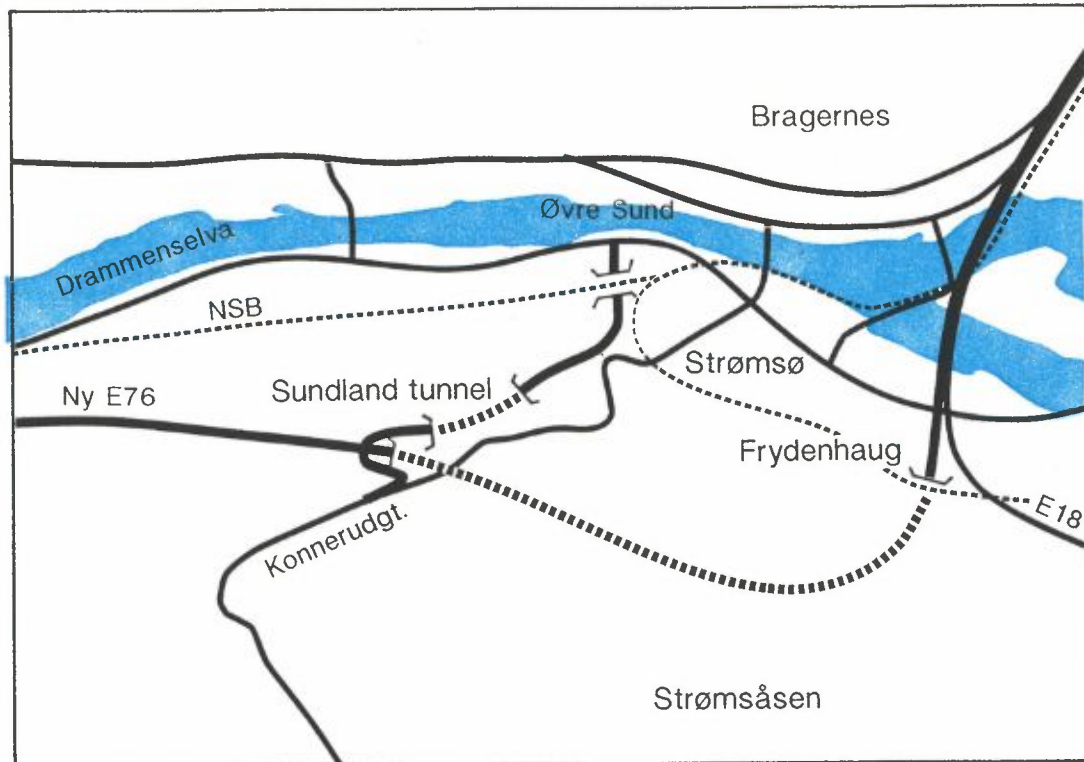


NILU OR : 34/89
REFERANSE: O-8914
DATO : JUNI 1989
ISBN : 82-425-0040-1

E-76-UTBYGGINGEN I DRAMMEN

Forurensningsforhold i og utenfor
Sundland- og Strømsås-tunnelene

F. Gram



Figur 1: E-76-prosjektet i Drammen.

2 METODIKK

Det er her benyttet samme metodikk som ved tidligere tunnelutredninger utført ved NILU (Larssen, 1987, Larssen et.al., 1988).

2.1 BEREGNING AV UTSLIPP I TUNNELER

Forurensningsproduksjonen i tunnelen beregnes ut fra trafikkprognoser og utslippsfaktorer for lette og tunge bensin- og dieseldrevne kjøretøyer. De utslippsfaktorene NILU benytter er basert på de som benyttes i Nordisk beregningsmetode for bilavgasser, samt på resultater fra utslippsmålinger foretatt ved Bilavgaslaboratoriet ved Statens Naturvårdsverk i Sverige når det gjelder kjøring i stigning.

Utslippet er sammensatt av utslipp fra bensin- og dieselkjøretøyer, og varierer på en komplisert måte med både hastighet og stigning. CO-utslippet fra bensinbiler øker sterkt når hastigheten går ned, mens

SAMMENDRAG

NILU har på oppdrag fra Buskerud Vegkontor utført beregninger av forurensningsforholdene i og utenfor Sundlandtunnelen og Strømsåstunnelen i Drammen. Tunnelene inngår som en del av utbyggingen av E-76 i Drammensområdet. Beregningene omfatter CO og NO_x, og resultatene er sammenholdt mot grenseverdier for CO og nitrogendioksid (NO₂).

Sundlandtunnelen vil bli 750 m lang, og inngår i Konnerudnedføringen. Den planlegges med to separate løp med en årsdøgntrafikk (ÅDT) på til sammen 28 500 biler/døgn, med en topp på 1500 biler/time i hvert løp. Når Strømsåstunnelen er ferdig utbygd, ca. år 2000, regner en med at trafikken vil gå ned til 2/3. Det er regnet med god trafikkavvikling i tunnelen med en normalhastighet på 50 km/h, og det ventes bare å være uhellssituasjoner som kortvarig vil gi dårlig trafikkavvikling.

For nedgående løp vil konsentrasjonene holde seg under grenseverdiene for tunnelatmosfære. I området rundt nedre tunnelmunning vil en normalt ikke få overskridelser av grenseverdiene for uteluft. Bare i kortvarige perioder med dårlig trafikkavvikling i rushtiden kan en få overskridelser i et lite område. Ved innføring av katalysatorrensing for bensinbiler vil situasjonen bli bedre og overskridelser kan elimineres ved bruk av vifter.

For oppgående løp er forurensningsproduksjonen større. Ved dårlig trafikkavvikling på ettermiddagen vil en kunne få overskridelser inne i tunnelen. Problemet kan reduseres ved bruk av vifter. Utenfor tunnelen vil en da også få overskridelser i et lite område nærmest tunnelmunningen.

Strømsåstunnelen vil bli ca. 3.9 km lang, og går fra Konnerudnedføringen og østover til E-18-broen ved Bangeløkka på Strømsø. Den planlegges med en ÅDT på 15 300 biler/døgn, med en topp på 1 000 biler/time. Det er regnet med god trafikkavvikling i tunnelen, med en normalhastighet på 70 km/t, og det ventes også her bare å være uhellssituasjoner som kortvarig vil gi dårligere trafikkavvikling. Tunnelen

vil være ferdig omkring århundreskiftet, og det er regnet med at innføringen av katalysatorrensing på bensinbiler vil ha full effekt (30% av dagens utslipp).

For nedgående løp vil konsentrasjonene ved bruk av vifter holde seg under grenseverdiene for tunnelatmosfære. I området ved Bangeløkka vil en i kortvarige perioder med dårlig trafikkavvikling i rushtiden kunne få overskridelser av grenseverdiene for uteluft i et mindre område, selv ved bruk av vifter. Dette vil være ekstra uheldig fordi det samtidig også vil være dårlig trafikkavvikling på resten av veisystemet.

For oppgående løp er også her forurensningsproduksjonen større. Ved normal trafikk i tunnelen vil normene for tunnelluft for både CO og NO₂ overholdes. Ved dårlig trafikkavvikling i rushtiden vil en kunne få overskridelser inne i tunnelen, men dette kan også kontrolleres med vifter. Utenfor tunnelmunningene vil normene overskrides ved dårlig trafikkavvikling i rushtiden, men de to tunnelmunningene er ca. 250 m fra hverandre og selve kombinasjonen ventes ikke å gi noen ekstra problemer.

Hvis forutsetningene om god trafikkavvikling i tunnelene holder, kan en overholde en tilfredsstillende luftkvalitet i og ved tunnelene uten annen ventilasjon enn bruk av vifter i tunnelene. Ved dårlig trafikkavvikling vil en kortvarig kunne få overskridelser i et lite område rundt munningene.

Byggingen av Strømsåstunnelen faller sammen med en utvidelse av E-18, og det vil bli bygget en svært komplisert trafikkmaskin ved Bangeløkka. For å kunne vurdere forurensningsbelastningen ved bygningene omkring krysset vil det bli nødvendig å foreta en spesiell vurdering av trafikken, utslippet og spredningen rundt krysset.

