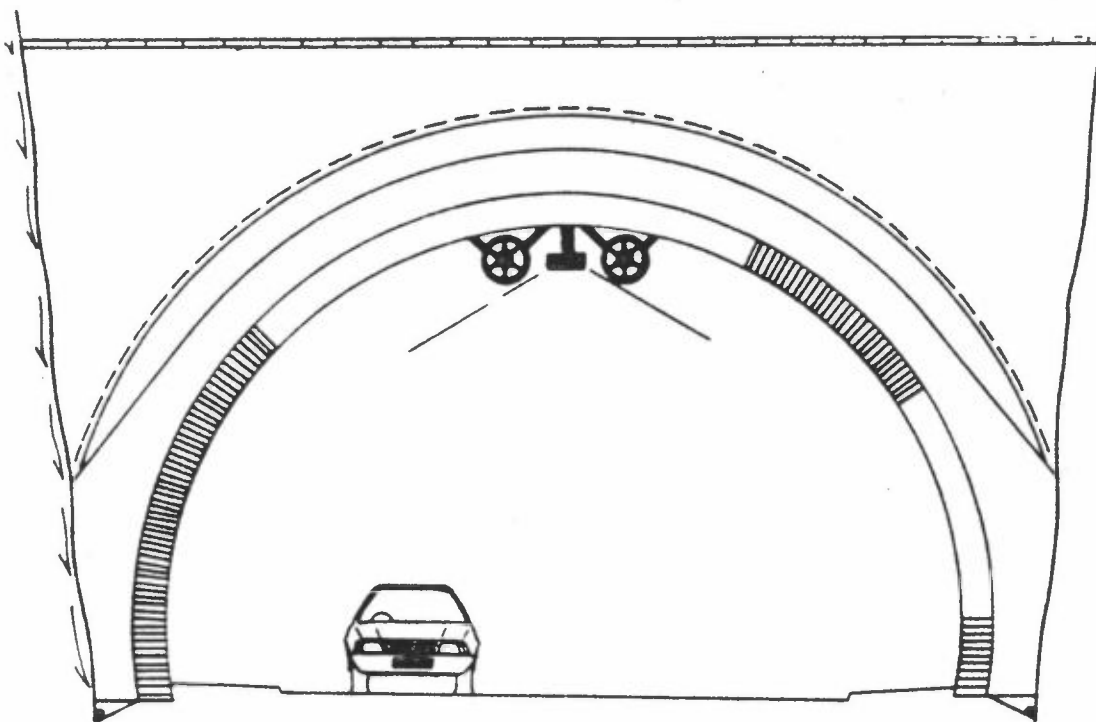




STATENS VEGVESEN

## E-18 HOLMESTRAND TUNNEL



# LUFTFORURENSNINGER

HOLMESTRAND TUNNELEN MAI - JULI 1983

## SAMMENDRAGSRAPPORT

Utarbeidet av:



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

POSTBOKS 130 · 2001 LILLESTRØM

NILU OR : 13/84  
REFERANSE: O-8322  
DATO : JUNI 1984

*LUFTFORURENSNINGER*  
*HOLMESTRANDTUNNELEN MAI-JULI 1983*

SAMMENDRAGSRAPPORT

K.E. Grønskei og I. Haugsbakk

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

ISBN--02-7247-472-7

## SAMMENDRAG

### Luftkvaliteten utenfor tunnelen

Målinger ved bolighus nærmest søndre munning av Holmestrandstunnelen viste CO-konsentrasjoner betydelig under rådgivende grenseverdier i boligområder. For samtlige forurensninger i eksosen vil konsentrasjonen være lavere enn i sterkt trafikkerte bygater.

### Trafikantenes forurensningsbelastning i tunnelen

Trafikantene oppholder seg i tunnelen i kort tid (få minutter) og målinger viser at eksosforurensningene er lavere enn grenseverdiene satt for å unngå mulige helsevirkninger (CO og NO<sub>x</sub>). Reflektometrisk bestemte sotverdier tyder på at luftens innhold av siktreduserende forurensninger er høyt. I sommerperioden skyldes dette vesentlig dieserbiler. Ventilasjonsanlegget virker effektivt og holder CO-nivået under grenseverdien for tunnelluft.

