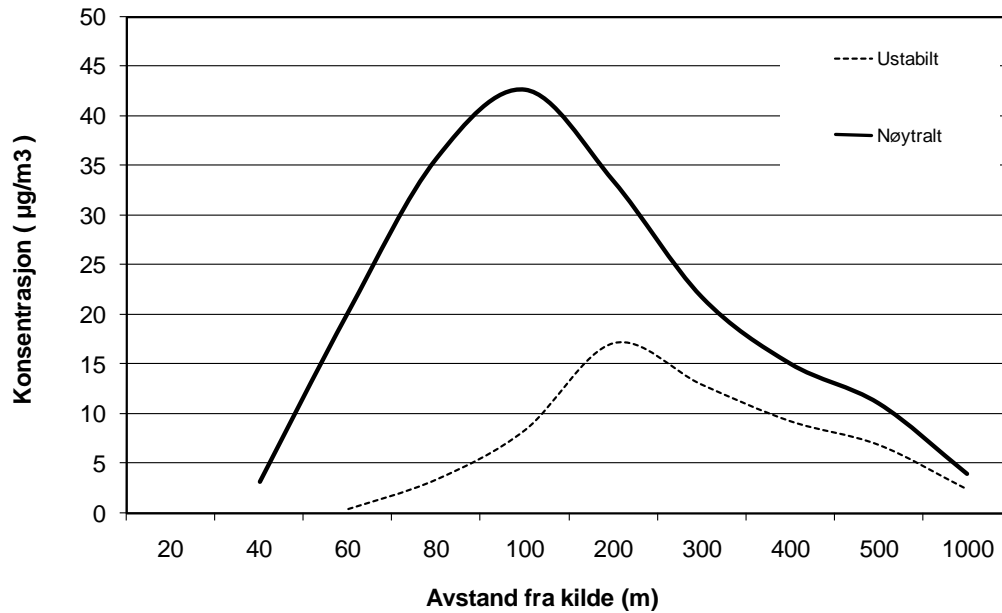


b) Breivika

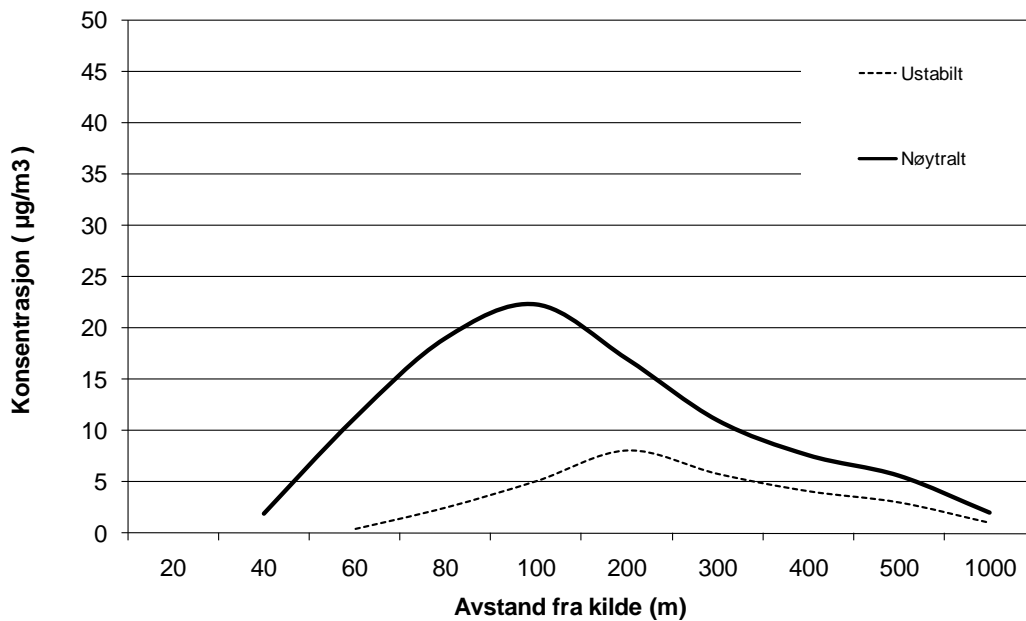


Figur 4: Figurene viser spredningsberegninger fra ventilasjonstårn hhv. Tomasjordnes (a) og Breivika (b). Figuren viser konsentrasjonen av NO_2 som funksjon av avstand fra ventilasjonstårn i høyde 14 m over bakken.

a) Tomasjordnes



b) Breivika



Figur 5: Figurene viser spredningsberegninger fra ventilasjonstårn hhv. Tomasjordnes (a) og Breivika (b). Figuren viser konsentrasjonen av NO₂ som funksjon av avstand fra ventilasjonstårn, med konsentrasjoner i bakkenivå.

Kurvene viser spredning ved hhv. ustabile og nøytrale atmosfæriske stabilitetsforhold.