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING	4
2 METODIKK	5
2.1 Beregning av utslipp i tunneler	5
2.2 Beregning av konsentrasjoner i og utenfor tunnelene .	6
3 GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET	7
4 CO- OG NO _x -FORURENSNINGER I DRAMMEN	9
5 KONSENTRASJONER I OG OMKRING TUNNELENE	11
5.1 Sundlandtunnelen	11
5.1.1 Nedgående trafikk	12
5.1.2 Jernbaneverkstedet på Sundland	14
5.1.3 Oppgående trafikk	15
5.2 Strømsåstunnelen	16
5.2.1 Nedgående trafikk	17
5.2.2 Oppgående trafikk	20
6 TILLEGGSVENTILASJON	22
7 REFERANSER	22
VEDLEGG 1: Sammendrag av SFT-rapport nr. 38	24
VEDLEGG 2: Trafikktall for Konnerudnedføringen	29

E-76-UTBYGGINGEN I DRAMMEN

FORURENSNINGSFORHOLD I OG UTENFOR SUNDLAND- OG STRØMSÅS-TUNNELENE

1 INNLEDNING

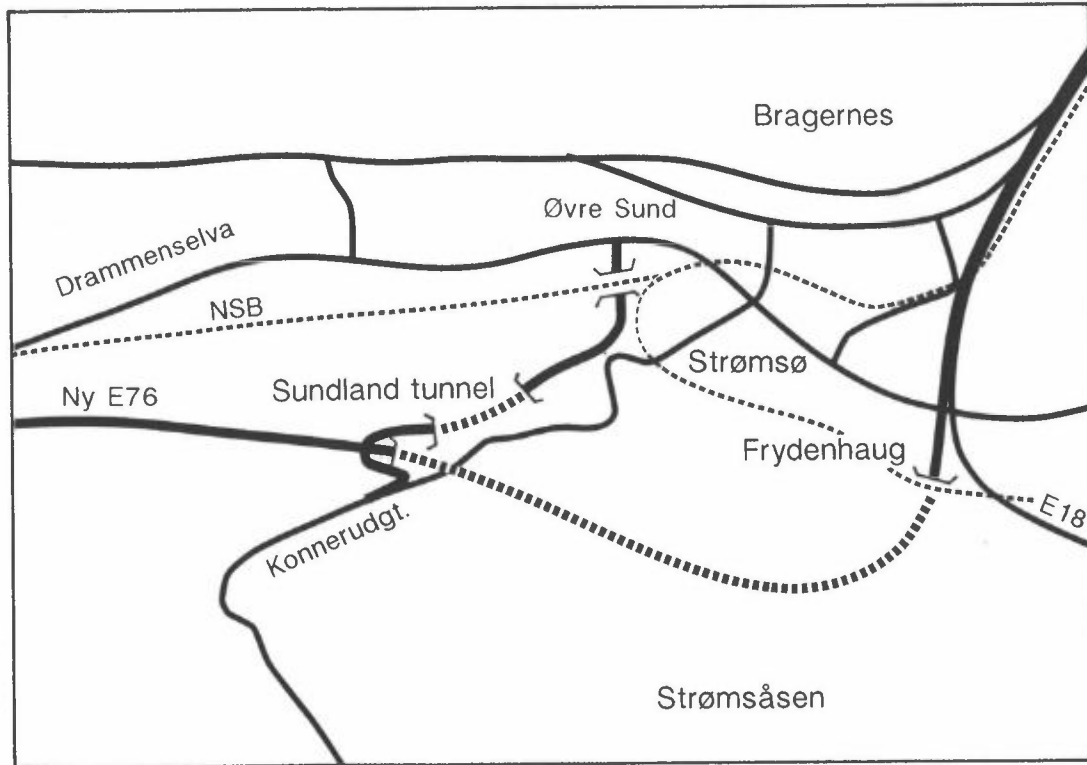
Norsk institutt for luftforskning (NILU) er bedt av Buskerud Vegkontor i Drammen om å utføre beregninger av luftforurensning fra veitrafikk og ventilasjonsbehov for tunnelene som hører med under E-76-prosjektet i Drammen.

Det forutsettes at utbyggingen i Drammen skal skje etappevis. Først skal det bygges en ny nedføring for trafikken fra Konnerud til Øvre Sund, ca. 2 km. I denne nedføringen inngår Sundlandtunnelen, som vil bli ca. 750 m. lang. Neste etappe er bygging av en ny E-76 fra Nedre Eiker bru til Konnerudnedføringen, planlagt ferdig til 1995. Det skal så bygges en tunnel fra krysset med Konnerudnedføringen til Frydenhaug, Strømsåstunnelen. Denne kobles så til E-18 på Strømsø, samtidig som motorveibroen for E-18 bygges ut til 4 felt. Hele utbyggingen vil være ferdig omkring århundreskiftet.

Figur 1 viser en skisse av veisystemet og utbyggingen i Drammen.

Trafikk- og tunneldata er gitt av Buskerud Vegkontor, og beskrives under omtalen av hver enkelt tunnel. Vi har også fått oversendt kart for en rekke trafikkberegninger med Trips-programmet som viser trafikken på de omkringliggende veiene. Disse data er ikke benyttet direkte i de foreliggende beregningene.

Beregningene er utført for karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x) og resultatene er sammenholdt mot forslag til grenseverdier for CO og nitrogendioksid (NO₂).



Figur 1: E-76-prosjektet i Drammen.

2 METODIKK

Det er her benyttet samme metodikk som ved tidligere tunnelutredninger utført ved NILU (Larssen, 1987, Larssen et.al., 1988).

2.1 BEREGNING AV UTSLIPP I TUNNELER

Forurensningsproduksjonen i tunnelen beregnes ut fra trafikkprognoser og utslippsfaktorer for lette og tunge bensin- og dieseldrevne kjøretøyer. De utslippsfaktorene NILU benytter er basert på de som benyttes i Nordisk beregningsmetode for bilavgasser, samt på resultater fra utslippsmålinger foretatt ved Bilavgaslaboratoriet ved Statens Naturvårdsverk i Sverige når det gjelder kjøring i stigning.

Utslippet er sammensatt av utslipp fra bensin- og dieseldrevne kjøretøyer, og varierer på en komplisert måte med både hastighet og stigning. CO-utslippet fra bensinbiler øker sterkt når hastigheten går ned, mens

NO_x-utslippet fra dieselkjøretøyene øker ved sterk stigning. Utslippet fra dieselkjøretøyer i unnabakke regnes som meget lite.

Det er forutsatt at 25% av bilene i tunnelene er i kaldstartfasen. (Bensinbiler med kald motor slipper ut vesentlig mer CO enn varmkjørte biler.)

Alle nye bensindrevne personbiler er fra årsmoell 1989 utstyrt med katalysator for rensing av avgassene. Det er anslått at utslippet fra en bilpark med katalysator-biler vil være 30% av dagens utslipp fra samme bilpark. For en bil med kald motor har katalysatoren liten effekt, mens det er regnet med at varmkjørte biler vil ha et utslipp som er 10% av dagens utslipp. Det er også foreslått rens tiltak for dieselkjøretøyer, men foreløpig er det ikke gitt tall for effekten av slike tiltak.

Det er regnet med 10 % tunge dieselkjøretøyer i tunnelene, med følgende fordeling (dette er den fordeling som benyttes i Nordisk beregningsmetode når ikke annet er angitt):

Totalvekt < 10 tonn: 3%
Totalvekt 10-20 tonn: 3%
Totalvekt > 20 tonn: 4%

2.3 BEREGNING AV KONSENTRASJONER I OG UTENFOR TUNNELENE

Konsentrasjoner i munningen beregnes ut fra forurensningsproduksjonen for forskjellige kjøre- og ventilasjonshastigheter. Ved beregning av munningskonsentrasjonene er det regnet med en lufthastighet i tunnelen som er den største av viftehastigheten og trafikkens egen pumpehastighet.

Konsentrasjoner av CO og NO_x utenfor tunnelmunningene beregnes ved hjelp av en spesiell spredningsmodell som er utviklet for formålet (Iversen, 1982). Vindstyrke og temperatursjiktning ved bakken er viktige parametre i denne modellen, i tillegg til lufthastigheten ut av munningen. Modellen beregner spredning over flatt terreng, og kan i

sin nåværende form ikke regne med topografiske effekter. Dette tas det imidlertid hensyn til i vår vurdering av beregningsresultatene.

