
Spredningsberegninger for utslipp fra tunnelmunning ved Kverve, Ellingsøy

Ivar Haugsbakk og Dag Tønnesen



Oppdragsrapport

Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	2
1 Innledning	3
2 Metoder og forutsetninger	3
3 Tunnel- og trafikkdata.....	4
4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet	5
5 Utslipp	5
6 Resultater fra utslippsberegningene.....	6
7 Resultater fra spredningsberegningene	7
8 Konklusjon.....	8
9 Referanser	9
Vedlegg A Trafikktall og spredningsberegninger	10
Vedlegg B Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen	15
Vedlegg C Spredningsberegninger for tunneler	21

Sammendrag

NILU- Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Leite og Howden AS utført beregninger av luftforurensning fra tunnelmunning ved Kverve på Ellingsøy utenfor Ålesund. Det er 2 tunnelmunnings i området, en fra Ålesund mot Ellingsøy, og en fra Ellingsøy mot Valderøy. Kun førstnevnte er ventilert mot Kverve og vil påvirke luftkvaliteten der. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og svevestøv (PM_{10}) i tunnellopet, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningen. Beregningene er basert på trafikk tall fra oppdragsgiver for 2014 der det er beregnet for aktuelle trafikk tall og for en 10% økning av trafikken.

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 tunnelmunningen er beregnet for svevestøv (PM_{10}) og nitrogendioksid (NO_2) og sammenlignet med grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet.

Konklusjon

Siden tunnelen har toveis trafikk, uten separate løp for hver kjøreretning er den ikke selv-ventilerende med stempeleffekt, slik en enveiskjørt tunnel vil være. I beregningene har vi tatt utgangspunkt i en ventilasjonshastighet på 1.0 m/s. For normal trafikkavvikling og kjørehastighet lik skiltet hastighet i tunnelen (80 km/t), og gitte trafikk mengder viser beregningene:

- Grenseverdien og Nasjonalt mål for svevestøv som *døgnmiddel* på $50 \mu\text{g} PM_{10}/\text{m}^3$ vil kunne overskrides utenfor tunnelmunning for Ellingsøytunnelen på Kverve på grunn av bidraget fra trafikken opptil 20 m fra tunnelmunning med ventilasjonshastighet 1.0 m/s (22 m ved 10% trafikkøkning).
- Grenseverdien/Nasjonalt mål for nitrogendioksid (NO_2) som *timemiddel* på $200/150 \mu\text{g}NO_2/\text{m}^3$ vil bli overskredet inntil 66/85 m fra tunnelmunningen (72/91 m ved 10% trafikkøkning).
- Målderdi for konsentrasjon av $PM_{2.5}$ for 2020 på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vil være overholdt med god margin i de områdene der belastningen av NO_2 som timemiddelkonsentrasjon er under $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En dobling av ventilasjonshastigheten vil halvere munningskonsentrasjoner av NO_x og PM_{10} , og dermed gi vesentlig mindre område som belastes. Ved endret kjørehastighet og eventuell køkjøring som følge av trafikale problemer vil spredningsforholdene endres, og det er påkrevd med nødvendig viftekapasitet som kan sikre nødvendig ventilasjon i tunnelene for å hindre overskridelser av grenseverdier for tunneluft.

Spredningsberegninger for utslipp fra tunnelmunning ved Kverve, Ellingsøy

1 Innledning

NILU- Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Leite og Howden AS utført beregninger av luftforurensning fra tunnelmunning ved Kverve på Ellingsøy utenfor Ålesund. Det er 2 tunnelmunninger i området, en fra Ålesund mot Ellingsøy, og en fra Ellingsøy mot Valderøy. Kun førstnevnte er ventilert mot Kverve og vil påvirke luftkvaliteten der. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og svevestøv (PM_{10}) i tunnellopet, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunningen. Beregningene er basert på trafikk tall fra oppdragsgiver for 2014 der det er beregnet for aktuelle trafikk tall og for en 10% økning av trafikken. 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). Vi har regnet som om 40% av utslippet av nitrogenoksider ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) fra biltrafikken består av nitrogendioksid (NO_2). NO_2 i bileksosen gir vanligvis de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte retningslinjer for timeverdier i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler ved lave kjørehastigheter, mens PM_{10} blir begrensende komponent ved høye hastigheter. Grenseverdier 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 Oslo (Peterson og Tønnesen, 1990). Beregningene har omfattet følgende:

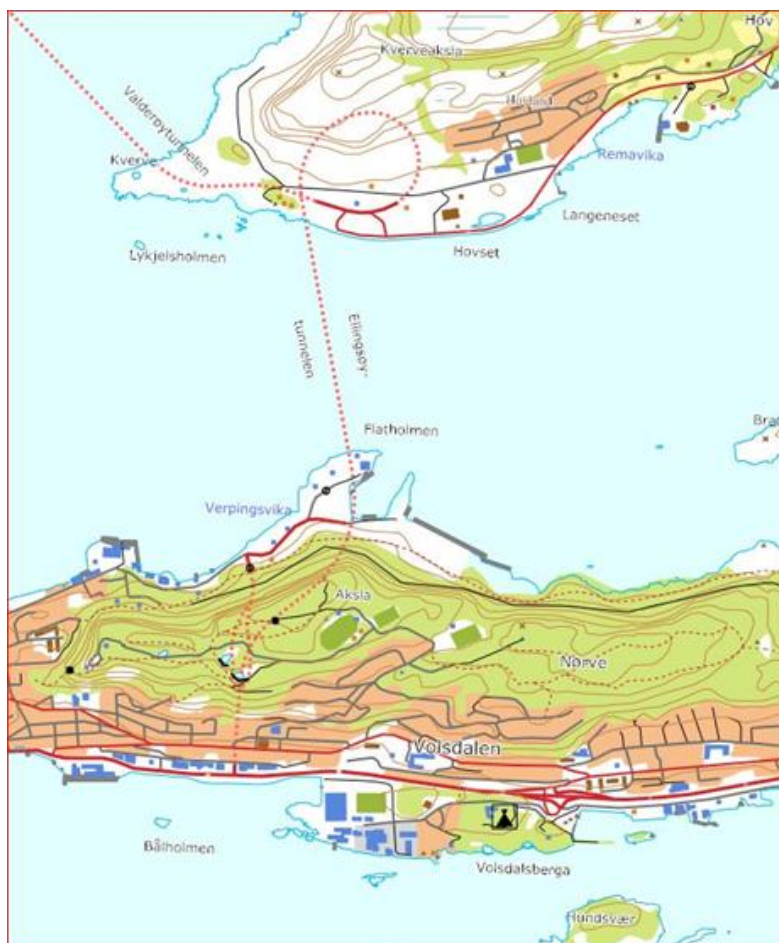
1. Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata fra Vedlegg A, samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, har vi beregnet utslipp av PM_{10} og NO_x i tunnelene.
2. Ut fra data for utslipp av NO_x og PM_{10} er det beregnet nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier i tunnelen.
3. Konsentrasjonene av PM_{10} og NO_2 utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982).
4. Tilleggs konsentrasjon fra andre forurensningskilder enn tunnelen er vurdert og lagt til tunnelbidraget.
5. Beregnete konsentrasjoner av PM_{10} og NO_2 fra munningene er sammenlignet med norske grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet gitt i kapittel 4. Det er også utført beregninger i forhold til retningslinje T-1520, og utbredelse av Rød og Gul sone for luftkvalitet er vist i figur A2.

6. Utslipp av $PM_{2.5}$ er beregnet og sammenlignet med utslipp av NO_2 . Basert på beregnet maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO_2 er det gjort en overordnet beregning av årlig middelværdi for $PM_{2.5}$. Denne metoden er anvendt fordi grenseverdien for $PM_{2.5}$ er en årlig middelværdi, mens beregningsprogrammet er laget for time- og døgnmiddelværdier

3 Tunnel- og trafikkdata

Tunneltrasé er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri og sammensetning er gitt av oppdragsgiver. Beregningene er utført med hensyn på ettermiddagsrush for 2014 og i tillegg for 10% trafikkøkning.

Uten separate løp for de to kjøreretningene vil trafikken ikke kunne generere en pumpevirkning/stempeleffekt fra trafikken. Det vil derfor være nødvendig med viftekapasitet for å ventilere og fortynne forurensninger fra biltrafikken til under grenseverdier for luftkvalitet i tunneler fastsatt av Vegdirektoratet. Dette ligger inne i programvaren som benyttes til å beregne produksjon av forurensende utslipp fra trafikken gjennom tunnelen. Ved kødannelse må vifteanlegget ha nødvendig kapasitet for tilstrekkelig ventilasjon i tunnelen. Se også Vedlegg A, trafikk tall.



Figur 1: Tunneltrasé, Ellingsøytunnelen.

4 Grenseverdier og Nasjonalt mål for luftkvalitet

Luftkvaliteten i et område vurderes ved å sammenligne målinger eller beregninger av konsentrasjoner av luftforurensning med grenseverdier for virkning på helse og/eller vegetasjon. Begrepe grenseverdi og nasjonalt mål er tallverdier for forureningsgrad. 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 beregnede konsentrasjoner med forskriftens grenseverdier, men også med nasjonalt mål om luftkvalitet (Forureningsforskriften kap. 3).

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	20¹⁾	

1) Målderdi for 2020

- Grenseverdier er generelt skjerpet de siste tiårene. Gjelder grenseverdier satt av både WHO, EU og Norge.
- Forskriften med grenseverdier, fastsatt ved Kgl. Res. 4. oktober 2002 er lik EUs nye grenseverdier (2008/50/EF).
- Nasjonalt mål for luftkvaliteten i byer og tettsteder ble vedtatt av Regjeringen høsten 1998. Nasjonalt mål er i hovedsak litt strengere enn forskriften. Forskriften og nasjonalt mål tillater et visst antall overskridelser pr. år for NO₂ og PM₁₀, som vist i Tabell 1.