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 NO₂)-utslipp fra slike biler. Med halvert NO_x-utslipp fra de nye bilene, og en utskiftingstakt på 10% pr. år, vil dette motvirke en trafikkøkning på anslagsvis 2-3% pr. år.

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.

Vedrørende utslipp gjennom tunnelmunning på Tomasjordnes, viser overslag basert på de utførte beregningene at dersom bakgrunnskonsentrasjonen ikke endres, kan trafikken øke med 45% før konsentrasjonen ved nærmeste bygninger blir høyere enn 50 µg/m³ PM₁₀.

8 Konklusjon

For normal trafikkavvikling og kjørehastighet lik skiltet hastighet (80 km/t) viser beregningene at grenseverdien for svevestøv vil kunne overskrides opptil 75 m fra tunnelmunning T2 og 67 m for T1. For NO₂ vil det kunne bli overskridelser av grenseverdi opptil 70 m fra tunnelmunning T1 og 58 m for T2.

Ved endret kjørehastighet og eventuell køkjøring som følge av trafikale problemer vil disse forholdene endres, og det er påkrevd med vifter som kan sikre nødvendig ventilasjon i tunnelene for å hindre overskridelser av grenseverdier for tunnelluft.

Tabell 4: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner av PM_{10} og NO_2 er redusert til gitte nivåer. Verdier for $PM_{2,5}$ gjelder døgnmiddel.

Tunnel	Lengde av jefase (m)	Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på luftkvalitetsnivå (m)					
		$PM_{2,5}$ (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
T2	70 km/t	45,9	83	53	97	68	54
	80 km/t	54,4	87	67	102	73	58
	90 km/t	60,2	90	79	104	76	61
T1	70 km/t	50,5	99	61	116	83	66
	80 km/t	58,2	103	75	120	87	70
	90 km/t	63,1	105	88	122	89	73

Vurdert fra utbredelsen i døgn med dårlige spredningsforhold, vil årsmiddelverdien av $PM_{2,5}$ være under grenseverdien utenfor "jefasen" ut av tunnelmunningen; det vil si at overskridelse kun vil forekomme på veibanen.

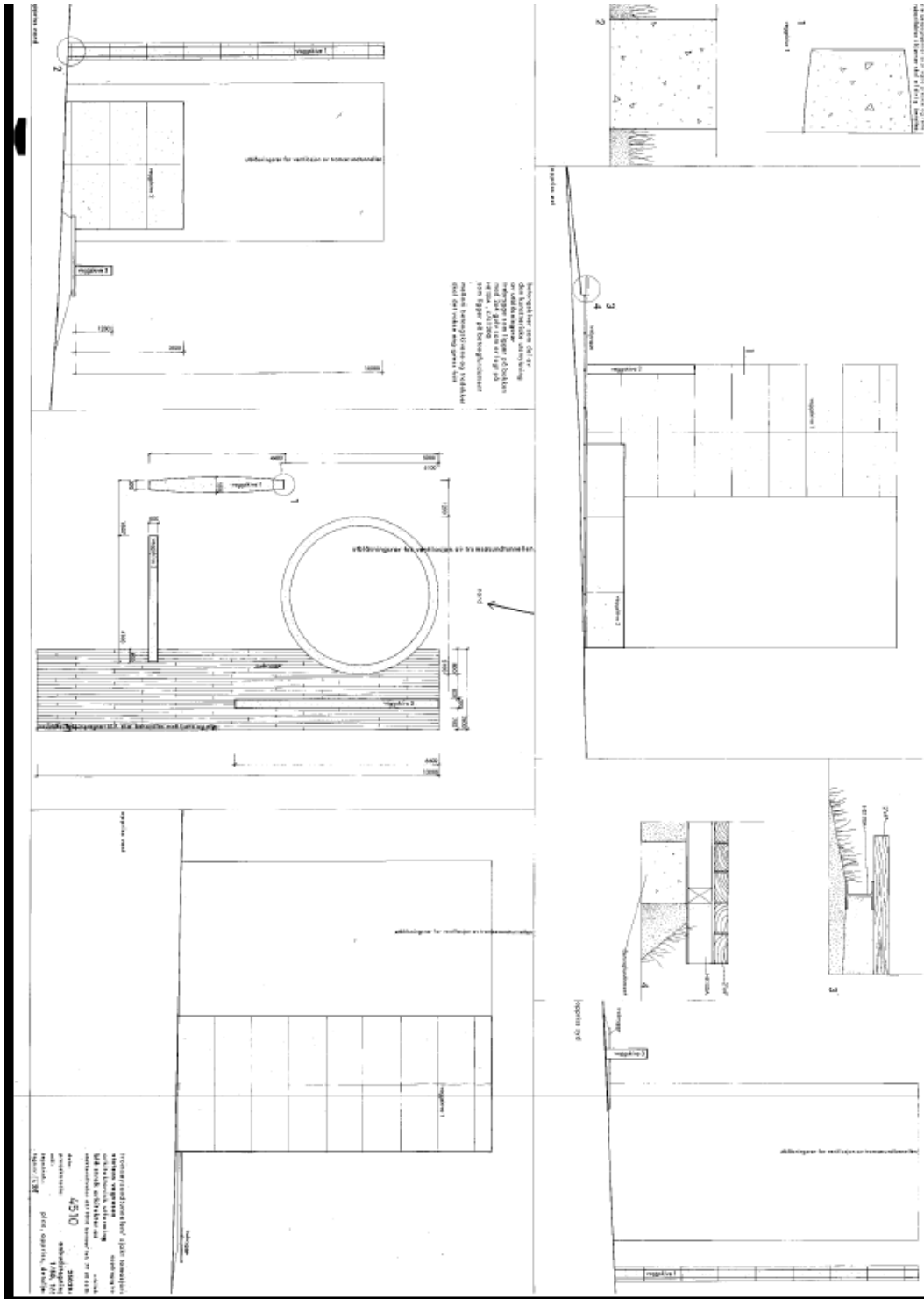
Spredningsberegninger for ventilasjonstårn på Tomasjordnes og Breivika viser at med eksisterende boliger i disse områdene kan ventilasjonstårn på Tomasjordnes ikke brukes på grunn av svært høye forurensningskonsentrasjoner ved nærliggende boligblokk. Ventilasjonstårn i Breivika kan brukes.