Konsentrasjoner rundt ventilasjonstårn beregnes ved hjelp av NILUs spredningsmodeller for enkeltkilder. Med de luftvolumer som vanligvis er knyttet til ventilasjon av tunneler har luften en så stor vertikal-hastighet at den ved lave vindstyrker går så høyt at forurensningsbidraget ved bakken blir lite. Ved høye vindstyrker kan røykfanen bli bragt ned mot bakken, men da er spredningsforholdene forøvrig meget gode.

Ved beregning av bakgrunnsbidraget fra den øvrige trafikk, samt fra industri- og fyringsutslipp er det benyttet resultater fra Basisundersøkelsen i Drammen 1984-86 (Hagen, 1987a,b, Haugsbakk, 1987a,b). Til vurdering av spredningen er det også benyttet meteorologiske data fra Basisundersøkelsen.

3 GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET

For å unngå skadelige effekter fra luftforurensninger fastsetter myndighetene grenseverdier for atmosfærens innhold av ulike forurensninger. Grenseverdiene har ulike anvendelsesområder og er derfor fastsatt ut fra ulike forutsetninger. I denne rapporten skiller vi mellom to typer grenseverdier:

- a) Krav til atmosfæren i tunneler, formulert bl.a. i Vegdirektoratets informasjonshefte "Utforming og trafikkteknisk drift av vegtunneler" (1988). Disse grenseverdiene tar sikte på å beskytte trafikantene i tunnelen, og er korttidsverdier som bl.a. brukes for styring av ventilasjonsanlegg.
- b) Grenseverdier for luftkvalitet i uteluft, foreslått av en arbeidsgruppe ved Statens Forurensningstilsyn (SFT, 1982). Disse er, når det gjelder CO og NO₂, basert på Verdens helseorganisasjons (WHOs) anbefalinger. Sammendraget for arbeidsgruppens rapport er gjengitt i vedlegg 1. Når det gjelder grunnlaget for grenseverdiene henvises det til gruppens rapport (SFT, 1982).

Tabell 1 viser grenseverdiene som er benyttet ved vurdering av forurensninger i og utenfor tunnelene i Drammen.

Tabell 1: Grenseverdier inne i (C_0) og utenfor (C) tunneler.

	halvveis i tunnelen		utenfor tunnelen		
	maks.-verdi inntil 15-min. C_0 (ppm) C_0 (mg/m ³)		maks. times- verdi C (ppm) C (mg/m ³)		maks. 8- timer-verdi mg/m ³
CO	100	125*	21	25	10
NO _x	15	29			
NO ₂	1.5	3	0.20-0.35**		

* Ved drift skal konsentrasjonen 125 mg CO/m³ bare nås unntaksvis midt i tunnelen og må ikke overskrides selv ved ugunstige trafikk-forhold.

** 0.35 mg NO₂/m³ gjelder for svært sjeldne belastninger
0.20 mg NO₂/m³ gjelder når belastningen opptrer oftere.

Konsentrasjonsberegningene for tunnelene gjelder ved tunnelmunningen, og her kan en regne med en grenseverdi lik

$$C = 2.0 * C_0 - C_B$$

der C_0 er grenseverdien halvveis og C_B er bakgrunnskonsentrasjonen i den luften som kommer inn i tunnelen.

Ved en tunnelmunning er det grenseverdiene som gjelder for 1 times gjennomsnitt som slår ut først, og høy forurensningsbelastning vil kunne opptre relativt ofte, typisk noen ganger pr. måned om vinteren. Nedre NO₂-grenseverdi på 0.20 mg/m³ bør derfor anvendes.

For nitrogenoksider har det vært vanlig å regne med at i gater vil ca. 10% foreligge som NO₂, mens en på større skala regner med 30-40%. Foreløpige resultater fra målinger som NILU utfører for tiden i Vålerengatunnelen i Oslo (Larssen, 1989) tyder på at NO₂-andelen i tunneler ligger noe lavere, ned mot omkring 5%. Vi har imidlertid for å være på den sikre siden valgt å vurdere beregningsresultatene for NO_x mot 10 ganger NO₂-normene.

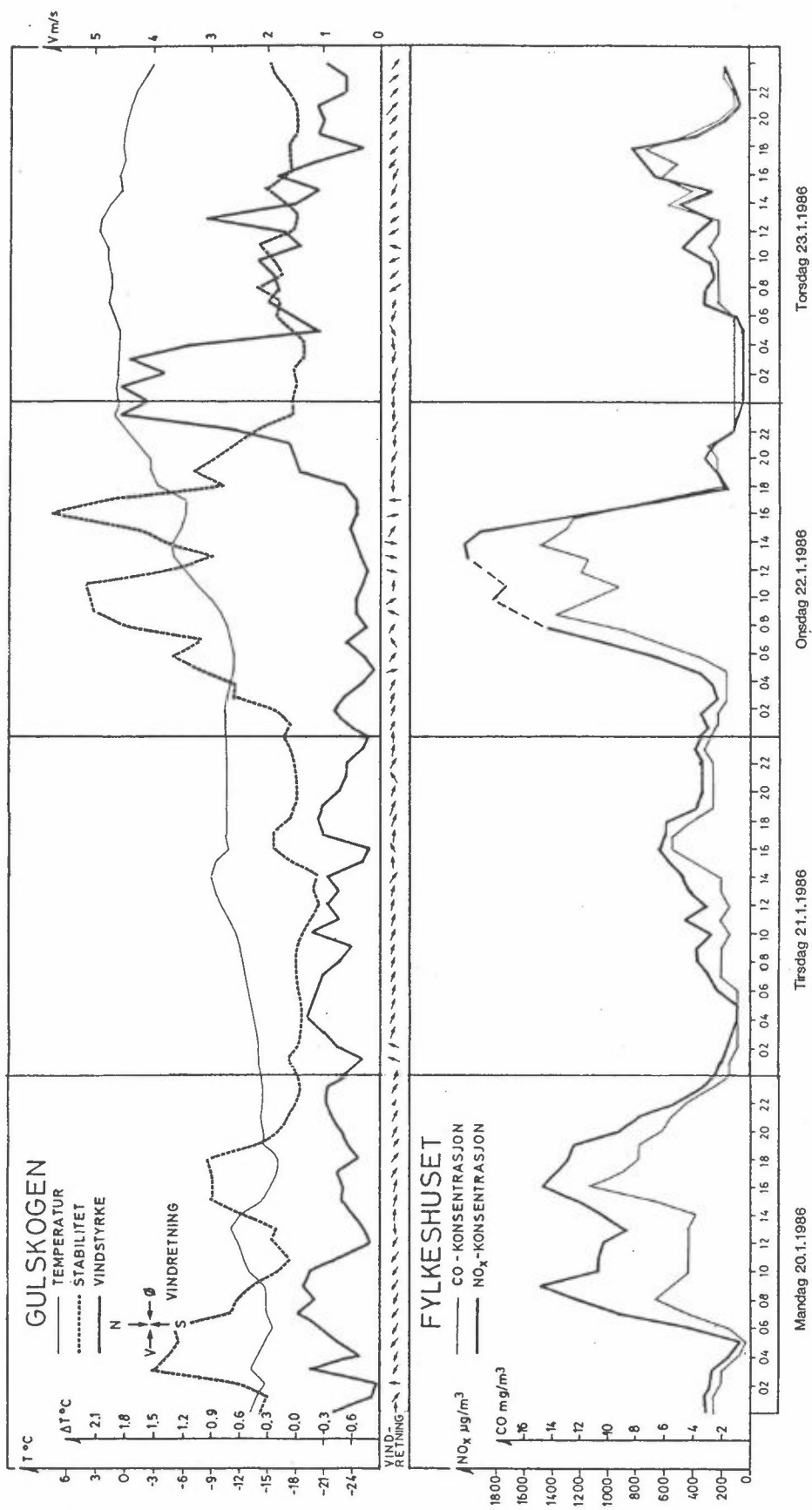
4 CO- OG NOX-FORURENSNINGER I DRAMMEN

Under NILUs basisundersøkelse i Drammen 1984-86 ble det registrert overskridelser av grenseverdiene for døgnverdier av SO_2 , NO_2 og sot og av 8-timers-grenseverdien for CO en rekke ganger (Hagen, 1987b). Overskridelsene ble målt på dager med kaldt vær, lav vindstyrke og stabil temperatursjiktning (temperaturen øker med høyden). På slike dager er spredningsforholdene spesielt dårlige.