### Arbeidsmiljøet i tunnelen

Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære overskrides i tunnelen ved stor trafikk. Særlig gjelder dette for CO. Ved vurdering av arbeidsmiljøet må en videre ta hensyn til at eksosen inneholder flere forurensningskomponenter. Målingene er videre benyttet til å verifisere beregningsmetoder for utslipp.



INNHOLODSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG .....	3
1 INNLEDNING .....	7
2 GENERELT OM LUFTFORURENSNINGER FRA HOLMESTRAND- TUNNELEN .....	9
3 GRENSEVERDIER .....	10
3.1 Krav til atmosfæren i tunneler .....	11
3.2 Luftkvalitet utenfor tunnelen .....	12
3.3 Administrative normer for forurensning i arbeids- atmosfære .....	13
4 VENTILASJONSANLEGGET I TUNNELEN .....	14
5 RESULTATER AV MÅLINGENE .....	14
5.1 CO-forurensning i luft utenfor tunnelen .....	14
5.2 CO-forurensning i tunnelluften .....	16
5.3 NO <sub>x</sub> -forurensning i tunnelluften .....	17
5.4 NO <sub>2</sub> -forurensning i tunnelluften .....	18
5.5 Sotforurensning i tunnelluften .....	19
5.6 SO <sub>2</sub> -forurensning i tunnelluften .....	20
5.7 Blyforurensning i tunnelluften .....	21
5.8 Sammendrag av måleresultatene .....	22
6 UTFYLLENDE KOMMENTARER .....	22
VEDLEGG A: Enheter og omregningsfaktorer .....	25



**LUFTFORURENSNINGER**  
**HOLMESTRANDTUNNELEN MAI-JULI 1983**  
**SAMMENDRAGSRAPPORT**

1 INNLEDNING

Vegsjefen i Vestfold og Vegdirektoratet har gitt Norsk institutt for luftforskning (NILU) i oppdrag å foreta målinger av luftforurensninger i og ved Holmestrandtunnelen sommeren 1983. Tidligere vurdering av forurensningskonsentrasjonen utenfor tunnelen er basert på utslipps- og spredningsberegninger.

Hensikten med målingene etter åpningen av tunnelen var å registrere forurensningsnivået og å kontrollere tidligere utførte beregninger.

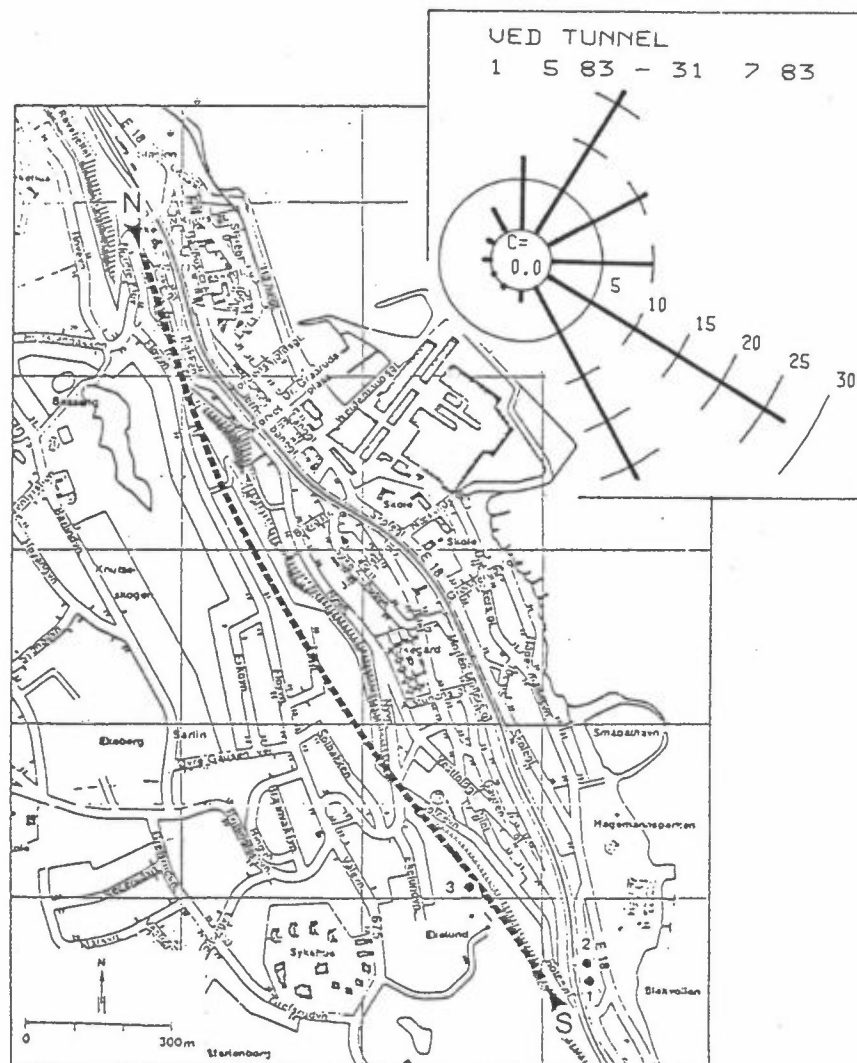
Måleprogrammet omfattet registrering av luftforurensende komponenter fra biltrafikk, trafikkteLLinger og vindmålinger. Tabell 1 viser hva som er målt, målestedene og tidsrom for målingene.