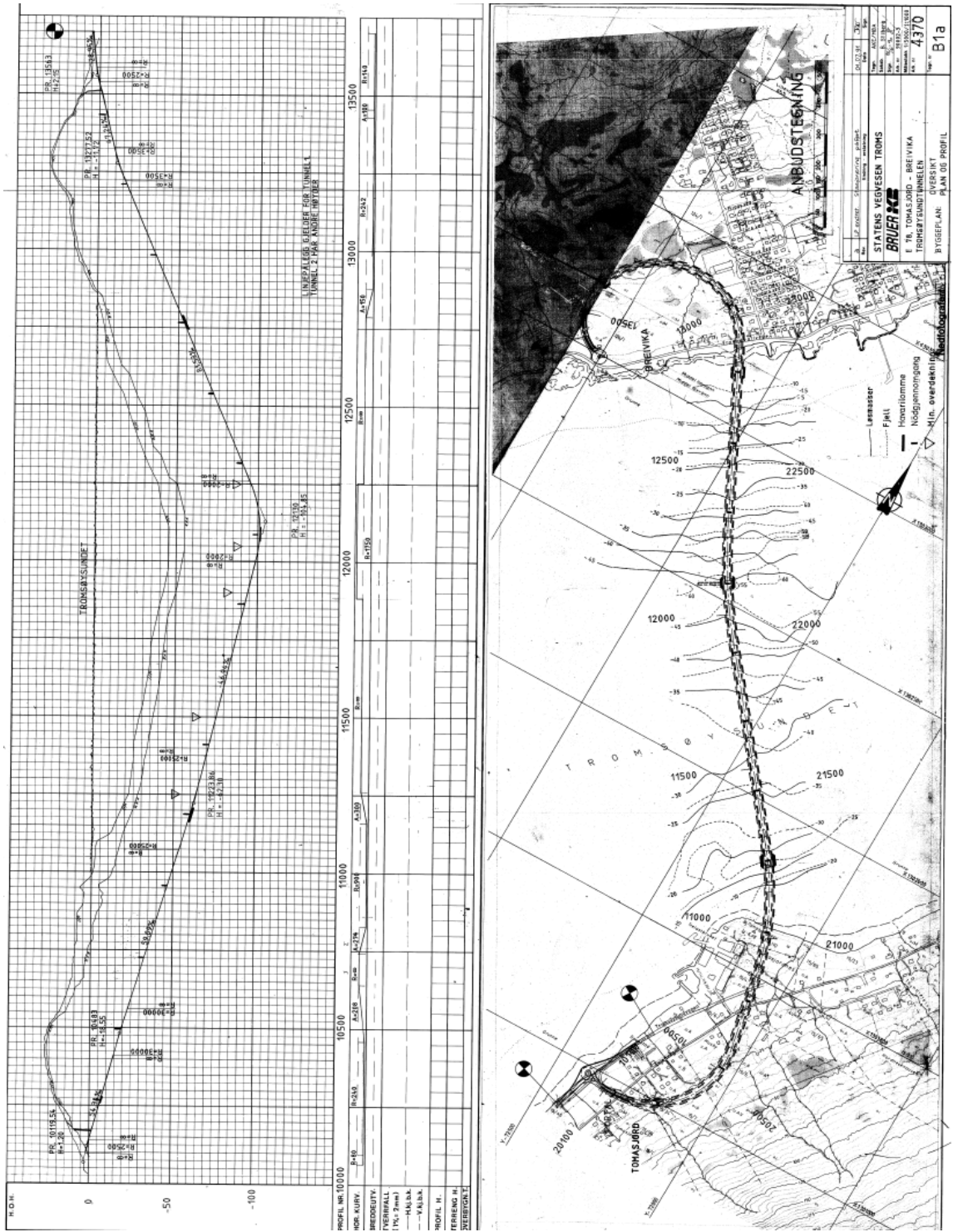
9 Referanser

- 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 emissions 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