Utslippsoversikten for Drammen (Haugsbakk, 1987a) viser at biltrafikken representerer 99% av CO-utslippet i området. CO-målinger ved Fylkeshuset gav lavere verdier enn trafikken skulle tilsi, men målestasjonen lå i et ganske åpent område, slik at spredningen ble bedre enn for en sterkt trafikkert sentrumsgate.

85% av NO_x -utslippet kommer fra biltrafikken. Det meste av utslippet er som NO, som oksideres til NO_2 . Denne prosessen tar noe tid, og imens skjer det en spredning og fortynning i atmosfæren. Dette gav mindre forskjeller fra målestasjon til målestasjon enn utslippsoversikten skulle tilsi. De fleste av målestasjonene under Basisundersøkelsen lå på nordsiden av elven, men døgnmiddelverdier av NO_2 ble også målt på en målestasjon på Strømsø. Ved modellberegningene (Haugsbakk, 1987a) ble det beregnet langtidsmiddelverdier, og det ble regnet med en bakgrunn på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$. Ved timesmiddelberegninger under forurensningsepisoder ble det for målestasjonen på Strømsø beregnet opptil $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$. De beregnede konsentrasjonene var et middel for den 500 m x 500 m-ruten stasjonen ligger i, og trenger således ikke å gi et riktig bilde av belastningen på målestasjonen.

Figur 2 viser variasjonen fra time til time i forurensingsnivået ved Fylkeshuset for fire døgn under en forurensningsepisode under Basisundersøkelsen i 1986.



Figur 2: Variasjon fra time til time i forurensningsnivå samt meteorologiske forhold målt i perioden 20.1.1986 kl.00-23.1.1986 kl.24 (Hagen, 1987b)

5 KONSENTRASJONER I OG OMKRING TUNNELENE

5.1 SUNDLANDTUNNELEN

Konnerudnedføringen er som nevnt ca. 2 km lang. Fra Øvre Sund krysser veien under jernbanen, dreier vestover til et nytt veikryss med Professor Smiths alle, og går så inn i åsen med portal under Skogli-veien. Selve Sundlandtunnelen vil bli 750 m. lang og planlegges med en stigning på 6%. Fra øvre tunnelportal fortsetter veien i skjæring ca. 100 m. til et kryss med den nye E-76. Det planlegges to parallelle tunneler, hver med tverrsnitt T9, som med 4.6 m fri høyde gir et tunnelareal på 50.73 m².

Vedlegg 2 viser prognosetall for trafikken i Konnerudnedføringen i år 2000 med og uten Strømsåstunnelen. Uten Strømsåstunnelen er det antatt en ÅDT på 28 500 biler/døgn, mens den med begge tunnelene går ned til 19 000. I beregningene er det regnet med en maksimal timestrafikk begge veier på 1500 biler/time. Dette gir produksjontall i tunnelene som vist i tabell 2. Når Strømsåstunnelen er ferdigbygget og trafikken i Konnerudnedføringen blir redusert til 2/3 vil en kunne vente tilsvarende reduksjoner i konsentrasjonene i og rundt Sundlandtunnelen.

Det er regnet med god trafikkavvikling i tunnelen, med en normalhastighet på 50 km/t. Det er ingen kryss i noen av endene som forventes å skape problemer, slik at det ventes å bare være uhellssituasjoner som kortvarig vil gi dårligere trafikkavvikling.

Tabell 2: Forurensningsproduksjon i Sundlandtunnelen ved en timestrafikk på 1500 biler/time.

Hastighet km/h		CO-produksjon g/s		NOx-produksjon g/s	
		uten katalysator	med katalysator	uten katalysator	med katalysator
N E D	10	18.85	5.66	0.57	0.17
	20	13.02	3.90	0.56	0.16
	30	10.03	3.09	0.28	0.09
	40	3.74	1.12	0.08	0.03
	50	3.14	0.95	0.05	0.02
	60	2.85	0.85	0.05	0.02
O P P	10	36.97	11.38	2.34	1.55
	20	22.55	6.94	2.36	1.55
	30	18.98	5.77	2.35	1.52
	40	9.66	3.13	2.75	1.62
	50	8.29	2.83	3.02	1.66
	60	7.62	2.62	3.11	1.65

5.1.1. Nedgående trafikk

I tabell 3 er det gitt beregnede maksimale verdier for munningskonsentrasjoner for nedgående trafikk for forskjellige kjørehastigheter og viftehastigheter.

Tabellen viser at både CO- og NOx-konsentrasjonene i tunnelen vil, med trafikk ifølge prognosene, holde seg under grenseverdiene for tunnelatmosfære, og med full katalysatoreffekt vil de ligge godt under. Når Strømsåstunnelen blir ferdig vil konsentrasjonene reduseres ytterligere.

En ser videre av tabellen at SFTs grenseverdier for uteluft for både CO og NOx vil overskrides i området nærmest tunnelmunningen når det er dårlig trafikkavvikling i rushtiden, selv med stor viftekapasitet. Ved innføring av katalysator på bensinbiler vil en bare få overskridelser i et lite område ved tunnelmunningen, og dette kan rettes på ved bruk av vifter.

Tabell 3: Munningskonsentrasjoner i Sundlandtunnelen ved en trafikk på 1500 biler/time. Nedgående trafikk. * betyr at lufthastigheten er bestemt av bilenes pumpehastighet.

km/h	CO mg/m ³	uten katalysator				med katalysator			
	pumpe- hast.	lufthastighet				lufthastighet			
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s
10	0.9	185	92	62	46	55	28	19	13
20	1.7	127	64	43	33	39	20	13	10
30	2.5	79*	50	33	25	24*	16	10	7
40	3.4	22*	18	12	10	6*	5	4	3
50	4.2	15*	15	10	7	4*	4	3	2
60	5.1	11*	11*	9	7	3*	3*	3	2