5 Utslipp

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

1. Trafikktall, maksimal timetrafikk om ettermiddagen kl 16 er 908 kjøretøy.
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning).
3. Tungtrafikkandel 5 % .
4. Piggdekkandel 64 %.

6 Resultater fra utslippsberegningene

Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 2. Detaljerte beregningsresultater for de enkelte tunnellopene er vist i Vedlegg B. NO₂- og PM₁₀-konsentrasjoner i ventilasjonsluften ved munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og ulike hastigheter. Tabellen viser resultatet av beregningene for gitt kjørehastighet. Munningskonsentrasjonene skal i utgangspunktet beregnes 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 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 ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Kverve 80 km/t*	1,00	525	1957
Kverve (+ 10%) 80 km/t*	1,00	570	2181

*Utslipet av NO₂ avtar med høyere hastighet. For PM₁₀ er det omvendt.

**Ingen stempeleffekt fra trafikken – nødvendig ventilasjonshastighet

En lavere tunghastighet vil gi mindre utslipp av NO_x. Det vil vanligvis være NO_x-utslippene som avgjør nødvendige luftstrømhastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler ved lave hastigheter, og PM₁₀ ved høyere hastigheter.

Årlig middelutslipp av PM_{2.5} (eksospartikler og vegstøv) er beregnet til 10 % av NO₂-utslippet.

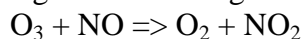
Det er ikke tatt hensyn til at forurenset luft trekkes inn i tunnellopene fra omgivelsene. Dette inngår i bakgrunnskonsentrasjonene, og vil i liten grad påvirke konsentrasjonen i tunnelen. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene.

7 Resultater fra spredningsberegningene

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, 80 km/t.

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.

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 µg NO₂/m³ som timemiddel og 20 µg PM₁₀/m³ som døgnmiddel ved tunnelmunninger basert på NILUs bakgrunnsatlas (ref. www.luftkvalitet.info/ModLUFT/inngangsdata/bakgrunnskonsentrasjoner). Det er også regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m³. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Det teoretiske maksimalnivået for NO₂-bidrag fra andre kilder blir dermed 90 µg NO₂/m³. Dette forutsetter imidlertid at det er nok O₃ til stede.

Det er ellers ikke tatt hensyn til direkte bidrag fra andre veier i nærheten eller andre forurensningskilder fordi disse bidragene inngår i bakgrunnsnivået. Resultatet av beregninger av konsentrasjoner **utenfor** tunnelmunningen er vist i Tabell 3.

Maksimalkonsentrasjonene forekommer 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 5 % fører det til et mindre område med NO₂-belastning over akseptabelt forurensningsnivå.

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

Figur A1 i Vedlegg A viser maksimal utbredelse av forurensning tilsvarende grenseverdi for PM₁₀ som døgnmiddel utenfor tunnelmunningen og grenseverdi for NO₂ som timemiddel. I Vedlegg C er forutsetninger omkring spredning rundt tunnelmunningene forklart mer detaljert.

Figur A2 i Vedlegg A viser rød og gul sone i henhold til T-1520.

Tabell 3: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunning for at konsentrasjoner av PM_{10} og NO_2 er redusert til gitte nivåer. Verdier for PM_{10} gjelder døgnmiddel og NO_2 som timemiddel. Se også Figurer i vedlegg A.

Tunnel	Lengde av jettfase (m)	Ventilasjons-hastighet	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Kverve						
80 km/t	0	1.0	20	121	85	66
Kverve (+10%)						
80 km/t	0	1.0	22	129	91	72

Grenseverdien for $PM_{2.5}$ er en årlig middelvei, mens beregningsprogrammet er laget for time- og døgnmiddelveier. Derfor er årlig middelkonsentrasjon for $PM_{2.5}$ estimert. En skalering av timemiddelkonsentrasjon for NO_2 med forholdet mellom maksimalt timeutslipp og gjennomsnittlig årlig utslipp samt med forholdet mellom utslipp av $PM_{2.5}$ og NO_2 , viser at en timemiddelkonsentrasjon av NO_2 på 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ svarer til en årlig middelkonsentrasjon av $PM_{2.5}$ på under 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Målverdi for konsentrasjon av $PM_{2.5}$ for 2020 på 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vil derfor være overholdt med god margin i de områdene der belastningen av NO_2 som timemiddelkonsentrasjon er under 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

8 Konklusjon

Siden tunnelen har toveis trafikk, uten separate løp for hver kjøreretning er den ikke selv-ventilerende med stempeleffekt, slik en enveiskjørt tunnel vil være. I beregningene har vi tatt utgangspunkt i en ventilasjonshastighet på 1.0 m/s. For normal trafikkavvikling og kjørehastighet lik skiltet hastighet i tunnelen (80 km/t), og gitte trafikkmengder viser beregningene:

- Grenseverdien og Nasjonalt mål for svevestøv som døgnmiddel på 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vil kunne overskrides utenfor tunnelmunning for Ellingsøytunnelen på Kverve på grunn av bidraget fra trafikken opptil 20 m fra tunnelmunning med ventilasjonshastighet 1.0 m/s (22 m ved 10% trafikkøkning).
- Grenseverdien/Nasjonalt mål for nitrogendioksid (NO_2) som timemiddel på 200/150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vil bli overskredet inntil 66/85 m fra tunnelmunningen (72/91 m ved 10% trafikkøkning).
- Målverdi for konsentrasjon av $PM_{2.5}$ for 2020 på 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vil være overholdt med god margin i de områdene der belastningen av NO_2 som timemiddelkonsentrasjon er under 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

9 Referanser

Larssen, S. (1987) Vålerenga-tunnelen, Oslo. Reviderte beregninger av luftforurensninger ved munningene. Lillestrøm, NILU (NILU OR 33/87).

ModLUFT (2014) Bakgrunnskonsentrasjoner. Kjeller, NILU. **URL:** <http://www.luftkvalitet.info/ModLUFT/Inngangsdata/Bakgrunnskonsentrasjoner.aspx> [Nedlastet 2014-09-18].

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

Peterson, H.G., Tønnesen, D. (1990) A tracer investigation of traffic emissions from the Vålerenga tunnel at Etterstad. Lillestrøm, NILU (NILU OR 39/90).

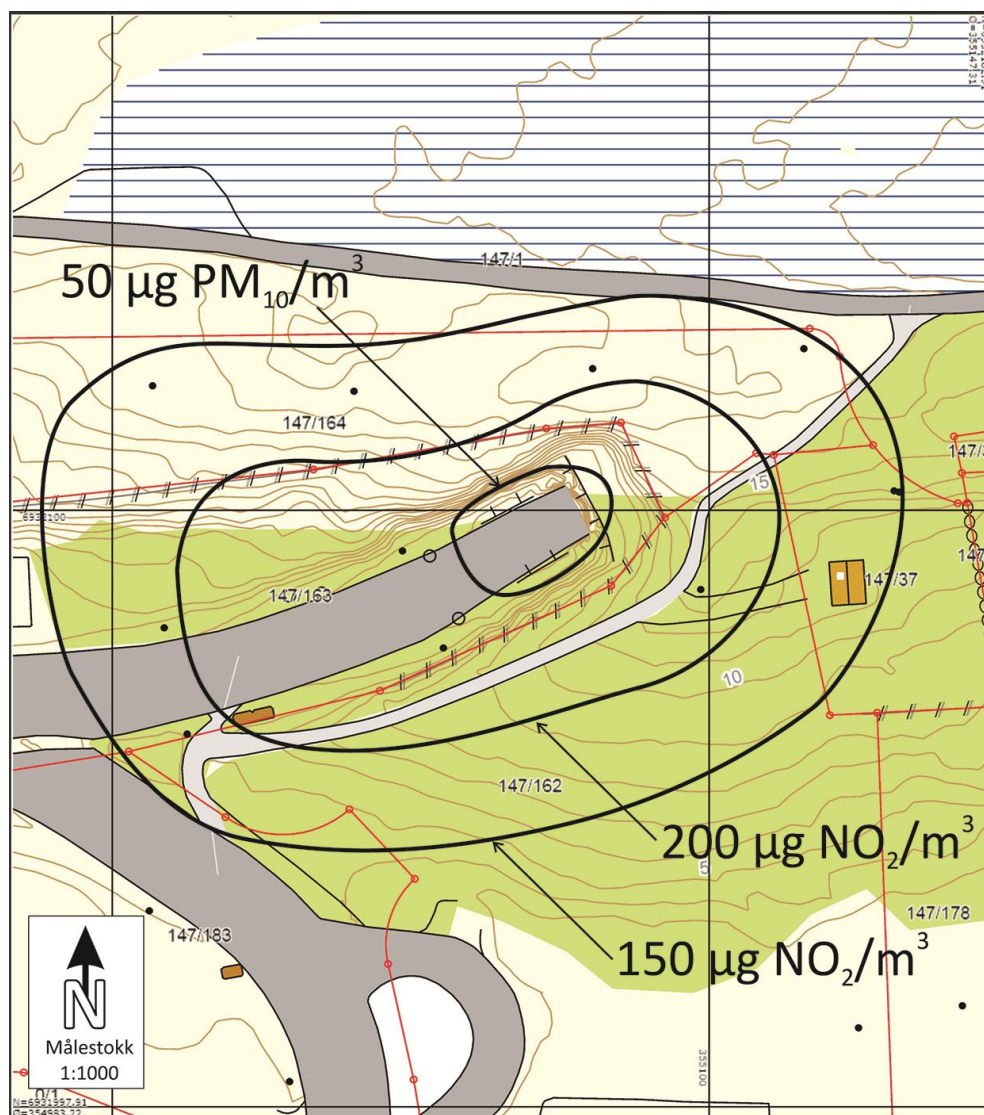
Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport nr. 92:16).

Statens vegvesen (2002) Vegtunneler. Oslo (Håndbok 021).