Trafikktall - inngangsdata



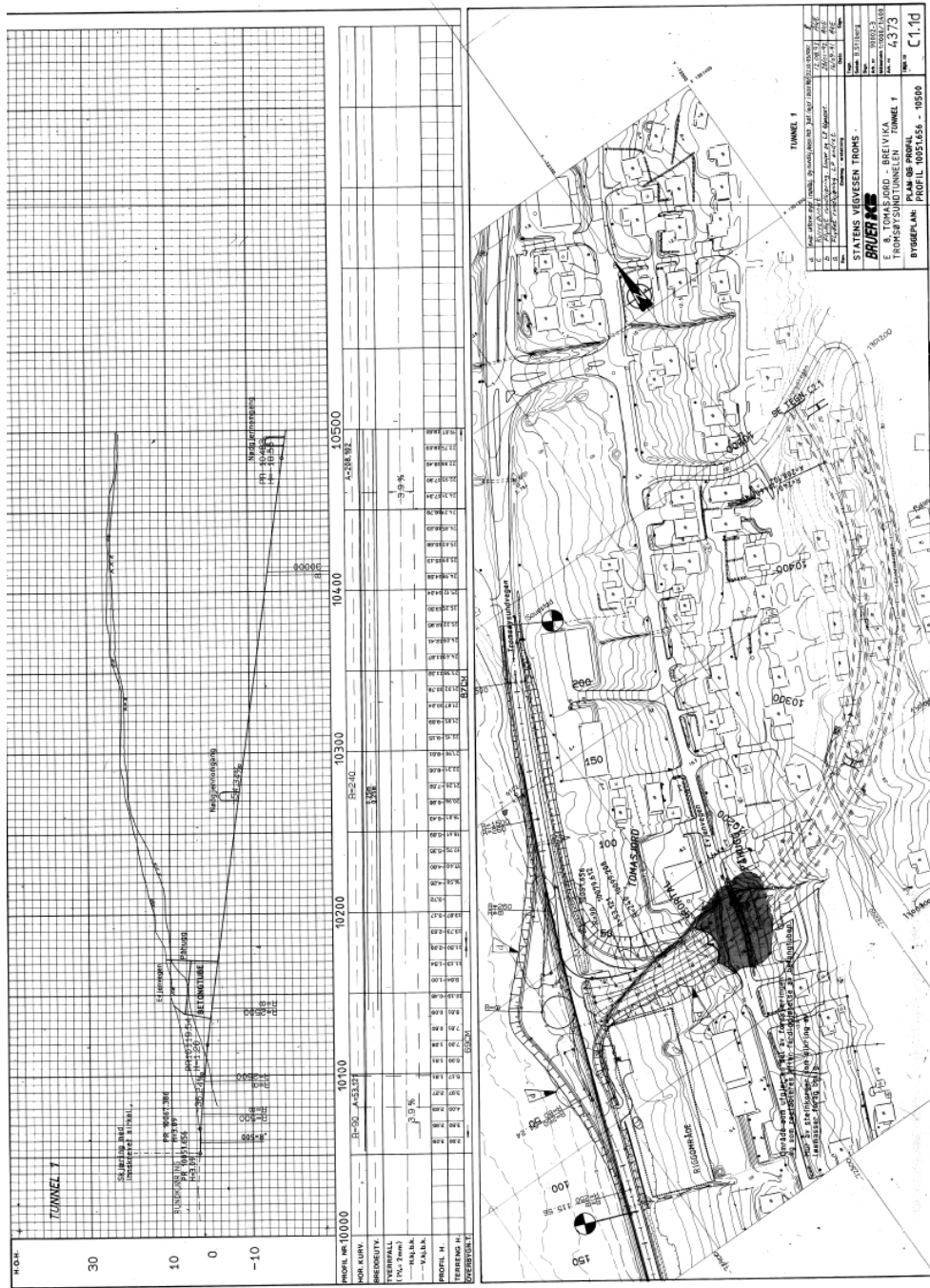


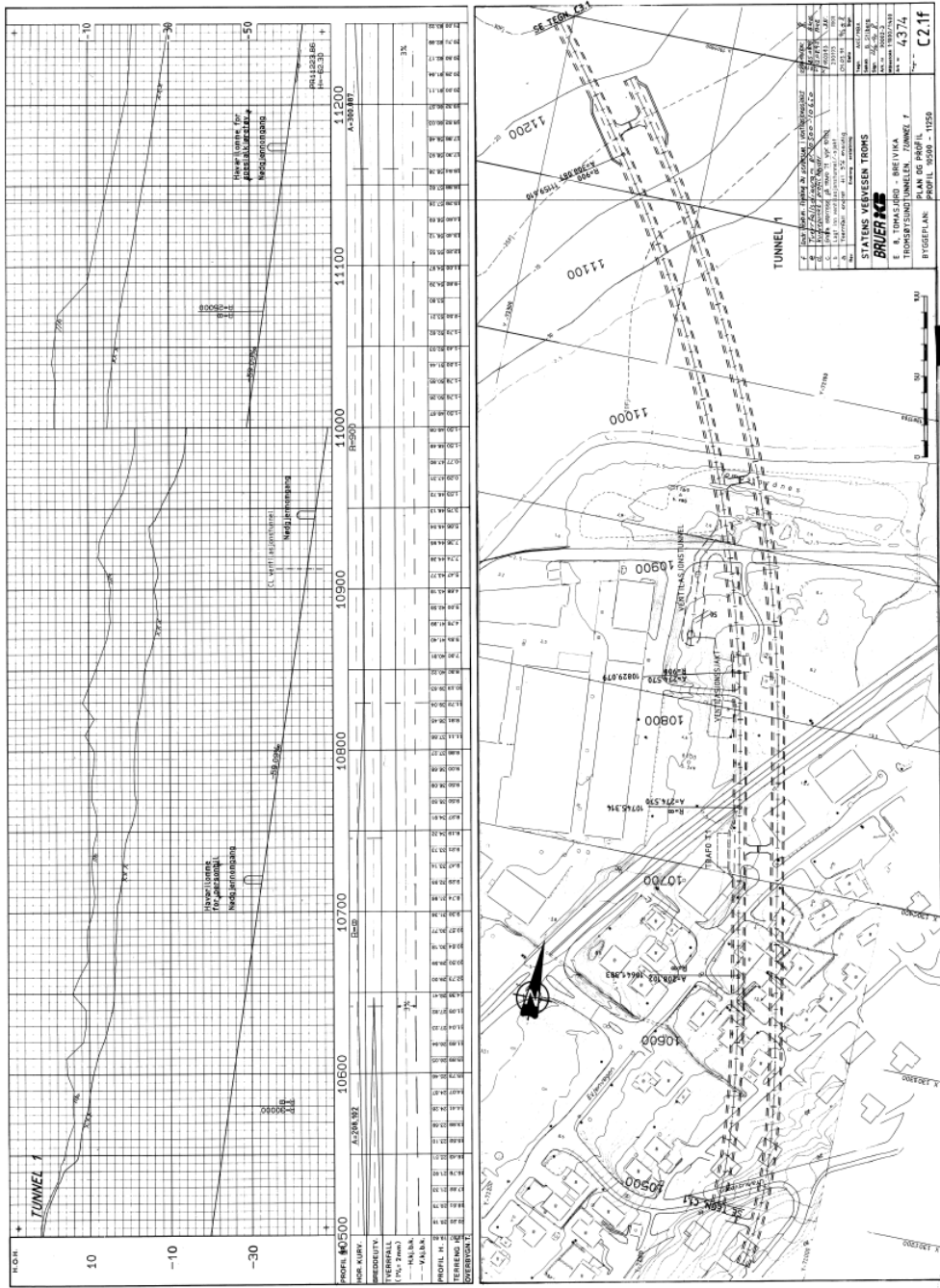


Trafikkdata - Timeverdier

1900268 : TROMSØYSUNDTUNN NOR EV8 HP : 7 Meter : 4100																											
Telepunkt	År	Følt	L.Klasse	Time 1	Time 2	Time 3	Time 4	Time 5	Time 6	Time 7	Time 8	Time 9	Time 10	Time 11	Time 12	Time 13	Time 14	Time 15	Time 16	Time 17	Time 18	Time 19	Time 20	Time 21	Time 22	Time 23	Time 24
1900268	2009	1	20	2	1	1	1	1	2	28	124	58	21	18	20	19	22	25	26	17	18	18	15	11	7	4	2
1900268	2009	3	20	23	13	10	10	15	49	245	546	300	236	231	250	255	272	288	307	241	242	224	198	157	110	68	41
1900268	2009	R1	20	25	14	11	11	18	51	271	672	344	250	249	270	274	304	309	333	258	280	240	213	168	117	70	43
1900269 : TROMSØYSUNDTUNN SØR EV8 HP : 7 Meter : 12500																											
Telepunkt	År	Følt	L.Klasse	Time 1	Time 2	Time 3	Time 4	Time 5	Time 6	Time 7	Time 8	Time 9	Time 10	Time 11	Time 12	Time 13	Time 14	Time 15	Time 16	Time 17	Time 18	Time 19	Time 20	Time 21	Time 22	Time 23	Time 24
1900269	2009	2	20	1	1	1	1	1	1	3	17	16	14	15	24	29	39	68	181	74	30	24	22	17	10	8	3
1900269	2009	4	20	25	18	12	10	10	19	70	198	164	163	197	254	265	313	422	614	411	252	251	238	192	131	83	47
1900269	2009	R2	20	28	17	13	11	11	20	73	205	180	177	215	258	304	362	490	775	485	312	275	258	209	141	89	50