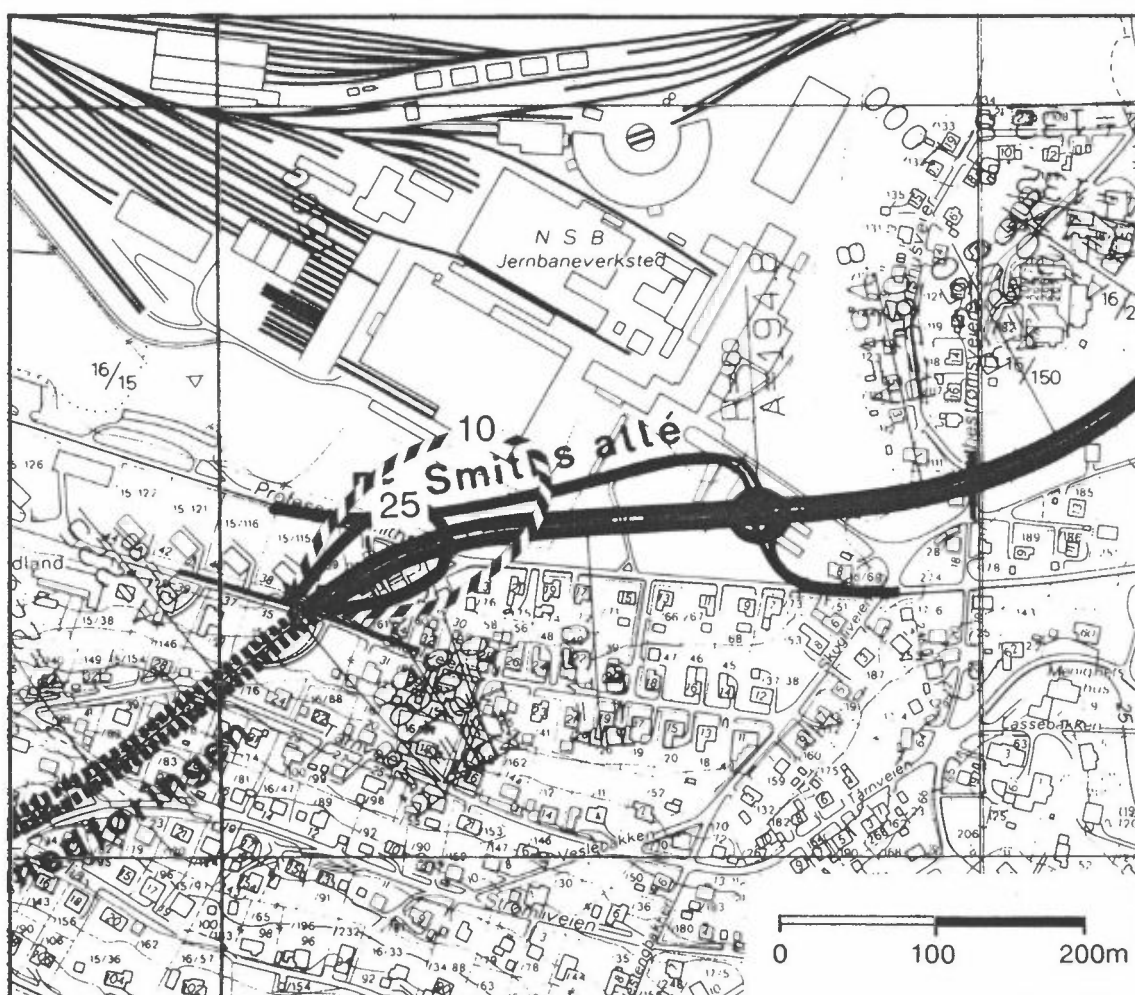
km/h	NOx mg/m ³	uten katalysator				med katalysator			
	pumpe- hast.	lufthastighet				lufthastighet			
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s
10	0.9	5.5	2.8	1.8	1.3	1.6	0.8	0.5	0.4
20	1.7	5.5	2.8	1.8	1.3	1.6	0.8	0.5	0.4
30	2.5	2.2*	1.4	0.9	0.7	0.6*	0.4	0.3	0.2
40	3.4	0.5*	0.4	0.3	0.2	0.1*	0.1	0.1	0.1
50	4.2	0.3*	0.3*	0.2	0.1	0.1*	0.1*	0.05	0.04
60	5.1	0.2*	0.2*	0.2	0.1	0.1*	0.06*	0.05	0.04

I tillegg til konsentrasjonene fra selve tunnelen er det også tatt hensyn til forurensning fra den øvrige trafikken. For NOx er det lagt til en bakgrunn fra øvrige kilder i Drammen, hentet fra Basisundersøkelsen, mens en for CO bare har regnet med bidrag fra biltrafikken i området.

Figur 3 viser området rundt nedre munning av Sundlandtunnelen, samt området der en ved dårlig trafikkavvikling og lav hastighet (10 km/t) i morgenrushet (1500 biler/time) vil kunne få overskridelser av timesnormen for CO i uteluft. For NOx vil en få et tilsvarende kart. Fra tunnelutløpet vil veien gå i skjæring et stykke, og dette kan gi dårligere spredning enn i åpent lende. Dette er det ikke korrigert for her. Det er heller ikke utført vurderinger av konsentrasjonsforholdene for hvert enkelt hus ved tunnelmunningen.

5.1.2 Jernbaneverkstedet på Sundland

NSBs jernbaneverksted på Sundland ligger i retning av forlengelsen av tunnelen, 350-400 m fra, og en ser av figur 3 at verkstedsområdet vil bli lite påvirket av utslippene fra tunnelmunningen og forurensningsnivået vil ligge godt under grenseverdiene. Fra vedlegg 2 ser en at den største timestrafikken nedover er konsentrert om noen få timer om morgenen. Dette betyr at på Sundland vil CO-verdiene også holde seg godt under 8-timers-normen for CO. Tilsvarende gjelder også for NOx.



Figur 3: Maksimale timeskonsentrasjoner av CO rundt nedre munning av Sundlandtunnelen. Enhet: mg CO/m³.

5.1.3 Oppgående trafikk

I tabell 4 er det gitt beregnede maksimale verdier for munningskonsentrasjon viftehastigheter.

Tabell 4: Munningskonsentrasjoner i Sundlandtunnelen ved en trafikk på 1 500 biler/time. Oppgående trafikk. * betyr at lufthastigheten er bestemt av bilenes pumpehastighet.

km/h	CO ₃ mg/m	uten katalysator				med katalysator			
	pumpe- hast.	lufthastighet				lufthastighet			
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s
10	0.9	364	182	121	90	112	57	37	28
20	1.7	225	111	74	55	69	34	23	18
30	2.5	147*	94	62	46	45*	29	19	14
40	3.4	56*	47	31	24	19*	15	10	8
50	4.2	38*	38*	27	19	13*	13*	9	7
60	5.1	29*	29*	25	18	10*	10*	8	6

km/h	NOx ₃ mg/m	uten katalysator				med katalysator			
	pumpe- hast.	lufthastighet				lufthastighet			
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s
10	0.9	23.0	11.5	7.7	5.8	15.3	7.6	5.1	3.8
20	1.7	23.3	11.7	7.8	5.9	15.2	7.6	5.1	3.8
30	2.5	18.3*	11.6	7.7	5.8	11.8*	7.5	5.0	3.8
40	3.4	16.0*	13.6	9.0	6.8	9.5*	8.0	5.3	4.0
50	4.2	14.1*	14.1*	10.0	7.4	7.7*	7.7*	5.4	4.1
60	5.1	12.1*	12.1*	10.3	7.7	6.5*	6.5*	5.5	4.1

En ser av tabellen at ved dårlig trafikkavvikling og lav viftekapasitet vil både CO- og NO₂-konsentrasjonene i tunnelen overskride grenseverdiene, men dette kan en styre med å holde en lufthastighet i tunnelen på minst 3 m/s. Situasjonen bedres endel ved full katalysatoreffekt, og enda bedre etter at Strømsåstunnelen blir ferdig.

En ser videre av tabellen at SFTs grenseverdier for uteluft for både CO og NO₂ vil overskrides rundt munningen av Sundlandtunnelen når en

har den høyeste timestrafikken. Dette vil forekomme i ettermiddagstrafikken mellom kl. 15 og 17. Figur 5 viser området rundt øvre munning av Sundland- og Strømsåstunnelene samt områder der en vil få overskridelser av timesnormen for NO₂ i uteluft.

5.2 STRØMSÅSTUNNELEN

Strømsåstunnelen starter ved Bangeløkka på Strømsø og går til å begynne med nedover for å komme under jernbanen. Den svinger så vestover og går med jevn stigning, 1.3% opp mot Konnerud-krysset. Før toppen er det av/påkjøring til Konnerudnedføringen, mens selve tunnelen fortsetter i den nye E-76-veien til Nedre Eiker. Selve tunnelen vil bli 3 970 m. lang, og det er for år 2000 regnet med en ÅDT på 15 300 kjøretøyer/døgn.

Det planlegges to parallelle tunneler med 2 kjørefelt i hver, hver med tverrsnitt T9. Det har også vært antydnet muligheten av foreløpig å bare bygge ett løp og åpne dette for toveis trafikk, men en beregning av konsentrasjoner i en slik tunnel antyder at en vil få meget store problemer med å opprettholde en ønskelig luftkvalitet i tunnelen. Med en så lang tunnel vil en med det planlagte trafikkvolumet også kunne få problemer med sikkerheten i tunnelen (rømningsveier etc.). I beregningene er det derfor regnet med to separate tunneler, med en maksimal timestrafikk på 1 000 kjøretøyer i hver retning. Toppbelastningen på de to tunnelene faller ikke sammen i tid.

Det er regnet med god trafikkavvikling i tunnelen, med en normalhastighet på 70 km/t. Det er ingen kryss i noen av endene som ventes å skape problemer, slik at det ventes å bare være uhellssituasjoner som vil gi dårligere trafikkavvikling. For den oppgående trafikken kan en hastighet på 70 km/t være noe høyt for tungtrafikken, men utslippene fra tunge dieselskjøretøyer er ikke så følsomme for hastigheten, og det er derfor regnet med samme hastighet for alle kjøretøyer i tunnelen.