Tabell 1: Tabellen viser måleprogrammet i og utenfor Holmestrandtunnelen i tidsrommet 3. mai - 31. juli 1983. Svoveldioksid, sot og bly er døgnmidler. De øvrige målinger foreligger som timesmidler. I tidsrommet 20. juni kl 1400 til 26. juni kl 2300 er svoveldioksid, sot og bly også registrert som 6-timers midler for å få frem døgnvariasjonen av disse stoffene.

MÅLINGER UTE	10	20	10	20	10	20
Vindhastighet -----						
Vindretning -----						
CO -----						
MÅLINGER I TUNELL						
CO -----						
NO <sub>x</sub> -----						
NO -----						
NO <sub>2</sub> -----						
SO <sub>2</sub> -----						
Sot -----						
Bly -----						
Antall biler totalt ---						
Antall tunge biler ---						
Gjennomsnittshastighet						
	Mai 1983		Juni 1983		Juli 1983	



Figur 1 viser tunnelen og plasseringen av målestasjonene. Målestasjonene utenfor tunnelen ble plassert ved det huset som antas å være mest utsatt for luftforurensninger fra tunnelen. Begge målepunktene utenfor tunnelen er plassert ved søndre munning (tunnelen ventileres mot sør). Vindrosen i øvre høyre hjørne av figuren viser at hovedvindretningen var fra sørøst og at det sjelden blåste fra tunnelmunningen mot målestasjonen.



Figur 1: Plassering av målesteder i og utenfor Holmestrandtunnelen. Vindrosen i høyre hjørne av figuren viser den prosentvise andel av vindobservasjoner fra ulike 30-graders sektorer (avsatt som linjer i hver sektor). Målinger om dagen (07-19) ble benyttet for å belyse hvilke sektorer som ble belastet av forurensning fra tunnelen.

- 1 - Vindmålinger utenfor tunnel, vindhastighet og vindretning.
- 2 - CO-målinger utenfor tunnelen
- 3 - målestasjon i tunnelen.

## 2 GENERELT OM LUFTFORURENSNINGER FRA HOLMESTRANDTUNNELEN

Eksos fra bensindrevne og dieseldrevne kjøretøyer er sammensatt av gasser og partikler som kan være ubehagelige og skadelige i høye konsentrasjoner. Eksosutslippet varierer betydelig fra bil til bil, men øker grovt sett med bilenes motorstyrrelse og vekt.

Nedenfor er en kort omtale av de viktigste stoffene som slip-  
pes ut fra bensindrevne og dieseldrevne kjøretøyer:

Karbonmonoksid (CO) er en giftig gass uten lukt og farge. CO skyldes ufullstendig forbrenning hovedsakelig i bensindrevne biler. Dersom luften vi puster i inneholder mye CO, vil dette føre til nedsatt oksygentransport ved blodet fra lungene og ut i kroppen.

Nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) skyldes høy forbrenningstemperatur både i diesel- og bensinmotorer. Nitrogenmonoksid (NO) og nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>) har størst interesse sett fra et forurensningssynspunkt. NO-gassen er fargeløs, mens NO<sub>2</sub> har en brunlig farge. Når det gjelder helseeffekter, er NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen av størst interesse. Effekten på bronkiene og lungevevet synes å være den viktigste.