Tunnel:	2007	2008	2009	Kommentar:
Tromsøysund T1 (sør)	5 500	5 010	4 946	Tellepunkt
Tromsøysund T2 (nord)	5 250	4 840	4 785	Tellepunkt
Stakkevollvegen (Tromsøya)			<i>RK=Rundkjøring</i> <i>ÅDT nord for RK:</i> 15 000 <i>ÅDT sør for RK:</i> 23 500	Rundkjøringen sprer trafikken til flere store arbeidsplasser i området (sykehuset, universitetet, boligfelt nord på Tromsøyas, næringsområder med mer) Vi har ikke spesifikke trafikk tall for hver arm i RK
Fv 53 Krokenvegen (Tomasjord/Fastlandet)			<i>ÅDT nord for RK:</i> 10 000 <i>ÅDT sør for RK:</i> 10 000	På denne siden er det stort sett store boligfelt og lite industri. Trafikktall de siste årene for Tromsøysund-tunnelen viser en stabil trafikk mengde.





Vedlegg B

Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjons hastighet i tunnelen

Tunnel

BEREGNINGSÅR: 2010

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20
4.	2.	1.	1.

VEGSEGMENTER:

DEL	TRAF.	LENGDE	PROFIL
1	759.	0.36	-5.40
2	759.	0.74	-5.90
3	759.	0.91	-4.70
4	759.	1.15	8.10
5	759.	0.29	4.70

HASTIGHET PM10-PROD (G/S) NOX-PROD (G/S)

10	0.044	0.901
20	0.052	0.725
30	0.064	0.651
40	0.069	0.462
50	0.089	0.446
60	0.113	0.400
70	0.148	0.445
80	0.185	0.445
90	0.227	0.440

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

PM10 ER GITT I mg/m³ , NOx ER GITT I mg/m³

TUNNELAREAL: 43.8 M**2

NØDV. VENTILASJON FRA STØV ER TOTALT STØV!

HAST.	TRAFIKK- VIRKN.	PUMPE- VENT.H.	NØDVEN. PM10 (P)	MUNNINGSKONSENTRASJONER NOX (P)	PM10 (N)	NOX (N)
10	0.52	0.73	1.962	39.735	1.382	28.000
20	1.04	0.79	1.146	15.997	1.500	20.933
30	1.55	0.98	0.948	9.575	1.500	15.147
40	2.07	1.05	0.764	5.100	1.500	10.012
50	2.59	1.35	0.782	3.932	1.500	7.541
60	3.11	1.72	0.831	2.942	1.500	5.312
70	3.62	2.25	0.930	2.802	1.500	4.520
80	4.14	2.82	1.020	2.452	1.500	3.606
90	4.66	3.46	1.115	2.157	1.500	2.902

Tunnel
 BEREGNINGSÅR: 2010
 TRAFIKKSAMMENSETNING:
 DPD DL<10 DL10-20 DL>20
 4. 2. 1. 1.

VEGSEGMENTER:
 DEL TRAF. LENGDE PROFIL
 1 875. 0.29 -4.70
 2 875. 1.15 -8.10
 3 875. 0.91 4.70
 4 875. 0.74 5.90
 5 875. 0.36 5.40

HASTIGHET	PM10-PROD (G/S)	NOX-PROD (G/S)
10	0.054	0.988
20	0.062	0.801
30	0.077	0.741
40	0.082	0.556
50	0.104	0.554
60	0.132	0.509
70	0.172	0.569
80	0.215	0.570
90	0.264	0.569

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:
 PM10 ER GITT I mg/m3 , NOx ER GITT I mg/m3

TUNNELAREAL: 43.8 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 0.56 0.82 2.205 40.578 1.500 27.608
 20 1.11 0.95 1.280 16.457 1.500 19.283
 30 1.67 1.17 1.051 10.154 1.500 14.492
 40 2.22 1.24 0.838 5.711 1.500 10.229
 50 2.78 1.58 0.852 4.550 1.500 8.011
 60 3.34 2.00 0.901 3.483 1.500 5.798
 70 3.89 2.61 1.007 3.340 1.500 4.976
 80 4.45 3.27 1.102 2.926 1.500 3.980
 90 5.00 4.01 1.203 2.599 1.500 3.240