Det er regnet med at tunnelen består av seks deler, regnet fra Bangeløkka:

	lengde	stigning
1	180 m	-3.3%
2	105 m	-2.3%
3	132 m	0.0%
4	3193 m	1.3%
5	160 m	2.3%
6	200 m	3.3%

3970 m

Tunnelen er planlagt ferdig omkring århundreskiftet, og det er regnet med at de fleste bensinbiler da er utstyrt med katalysator.

Dette gir følgende produksjon i tunnelen:

km/h		produksjon CO g/s	produksjon NOx g/s
N E D	10	21.36	2.44
	20	13.14	2.03
	30	10.24	1.66
	40	5.55	1.46
	50	4.67	1.33
	60	4.27	1.30
	70	3.87	1.28
O P P	10	25.29	3.99
	20	15.34	3.65
	30	12.22	3.21
	40	7.01	2.98
	50	6.02	2.78
	60	5.54	2.72
	70	5.05	2.65

5.2.1 Nedgående trafikk

I tabell 5 er det gitt beregnede maksimale munningskonsentrasjoner for nedgående trafikk i Strømsåstunnelen for forskjellige kjørehastigheter og viftehastigheter.

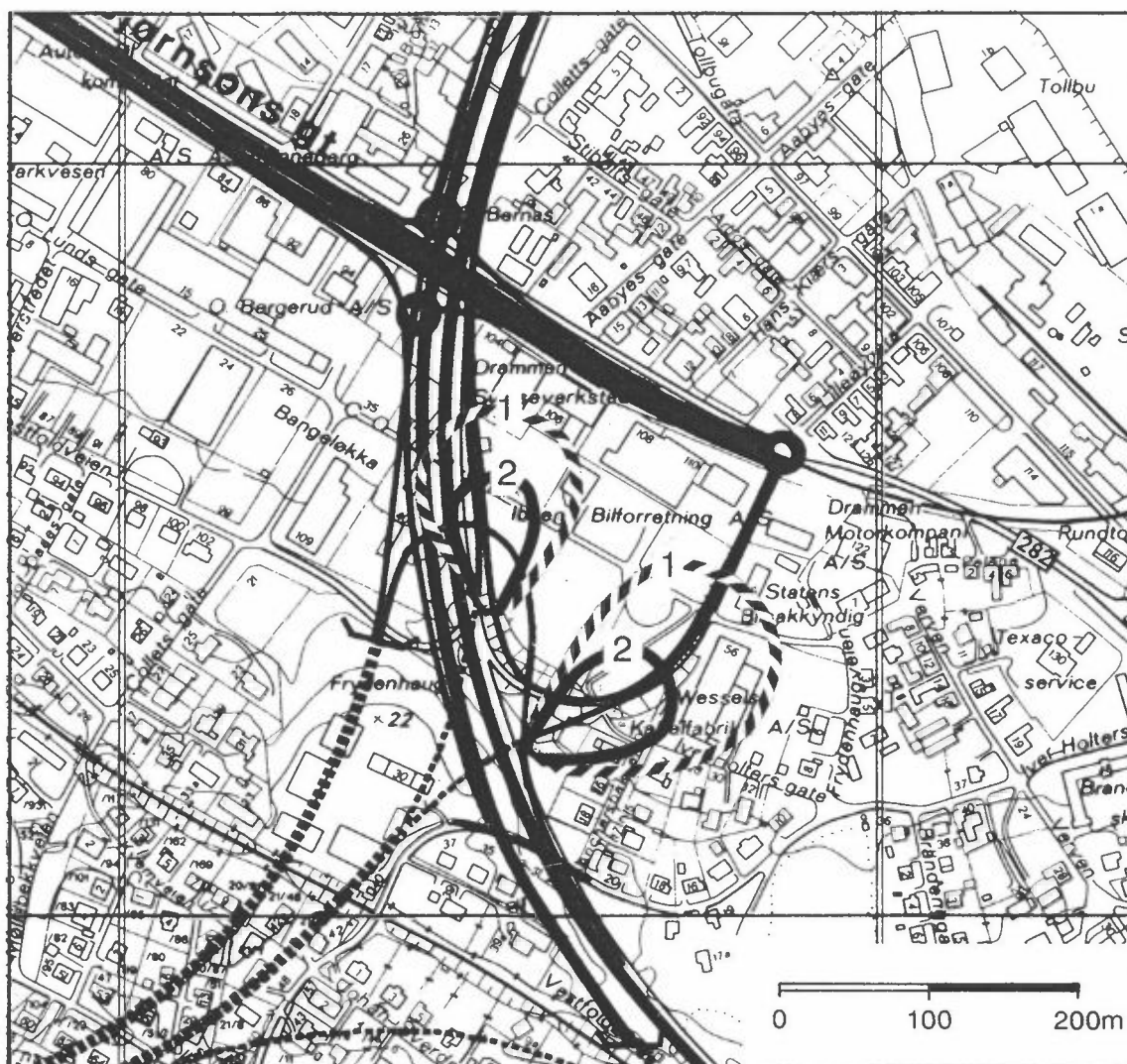
Tabell 5: Munningskonsentrasjoner i Strømsåstunnelen ved en trafikk på 1000 biler/time. Nedgående trafikk. * betyr at lufthastigheten er bestemt av bilenes pumpehastighet.

		CO mg/m ³	med katalysator				
hast km/h	pumpe- hast.	lufthastighet					
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	
10	0.7	210	105	70	53	42	
20	1.4	130	65	43	32	26	
30	2.1	97*	50	34	25	20	
40	2.8	40*	27	18	14	11	
50	3.5	27*	23	15	12	9	
60	4.1	20*	20*	14	11	8	
70	4.8	16*	16*	13	10	8	

		NOx mg/m ³	med katalysator				
km/h	pumpe- hast.	lufthastighet					
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	
10	0.7	24.1	12.0	8.0	6.0	4.8	
20	1.4	20.1	10.0	6.7	5.0	4.0	
30	2.1	15.8*	8.2	5.4	4.1	3.3	
40	2.8	10.4*	7.2	4.8	3.6	2.9	
50	3.5	7.6*	6.6	4.4	3.3	2.6	
60	4.1	6.2*	6.2*	4.3	3.2	2.6	
70	4.8	5.2*	5.2*	4.2	3.2	2.5	

Tabellen viser høye munningskonsentrasjoner, selv ved den beste trafikkavvikling. Det er planlagt at nedgående tunnel skal dele seg i tre mot utløpet: hovedløpet går ut under Frydenberg og videre over til E-18-broen, en sidegren går over til den nye sydgående E-18-tunnelen, mens resten går ut til lokalveinettet. Fordelingen av forurensningsutslippet på de tre tunnelutløpene er mest et ventilasjonsteknisk problem, men med mindre det tilføres ekstra luft, vil munningskonsentrasjonene bli nokså like.

Figur 4 viser området rundt munningene av Strømsåstunnelen ved Bangeløkka, samt en sone der en vil få maksimale timeskonsentrasjoner av NOx over 1 og 2 mg/m³.



Figur 4: Maksimale timeskonsentrasjoner av NO_x rundt munningen av Strømsåstunnelen ved Bangeløkka. Enhet: mg/m³ NO_x.

Tunnelmunningene fører ut til et område som allerede er meget sterkt trafikk- og forurensningsbelastet. Når en har de høyeste munningskonsentrasjonene er det allerede høy trafikk i området. En må derfor regne med høyere bakgrunnskonsentrasjoner, noe som igjen betyr at forurensningsbidraget fra tunnelen ikke får være så stort som normene tilsier at det kan være når en ser på tunnelen alene. I slike områder bør en derfor regne med krav som kan virke strengere enn for strøk med mindre trafikk og bebyggelse.

Byggingen av Strømsåstunnelen faller sammen med en utvidelse av E-18, og det vil bli bygget en svært komplisert trafikkmaskin ved Bangeløkka. For å kunne vurdere forurensningsbelastningen ved bygningene omkring krysset vil det bli nødvendig å foreta en spesiell vurdering av trafikken, utslippet og spredningen rundt krysset (Gram, 1989).