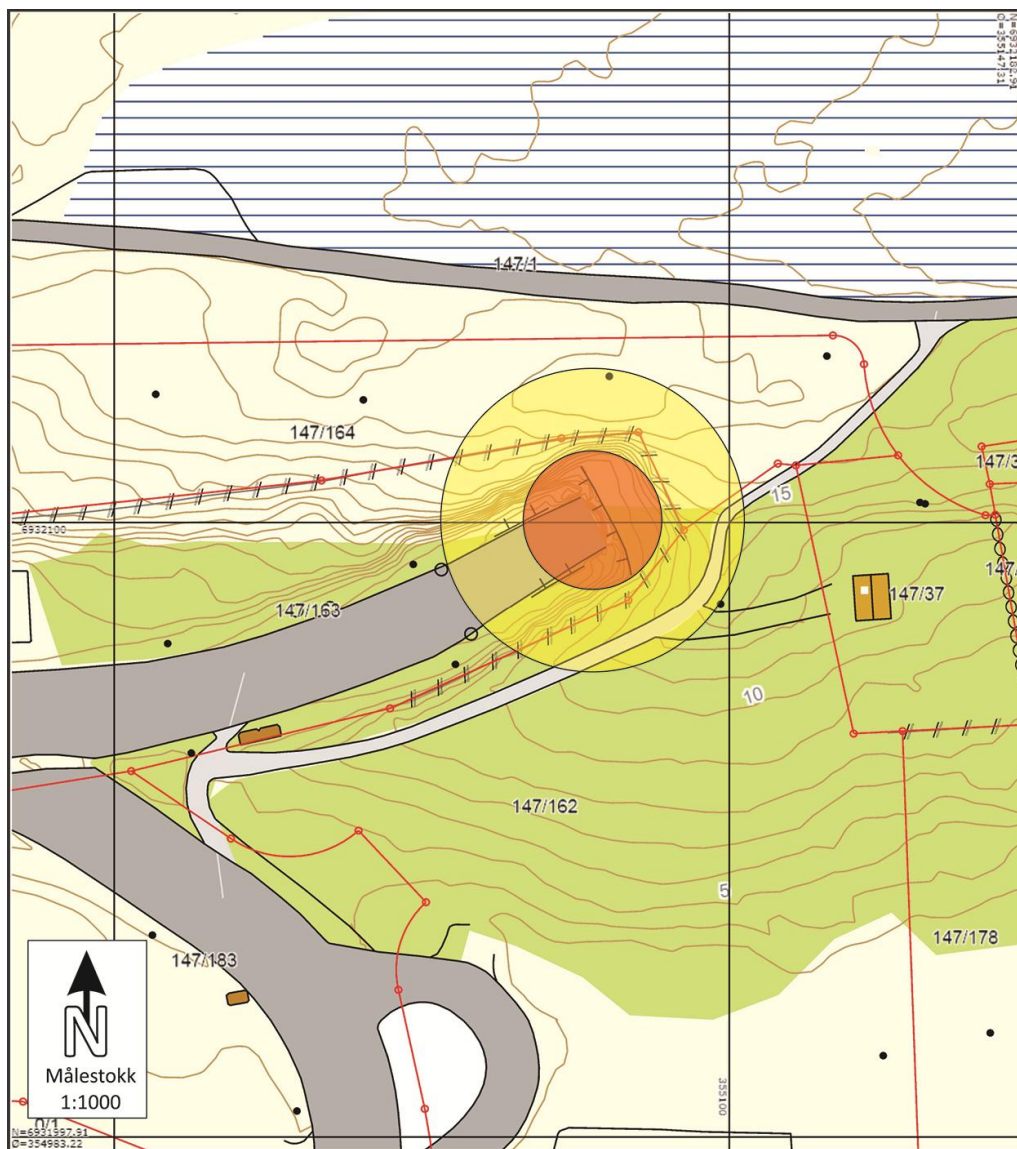
Vedlegg A

Trafikktall og spredningsberegninger

Ellingsøytunnelen er en tre-felts, toveiskjørt tunnel med et tverrsnitt på 70 kvadratmeter. Den er 3.500 m lang, med en maksimal stigning på 1/12.5 m. Tunnelen går ned til ca. 140m dybde.



Figur A1: Spredningsberegninger for Ellingsøytunnelens munning på Kverve for trafikk tall for 2014. Utbredelse av 50 µg PM₁₀/m³ som døgnmiddel og utbredelse av 150/200 µg NO₂/m³ som timemiddel.



Figur A2: Spredningsberegninger for Ellingsøytunnelens munning på Kverve. Utbredelse av PM_{10} i henhold til T-1520. Rød sone 11 m fra munning og gul sone 24 m fra munning.