### Sot og støvpartikler

Under forbrenning av bensin og særlig dieselolje vil det dannes sot. Nær utslippet er sotpartiklene først ytterst små. Disse klumper seg sammen til større partikler (diameter: 0,1-1 µm) og blir synlig røyk som reduserer sikten i tunnelen for bilistene. Bilene vil også forårsake partikkelforurensning ved slitasje på vei og bildekk (piggdekk om vinteren). Det forekommer her en del større partikler som vil avsettes på bakken nær veibanen. Små inhalerbare partikler (diameter mindre enn 10-15 µm) vil strømme ut av tunnelen med ventilasjonsluften.

Svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) tilføres atmosfæren vesentlig på grunn av forbrenning av olje og fast brensel. Høye konsentrasjoner av svoveldioksid i luft kan føre til direkte skader i åndedrettsorganene hos dyr og mennesker. Særlig kan kombinasjon av høyt svovelinhold og høyt støvinnhold være helseskadelig. Forbrenning av diesellole gir bare et lite bidrag til den samlede svoveldioksidforurensningen og bensin gir praktisk talt ingen svoveldioksid.

Bly (Pb) tilsettes bensinen for å øke oktantallet. Ved forbrenningen fører det til utslipp av små blyholdige partikler og ved innånding blir ca 25-50% av disse absorbert i lungene og blyet blir på denne måten tilført kroppen. Det vil føre til et opptak av bly som må vurderes sammen med det vi daglig får i oss med f.eks. mat og drikke. Bly er alminnelig forekommende i naturen. Økt blykonsentrasjon i luften vil gi økt konsentrasjon i blodet, og kan føre til skadelige effekter, spesielt på nervesystemet.

### 3 GRENSEVERDIER

For å unngå skadelige effekter fastsetter myndighetene normer eller 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 tre typer grenseverdier:

a) Krav til atmosfæren i tunneler formulert i "Vegutforming '81". Nr. 017 i vegvesenets håndbokserie. Oslo 1981. Disse grenseverdiene tar sikte på å beskytte trafikantene i tunnelen.

b) Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære, utgitt av Direktoratet for Arbeidstilsynet, Oslo 1981.

Normene benyttes ved vurdering av arbeidsmiljøet.

- c) Grenseverdier for luftkvalitet i uteluft foreslått i SFT rapport nr. 38: "Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. En utredning om sammenhengen mellom konsentrasjoner og virkninger av noen vanlige forurensningskomponenter". Oslo 1982.

### 3.1 Krav til atmosfæren i tunneler

Grenseverdiene er fastsatt for å holde forurensningskonsentrasjonene på et ufarlig nivå. Det forutsettes at tiltak iverksettes slik at grenseverdiene overskrides bare unntaksvis.

Ved dimensjonering av ventilasjonsanlegg i tunneler blir forurensning av CO og NO<sub>x</sub> tillagt størst vekt da det i første rekke er disse som antas å være en helserisiko. Det er knyttet følgende forutsetninger til de dimensjonerende grenseverdier (spesielt for CO og NO<sub>x</sub>).

- Grenseverdien skal nås bare unntaksvis og må ikke overskrides selv ved ugunstige trafikkforhold.
- Ved vanlige trafikkforhold skal konsentrasjonene være vesentlig lavere.

I tillegg til grenseverdier for karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) har vegnormalen krav til siktreduserende forurensninger. Kravet er i første rekke satt av hensyn til trafiksikkerheten, og det er derfor avhengig av kjørehastigheten i tunnelen. Siktreduksjon i tunneler har sammenheng med luftens innhold av partikler, i første rekke sot.

Tabell 2 viser mengden av tillatt siktforurensning (sot) i mg/m<sup>3</sup> luft som funksjon av trafikkfarten.

Tabell 2: Grenseverdi for tillatt siktforurensning (partikkelforurensning) -  $e_{sot}$ .

Trafikkfart (km/time)	50	60	70	80	90
Høyeste partikkelinnhold i luften mg/m <sup>3</sup> : $e_{sot}$	1.4	1.25	0.9	0.7	0.5

I Holmestrandundersøkelsen er luftens innhold av små partikler samlet på filter og siktforurensningene i tunnelen vurdert ut fra reflektometrisk bestemte sotverdier. NILU understreker at dette ikke er et direkte mål for siktreduksjonen i tunnelen.