5.2.2 Oppgående trafikk

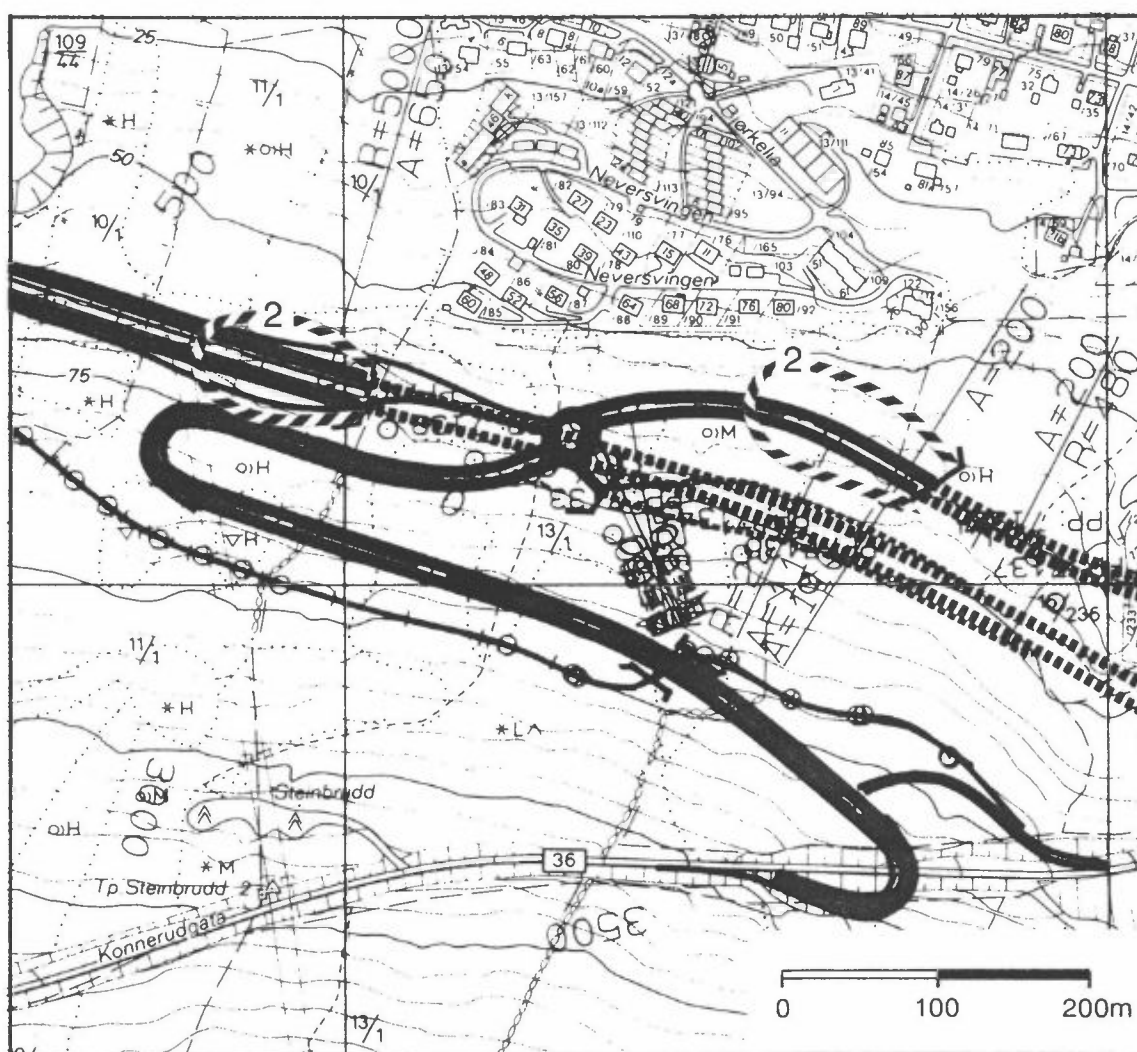
I tabell 6 er det gitt beregnede maksimale munningskonsentrasjoner for oppgående trafikk i Strømsåstunnelen for forskjellige kjørehastigheter og viftehastigheter.

Tabell 6: Munningskonsentrasjoner i Strømsåstunnelen ved en trafikk på 1 000 biler/time. Oppgående trafikk. * betyr at lufthastigheten er bestemt av bilenes pumpehastighet.

		CO mg/m ³	med katalysator				
hast km/h	pumpe- hast.	lufthastighet					
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	
10	0.7	249	125	83	62	50	
20	1.4	151	76	50	38	30	
30	2.1	116*	60	40	30	24	
40	2.8	50*	35	23	17	14	
50	3.5	34*	30	20	15	12	
60	4.1	26*	26*	18	14	11	
70	4.8	21*	21*	17	12	10	

		NOx mg/m ³	med katalysator				
km/h	pumpe- hast.	lufthastighet					
		2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	
10	0.7	39.4	19.7	13.1	9.8	7.9	
20	1.4	36.0	18.0	12.0	9.0	7.2	
30	2.1	30.6*	15.8	10.6	7.9	6.3	
40	2.8	21.3*	14.7	9.8	7.4	5.9	
50	3.5	15.9*	13.7	9.2	6.9	5.5	
60	4.1	12.9*	12.9*	8.9	6.7	5.4	
70	4.8	10.8*	10.8*	8.7	6.5	5.2	

Ved normal trafikk i tunnelen vil normene for tunnelluft for både CO og NO₂ overholdes. Figur 5 viser maksimale timeskonsentrasjoner av NO_x rundt trafikkområdet ved øvre munning av Sundland- og Strømsåstunnelene. Ved tunnelmunningene vil normene overskrides ved dårlig trafikkavvikling i rushtiden, men de to tunnelmunningene er ca. 250 m fra hverandre og selve kombinasjonen ventes ikke å gi noen ekstra problemer. Imidlertid vil en kunne vente at når trafikken i den ene tunnelen går dårlig, vil den også gå tregt i den andre, og en kan få høye konsentrasjoner i området.



Figur 5: Maksimale timeskonsentrasjoner av NO_x rundt øvre munning av Sundland- og Strømsåstunnelene. Enhet: mg/m³ NO_x.

6 TILLEGGSVENTILASJON

I beregningene er det regnet for maksimal timestrafikk i tunnelene. Ved alle fire tunnelmunningene vil en da ved dårlig trafikkavvikling i rushtiden kortvarig kunne få konsentrasjoner opp mot og over grenseverdiene for luftkvalitet. Ved å føre en del av tunnelluften opp gjennom vertikale sjakter eller tårn vil forurensningene ledes opp til områder med bedre atmosfærisk spredning, og belastningen rundt munningene vil bli vesentlig mindre.

Områdene ved tunnelmunningene der en under spesielle forhold vil kunne få overskridelser av normene for luftkvalitet er innenfor trafikkområder og det er ikke nødvendig med noen slik tilleggsventilasjon for Sundland- eller Strømsåstunnelene.

7 REFERANSER

Gram, F. (1989) Fremtidig luftkvalitet på Nygårdstangen i Bergen. Lillestrøm (NILU OR 16/89).

Hagen, L. O. (1987a) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-1986. Hovedrapport. Lillestrøm (NILU OR 51/87).

Hagen, L. O. (1987b) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-1986. Delrapport B. Meteorologi og luftkvalitet. Lillestrøm (NILU OR 46/87).

Haugsbakk, I. (1987a) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-1986. Delrapport C. Utslippsdata. Lillestrøm (NILU OR 47/87).

Haugsbakk, I. (1987b) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-1986. Delrapport D. Spredningsberegninger. Lillestrøm (NILU OR 48/87).

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

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

Larssen, S., Gram, F. og Tønnesen, D. (1988) Teatergate-tunnelen i Oslo. Ny vurdering av luftforurensning ved tunnelmunninger og sjakter. Lillestrøm (NILU OR 79/88).

Larssen, S. (1989) Personlig meddelelse.

Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning: virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport nr. 38).

Statens Vegvesen, Vegdirektoratet (1988) Utforming og trafikkteknisk drift av vegtunneler. Forslag til informasjonshefte. Oslo, mai 1988.