Vedlegg C

Spredningsberegninger for tunnelen

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 3.9 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1007.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 15.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 50.5 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
70.0	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	58.	58.	58.
50.0	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	59.	61.	61.
35.0	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	71.	88.	88.
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 korrigeret : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.4 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1102.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 15.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 58.2 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
70.0	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	59.	60.	60.
50.0	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	61.	75.	75.
35.0	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	86.	105.	105.
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 : 5.0 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1203.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 15.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 63.1 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
70.0	68.	68.	68.	68.	68.	68.	68.	68.	68.	69.	70.	70.
50.0	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	72.	88.	88.
35.0	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	100.	121.	121.
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 korrigeret : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 3.6 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 930.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 15.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 45.9 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	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.	48.	49.	49.
50.0	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	48.	49.	53.	53.
35.0	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	49.	62.	78.	78.
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 korrigeret : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.1 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1020.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 15.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 54.4 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
70.0	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	57.	58.	59.	59.
50.0	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	58.	60.	67.	67.
35.0	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	77.	95.	95.
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 korrigeret : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.7 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1115.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 15.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 60.2 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
70.0	67.	67.	67.	67.	67.	67.	67.	67.	67.	68.	69.	69.
50.0	68.	68.	68.	68.	68.	68.	68.	68.	68.	70.	79.	79.
35.0	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	69.	90.	110.	110.
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 : 3.6 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 560.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 45.9 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	53.6
150.0	68.3
100.0	97.4

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.1 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 490.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 54.4 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	57.7
150.0	72.9
100.0	101.7

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.7 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 431.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 60.2 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	60.6
150.0	75.6
100.0	104.1

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 3.9 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 668.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 50.5 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	66.4
150.0	83.2
100.0	116.1

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 4.4 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 585.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 58.2 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	70.1
150.0	87.2
100.0	119.7

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.0 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 43.8 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 520.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.6 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 63.1 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	72.8
150.0	89.3
100.0	121.9

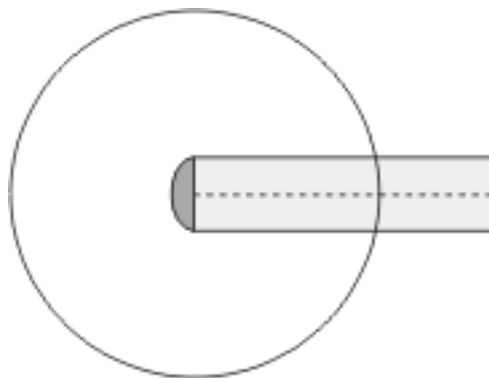
Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

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 fortenne 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 fortenne 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 trafikk-avvikling.

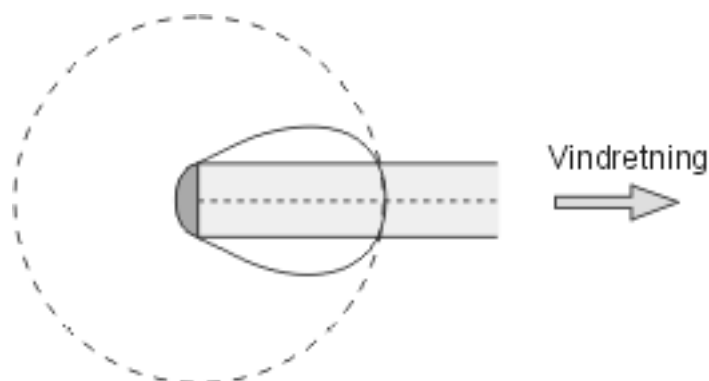
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørtede tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørtede tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet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

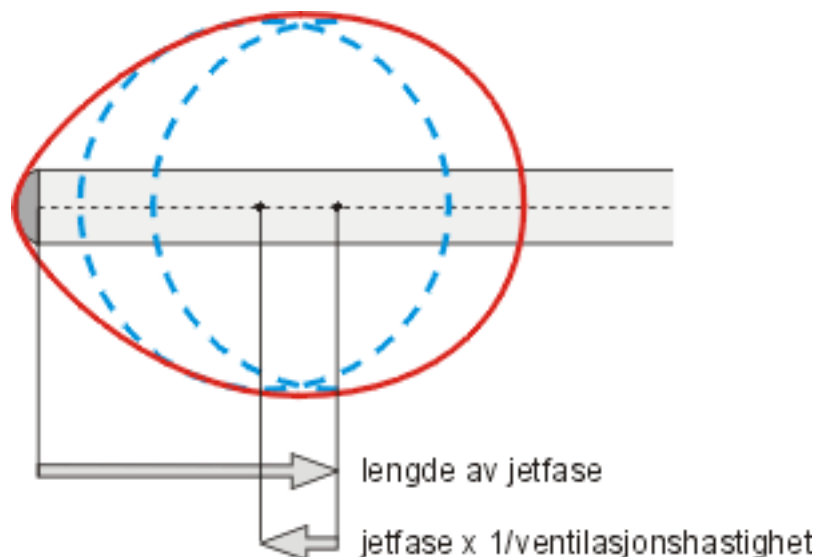
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