Trafikkmengde - timeverdier - kjøretøy

Statens vegvesen

Fylke: Møre og Romsdal

Lengdeklasse: Alle kjøretøy

Periode: 2013-2014

ELLINGSØYTUNNELEN, RV658 HP 1 Meter 1840 (1500029)

År	Felt	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
2014	Med metering	39	35	20	30	30	70	131	238	305	187	180	216	355	335	371	551	626	362	314	260	300	169	135	75
*	Utd metering	43	25	16	16	40	165	460	460	382	286	254	257	275	295	335	357	381	290	278	237	205	141	125	91
2013	Med metering	38	25	16	17	24	68	109	218	191	138	154	181	341	322	346	530	507	341	287	257	205	144	131	73
*	Utd metering	47	23	17	15	13	33	135	443	350	245	226	243	342	270	331	339	341	264	253	212	195	124	105	102

VALDERØYTUNNELEN, RV658 HP 2 Meter 1689 (1500030)

År	Felt	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
2014	Med metering	33	30	16	16	27	73	117	181	170	124	141	170	216	271	289	421	411	298	255	212	173	135	114	62
*	Utd metering	39	21	14	12	13	39	145	323	273	197	188	200	208	232	273	290	305	235	230	197	177	114	113	89
2013	Med metering	29	18	13	12	19	74	103	200	182	115	120	137	187	262	274	410	400	283	236	216	169	111	113	59
*	Utd metering	37	17	13	11	11	32	124	337	279	198	173	182	177	218	290	287	301	207	215	184	181	97	105	105

Vedlegg B

Avgassproduksjon og nødvendig ventilasjonshastighet i tunnelen

Ellingsøytunnelen - produksjonstall for 2014-trafikk

BEREGNINGSR: 2014

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20
60.	3.	1.	1.

VEGSEGMENTER:

DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	551.	1.68	-8.44
2	551.	0.21	0.00
3	551.	1.61	8.50
4	357.	1.68	8.44
5	357.	0.21	0.00
6	357.	1.61	-8.50

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

10	0.025	1.077
20	0.026	0.894
30	0.028	0.805
40	0.022	0.554
50	0.024	0.472
60	0.026	0.355
70	0.031	0.353
80	0.037	0.346
90	0.044	0.332

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

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

TUNNELAREAL: 70.0 M**2

NÛDV. VENTILASJON FRA STÛV ER TOTALT STÛV!

TRAFIKK- PUMPE- NÛDVEN. MUNNINGSKONSENTRASJONER

HAST.	VIRKN.	VENT.H.	PM10(P)	NOX(P)	PM10(N)	NOX(N)
10	0.46	0.55	0.777	33.788	0.644	28.000
20	0.91	0.46	0.408	14.026	0.814	28.000
30	1.37	0.41	0.293	8.416	0.976	28.000
40	1.82	0.28	0.175	4.344	1.126	28.000
50	2.28	0.24	0.150	2.959	1.421	28.000
60	2.73	0.25	0.138	1.855	1.500	20.160
70	3.19	0.29	0.139	1.584	1.500	17.142
80	3.64	0.35	0.146	1.357	1.500	13.986
90	4.10	0.42	0.154	1.156	1.500	11.278

Ellingsøytunnelen - produksjonstall for 2014-trafikk + 10%

BEREGNINGSÅR: 2014

TRAFIKKSAMMENSETNING:

DPD	DL<10	DL10-20	DL>20
60.	3.	1.	1.

VEGSEGMENTER:

DEL TRAF. LENGDE PROFIL

1	606.	1.68	-8.44
2	606.	0.21	0.00
3	606.	1.61	8.50
4	393.	1.68	8.44
5	393.	0.21	0.00
6	393.	1.61	-8.50

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

10	0.027	1.185
20	0.029	0.984
30	0.031	0.885
40	0.025	0.609
50	0.026	0.519
60	0.029	0.390
70	0.034	0.389
80	0.041	0.381
90	0.049	0.365

VENTILASJON OG MUNNINGSKONSENTRASJONER:

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

TUNNELAREAL: 70.0 M**2

NÛDV. VENTILASJON FRA STÛV ER TOTALT STÛV!

TRAFIKK- PUMPE- NÛDVEN. MUNNINGSKONSENTRASJONER

HAST.	VIRKN.	VENT.H.	PM10(P)	NOX(P)	PM10(N)	NOX(N)
10	0.48	0.60	0.815	35.447	0.644	28.000
20	0.96	0.50	0.428	14.715	0.814	28.000
30	1.43	0.45	0.308	8.829	0.976	28.000
40	1.91	0.31	0.183	4.557	1.127	28.000
50	2.39	0.26	0.158	3.104	1.421	28.000
60	2.87	0.28	0.145	1.946	1.500	20.154
70	3.34	0.32	0.145	1.662	1.500	17.136
80	3.82	0.39	0.153	1.424	1.500	13.981
90	4.30	0.46	0.161	1.213	1.500	11.273

Program TUNALL - spredningsberegninger for NO₂ - 2014

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.0 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 70.0 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 1957.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.8 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	66.4
150.0	84.8
100.0	120.5

Program TUNALL - spredningsberegninger for NO₂ - 2014 + 10%

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.0 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 70.0 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 2181.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.8 m
 Timemiddel bakgrunnskonsentrasjon: 30.0 ug/m³
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