VEDLEGG 1

Sammendrag av SFT-rapport nr. 38

Sammendrag

En arbeidsgruppe ble opprettet av Statens forurensningstilsyn i 1979. Gruppen har på grunnlag av litteraturstudier beskrevet sammenhengen mellom luftforurensning og skadevirkninger på helse og miljø (dose-effektforhold) for stoffene svoveldioksyd (SO_2), svevestøv, nitrogendioksyd (NO_2), karbonmonoksyd (CO), fotokjemiske oksydanter, bly og fluorider. For samtlige stoffer, unntatt bly, har gruppen angitt luftkvalitetsgrenseverdier for helsevirkninger. For noen av komponentene oppstår skade på dyr eller vegetasjon ved tilsvarende eller lavere nivåer enn for helseskade. For disse stoffer har gruppen angitt grenseverdier også for slike virkninger. Grenseverdier for vegetasjonsskade er angitt for SO_2 , fotokjemiske oksydanter og fluorid og grenseverdier for skade på dyr er angitt for fluorid.

Med "grenseverdier for helsevirkninger" for et stoff menes her et eksponeringsnivå (den mengden av forurensning) som man ut fra nåværende viten antar befolkningen kan utsettes for uten at helsevirkninger forekommer. Det er regnet med samvirke mellom stoffet og vanlig forekomst av de andre omtalte forurensninger. Det er tatt hensyn til spesielt følsomme grupper i befolkningen.

Grenseverdiene for skade på vegetasjon og dyr skal oppfattes på tilsvarende måte.

Gruppens oppgave har ikke vært å legge fram forslag til nasjonale bestemmelser om luftkvalitet (normer), men å presentere det kunnskapsgrunnlag om virkninger på helse og miljø som er nødvendig for å fastsette slike bestemmelser.

Arbeidsgruppen ønsker å fremheve at dagens kunnskaper om de ovennevnte stoffers dose-effektforhold er mangelfulle. Ved valget av de foreslåtte grenseverdier er det derfor

benyttet en sikkerhetsfaktor på mellom 2 og 5 for de ulike forurensningskomponenter. Dette betyr at man må opp i 2-5 ganger høyere eksponeringsnivåer enn de angitte grenseverdier før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. Selv ved dette terskelnivået, er effektene på grensen av hva man kan påvise med dagens teknikk. De angitte grenseverdier bør derfor ikke tolkes slik at nivåer over grensen er definitivt farlige, mens lavere nivåer ikke kan medføre skader.

Arbeidsgruppen gjør videre oppmerksom på at forurenset luft vanligvis også inneholder andre skadelige komponenter enn de som her er omtalt. At grenseverdiene overholdes er derfor ingen garanti for at den forurensede luft er uten skadevirkninger.

I de tilfeller gruppen ikke har funnet grunnlag for å fastsette en bestemt verdi, er det angitt et konsentrasjonsområde.

I det etterfølgende oppsummeres de angitte grenseverdier i tabellform. Tallverdiene bør ikke anvendes uten at dette skjer i sammenheng med den ledsagende tekst i rapporten.

OVERSIKT OVER GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET ANGITT AV ARBEIDSGRUPPEN

Stoff	Måleenhet/ metode	Virkning på	Midlingstid					
			1 h	8 h	24 h	30 d	6 mndr.	
Svoveldioksyd (SO ₂) ^{a)}	µg/m ³	Helse			100-150		40-60	
Svevestøv a)	"				100-150		40-60	
Svoveldioksyd (SO ₂)	"	Vegetasjon	150		50		25	
Nitrogendioksyd (NO ₂)	µg/m ³	Helse	200-350		100-150		75	
Karbonmonoksyd (CO)	mg/m ³	Helse	25	10				
Fotokjemiske oksydanter	µg/m ³	Helse	100-200					
"	målt ved ozon- innholdet	Vegetasjon	200					
Fluorider ^{b)}	µg F pr. m ³	Helse			25		10	
" ^{b)}		Dyr				0,2-0,4 ^{d)}		
" ^{c)}		Vegetasjon			1,0		0,3	

a) Virkningen av de to komponenter forsterker hverandre når de kommer i luften. Forslaget til grenseverdier forutsetter at den forurensende luften inneholder begge komponenter.

b) Grenseverdi for totalfluorid.

c) Grenseverdi for gassformig fluorid.

d) Utgangspunktet for luftkvalitetsgrenseverdien er at høy og beitegras bare unntaksvis bør inneholde mer enn 30 mg fluor pr. kg tørrstoff. Dette er anslått å svare til en konsentrasjon av totalfluorid av størrelsesorden 0,2 - 0,4 µg F pr. m³ luft.

Bly

For bly har gruppen ikke funnet grunnlag for å angi en grenseverdi for luftkvalitet. Årsaken til dette er at blybelastningen ved direkte innånding bare representerer en mindre del av den totale blybelastning hos en person.

Blyinnholdet i blod kan benyttes som en indikator på den samlede blybelastning. Det datamaterialet gruppen har samlet inn tyder på at nedre grense for helseeffekter ligger på følgende blod-blynivåer:

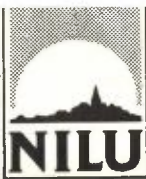
Hos barn og gravide	30-40 µg/100 ml
Hos voksne for øvrig	40-50 µg/100 ml

Utslipp av bly til luft kan føre til økt blybelastning både ved direkte innånding av bly i svevestøv og ved inntak av avsatt blyholdig støv i gater, forretninger, boliger, på gjenstander og matvarer. Især vil småbarn lett få i seg slikt blyholdig støv. Barn som vokser opp i bymiljøer der gjennomsnittskonsentrasjonene av bly i luften over lang tid er mer enn $2-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vil ha påvisbar økning av blynivået i blodet og hos enkelte vil det forekomme blypåvirkning av betydning for helsen.

VEDLEGG 2

Trafikktall for Konnerudnedføringen

KONNERUDNEDFØRINGEN (TIMETRAFIKK)				
Middeltrafikk hverdager, år 2000				
Time	Uten Strømsåstunnelen Timetrafiikk		Med Strømsåstunnelen Timetrafiikk	
	Ned (mot Drammen)	Opp (mot Konnerud)	Ned (mot Drammen)	Opp (mot Konnerud)
0- 1	73	104	49	68
1- 2	29	47	19	31
2- 3	20	27	13	18
3- 4	19	24	12	16
4- 5	29	24	19	16
5- 6	277	51	186	34
6- 7	1 244	237	834	157
7- 8	1 533	743	1 029	492
8- 9	1 198	780	804	516
9-10	798	664	530	439
10-11	738	722	495	477
11-12	743	739	499	489
12-13	768	783	515	518
13-14	798	874	535	578
14-15	848	1 047	569	692
15-16	994	1 484	667	981
16-17	950	1 495	637	989
17-18	764	1 082	512	716
18-19	709	888	476	587
19-20	559	701	375	463
20-21	458	560	308	370
21-22	352	482	236	319
22-23	282	375	189	248
23-24	159	254	107	168
	$\Sigma = 14\ 333$	$\Sigma = 14\ 187$	$\Sigma = 9\ 615$	$\Sigma = 9\ 382$



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 34/89	ISBN-82-425-0040-1	
DATO JUNI 1989	ANSV. SIGN. <i>H. Gram</i>	ANT. SIDER 30	PRIS Kr 45,-
TITTEL E-76-utbyggingen i Drammen. Forurensningsforhold i og utenfor Sundland- og Strømsås-tunnelene		PROSJEKTLEDER F. Gram	
		NILU PROSJEKT NR. 0-8914	
FORFATTER(E) F. Gram		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. 352-Ev 76	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens Vegvesen, Buskerud Vegkontor v/overing. Bjørn Haram			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Vegtunneler Tunnelmunning Trafikkforurensning			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Det er utført beregninger av CO- og NOx-konsentrasjoner i og utenfor Sundlandtunnelen og Strømsåstunnelen, som begge inngår som en del av E-76-utbyggingen i Drammen. Ved god trafikkavvikling vil luftkvaliteten normalt være akseptabel ved tunnelmunningene, men ved dårlig trafikkavvikling kan en få overskridelser av grenseverdiene.			
TITLE Calculations of CO and NOx concentrations in and near tunnel portals in Drammen.			
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines)			

* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C