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

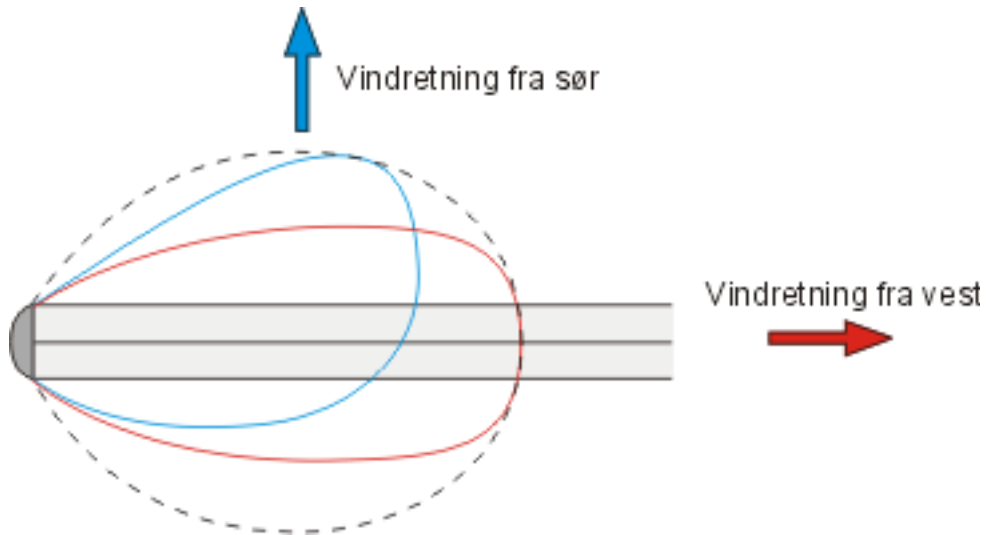
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jettefasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jettefasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

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



Figur C: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for alle vindretninger. Dersom ventilasjonshastigheten er 4 m/s vil redusert jettefase med motvind være lik en fjerdedel av jettefasen 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 korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.1 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 540.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 78.3 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	75.	75.	75.
50.0	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	76.	78.	78.	78.
35.0	78.	78.	78.	78.	78.	78.	78.	78.	78.	79.	83.	83.
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 : 5.9 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 603.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 83.0 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	86.	86.
50.0	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	88.	89.	89.
35.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	90.	98.	98.
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 : 6.8 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 665.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	87.	87.	87.
50.0	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	89.	90.	90.
35.0	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	91.	111.	111.

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 5.0 7.0 7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 583.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 81.0 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	84.	84.	84.	84.	84.	84.	84.	84.	84.	85.	85.	85.
50.0	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	88.	88.	88.
35.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	89.	92.	92.

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 5.0 7.0 7.0

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.4 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 651.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.2 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	85.	86.	87.	87.
50.0	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	87.	89.	89.	89.
35.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	90.	107.	107.

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	5.0	7.0	7.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 7.3 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 718.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 10.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
75.0	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	86.	87.	88.	88.
50.0	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	88.	89.	91.	91.
35.0	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	89.	98.	119.	119.

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	5.0	7.0	7.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.1 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 154.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 78.3 m

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

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	24.7
100.0	66.6

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.9 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 131.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 83.0 m

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

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	10.6
100.0	64.3

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.8 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 114.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

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

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	-1.0
100.0	59.4

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 5.5 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 206.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 81.0 m

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

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	23.2
150.0	54.7
100.0	89.7

Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 6.4 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 176.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.2 m

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

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	1.7
150.0	49.1
100.0	89.5


Program TUNALL

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 7.3 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 66.5 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 152.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 6.4 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 25.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 84.5 m

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

Konsentrasjon (ug/m³) Avstand (m)

200.0	-1.0
150.0	39.1
100.0	86.3

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 16/2010	ISBN: 978-82-425-2247-4 (trykt) 978-82-425-2248-1 (elektronisk) ISSN: 0807-7207	
DATO 18. september 2010	ANSV. SIGN. 	ANT. SIDER 62	PRIS NOK 150,-
TITTEL Tromsø Sundtunnelen Vurdering av luftforurensning fra tunnelmunninger og lufttårn		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-110007	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk og Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Britt Christine Mathisen	
OPPDRAKSGIVER Statens vegvesen Region nord Dreyfulhammeren 31 8002 BODØ			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Spredningsberegninger for tunnelforbindelsen Tromsø Sundtunnelen og tilhørende ventilasjonstårn. Det er beregnet maksimale konsentrasjoner av PM _{2,5} , PM ₁₀ , NO _x og CO i tunnelen 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. Med eksisterende boligmasse på hhv. Tomasjordnes og Breivika, kan ikke forstnevnte brukes uten at dette medfører uakseptable forhold for nærliggende boliger.			
TITLE Tromsø Sundtunnelen. Evaluating air quality around openings of tunnel and ventilation tower.			
ABSTRACT Dispersion calculations regarding the tunnel connection Tromsø Sundtunnelen. Maximum concentrations and dispersion distances have been calculated. Ventilation tower at Tomasjordnes cannot be used because of severe consequences for inhabitants in the near surroundings.			

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

REFERANSE: O-110007
DATO: JUNI 2010
ISBN: 978-82-425-2247-4 (trykt)
978-82-425-2248-1 (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.

REFERANSE: O-110007
DATO: JUNI 2010
ISBN: 978-82-425-2247-4 (trykt)
978-82-425-2248-1 (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 int egrerte 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.



NILU Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research