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

Konsentrasjon (ug/m ³)	Avstand (m)
200.0	71.5
150.0	91.0
100.0	129.1

Program TUNALL - spredningsberegninger for PM10 - 2014

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.0 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 70.0 m2
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 525.0 ug/m3
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.8 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 20.0 ug/m3
 Avstand til slutten av Jet-fasen : 0.0 m

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

Konsentrasjon (ug/m3)	Vindretning (grader)	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
150.0		8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
100.0		9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
75.0		9.	10.	9.	9.	9.	9.	9.	10.	9.	9.	9.	9.
50.0		10.	20.	10.	10.	10.	10.	10.	20.	10.	10.	10.	10.
35.0		16.	40.	10.	10.	10.	10.	16.	40.	10.	10.	10.	10.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning		4.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0

Program TUNALL - spredningsberegninger for PM10 - 2014 + 10%

Vindhastighet : 1.0 m/s
 Vindhastighet korrigert : 0.4 m/s
 Tunnel ventilasjon Jet hastighet : 1.0 m/s
 Areal av tunnelåpningen : 70.0 m²
 Timemiddelkons. i tunnelåpningen : 570.0 ug/m³
 Største høyde (gulv-tak) i tunnel: 4.8 m
 Døgnmiddel bakgrunnskonsentrasjon: 20.0 ug/m³
 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 ³)	Vindretning (grader)											
	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330	360
150.0	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
100.0	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.	9.
75.0	9.	10.	9.	9.	9.	9.	9.	10.	9.	9.	9.	9.
50.0	10.	22.	10.	10.	10.	10.	10.	22.	10.	10.	10.	10.
35.0	17.	43.	11.	11.	11.	11.	17.	43.	11.	11.	11.	11.
Forekomst (antall timer) med svak vind oppgitt for hver 30 graders retning	4.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0

Vedlegg C

Spredningsberegninger for tunneler

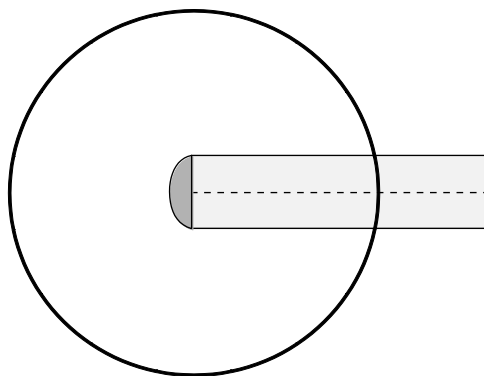
Generelt om spredning av luftforurensning fra tunnelmunninger

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 kjøreretninger. 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 uhellssituasjoner eller dårlig trafikkavvikling.

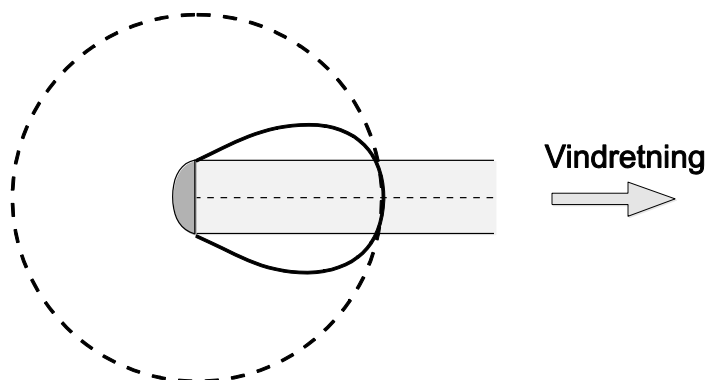
Spredning av luftforurensninger fra en tunnelmunning vil altså normalt være drevet av vifter i tunnelen ved toveiskjørte tunneler, men av en pumpevirkning fra trafikken selv i enveiskjørte tunneler. I det siste tilfellet vil pumpevirkningen normalt være større enn nødvendig ventilasjonshastighet for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

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



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

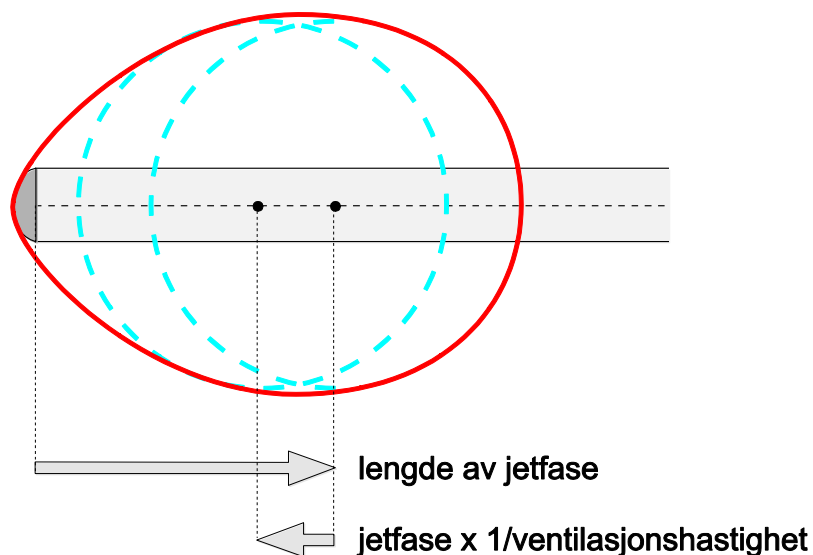
Figur A viser maksimalutbredelsen for alle vindretninger utenfor tunnelmunningen. Siden det bare blåser fra en vindretning om gangen, har vi vist i Figur B hvordan utbredelsen av luftforurensninger vil være i et gitt tilfelle med vind fra vest.



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

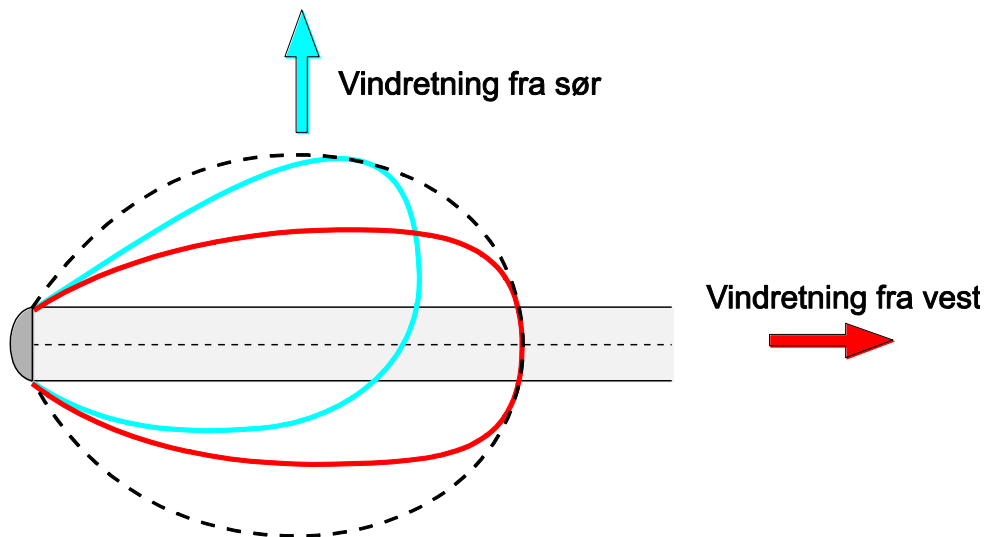
Dersom ventilasjonshastigheten i tunnelmunningen er ca. 3 m/s eller høyere, vil det dannes en jetfase. Lengden av jetfasen viser hvor langt ut fra tunnelmunningen forurensningene blir sendt før jetfasen går i oppløsning og den vind-drevne spredningen overtar.

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



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

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

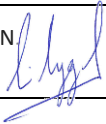


Figur D: Figuren beskriver maksimalutbredelse av en gitt konsentrasjon for to gitte vindretninger, fra vest og fra sør.



Norsk institutt
for luftforskning

Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 Kjeller
Deltaker i CIENS og Miljøalliansen
ISO-sertifisert etter NS-EN ISO 9001/ISO 14001

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 38/2014	ISBN: 978-82-425-2711-0 (trykt) 978-82-425-2712-7 (elektronisk) ISSN: 0807-7207	
DATO 07.10.2014	ANSV. SIGN. 	ANT. SIDER 24	PRIS NOK 150,-
TITTEL Spredningsberegninger for utslipp fra tunnelmunning ved Kverve, Ellingsøy		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-114075	
FORFATTER(E) Ivar Haugsbakk og Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAAGSGIVERS REF. Sindre Øen	
KVALITETSSIKRER: Claudia Hak			
OPPDRAAGSGIVER Leite og Howden AS Ystenesgt. 12 6003 Ålesund			
STIKKORD Luftkvalitet	By- og trafikkforurensning	Spredningsberegninger tunnel	
REFERAT Spredningsberegninger for tunnelmunning Ellingsøytunnelen på Kverve. Det er beregnet maksimale konsentrasjoner av PM ₁₀ , og NO _x i tunnelene ved ugunstige trafikkforhold (rushtrafikk ettermiddag). Konsentrasjonsreduksjon som funksjon av avstand fra tunnelmunninger er vist i tabell, og konsentrasjonene er sammenlignet med Nasjonalt mål og grenseverdier for luftkvalitet.			
TITLE Dispersion calculations regarding emissions from tunnel outlet at Kverve, Ellingsøy.			
ABSTRACT Dispersion calculations for tunnel mouth Ellingsøy Tunnel Kverve. It's estimated maximum concentrations of PM ₁₀ and NO _x in the tunnels under unfavorable traffic conditions (congestion afternoon). Concentration reduction as a function of distance from the tunnel entrances are shown in Table, and the concentrations are compared with national goals and air quality limits.			

* Kategorier

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

REFERANSE: O-114075
DATO: SEPTEMBER 2014
ISBN: 978-82-425-2711-0 (trykt)
978-82-425-2712-7 (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.