Det er installert vifter som er montert oppunder tunneltaket for å tilføre tunnelen tilstrekkelig friskluft for å overholde kravene som er omtalt.

Følgende grenseverdier er anvendt ved vurdering av forurensning i Holmestrandtunnelen:

CO:  $280 \text{ mg/m}^3$  (240 ppm). Verdien er fastsatt på grunnlag av tunnellengden.

NO<sub>x</sub>:  $58 \text{ mg/m}^3$  (30 ppm). Verdien er fastsatt på grunnlag av utluftingstiden. Konsentrasjonen er angitt som NO<sub>2</sub>.

Reflektometrisk bestemte sotverdier:  $0.8 \text{ mg/m}^3$ . Dette er et indirekte og veilevende mål for siktreduksjon i tunnelen.

Forutsetningen for å unngå skadelige effekter ved eksponering for disse konsentrasjonene er at trafikantenes oppholdstid i tunnelen er kort (noen minutter). En bør ta hensyn til den belastning trafikantene har vært utsatt for før de kjører inn i tunnelen.

### 3.2 Luftkvalitet utenfor tunnelen

En arbeidsgruppe opprettet av Statens forurensningstilsyn har samlet informasjon om sammenhengen mellom luftforurensninger og skadevirkninger på helse og miljø. Gruppen har foreslått grenseverdier som kan benyttes bl.a. ved vurdering av CO-målingene utført utenfor Holmestrandtunnelen.

Grenseverdi for karbonmonoksid ved 1 time midlingstid:  
 $25 \text{ mg/m}^3$  (21 ppm)

For en mer utførlig beskrivelse av forutsetningene for grenseverdier henvises det til gruppens rapport (Statens forurensningstilsyn: Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. Oslo 1982 (SFT-rapport nr 38)). Det er innarbeidet en sikkerhetsfaktor for å unngå helsevirkninger av forurensningene.

### 3.3 Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære

Normene for forurensninger i arbeidsatmosfære er administrative normer satt for bruk ved vurdering av arbeidsmiljøstandarder på arbeidsplasser der luften er forurenset av kjemiske stoffer.

Normene er satt ut fra tekniske, økonomiske og medisinske vurderinger. Selv om normene overholdes er man ikke sikret at helsemessige skader og ulemper ikke kan oppstå. Normene er anbefalinger og i seg selv ikke juridisk bindende. Normene blir først juridisk bindende når de forekommer i konkrete pålegg fra arbeidstilsynet eller forskrifter utgitt av Arbeidstilsynet. De målte konsentrasjonene av CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og bly i Holmestrandtunnelen er også sammenlignet med disse normene med tanke på vedlikeholdsarbeid i tunnelen.

Ved vurdering av målinger i Holmestrandtunnelen er følgende administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære benyttet.

	8 timers verdier		15 min. maksimalverdi	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
Karbonmonoksid (CO)	35	40	52.5	60
Nitrogendioksid (NO <sub>2</sub> )	2	3.6	4	7.2*
Bly (Pb)	0.006	0.05	0.018	0.15
Svoveldioksid (SO <sub>2</sub> )	2	5	4	10

\* Ifølge vegnormalen aksepteres 15 min maksimalkonsentrasjoner for NO<sub>2</sub> i tunnelen opptil 7.2 mg/m<sup>3</sup> (4 ppm).

#### 4 VENTILASJONSANLEGGET I TUNNELEN

For å tilfredsstille kravene til luftkvalitet i Holmestrand-tunnelen er det installert et ventilasjonsanlegg som skal tilføre tunnelen tilstrekkelig mengde ren luft. Tunnelen er langsluftet ved hjelp av vifter som er montert opp under tunneltaket. Av hensyn til bebyggelse ved nordre tunnelmunning ble det valgt å ventilere fra nord mot sør. Det er installert 18 vifter som er delt i tre gruppe for å få en trinnvis drift av anlegget. Inn- og utkoblinger av de ulike trinn styres automatisk av CO-innholdet i tunnelluften.

Umiddelbart etter åpningen av tunnelen ble det foretatt en del justeringer av ventilasjonsanlegget. Dette kunne til tider registreres ved høyere forurensningskonsentrasjoner i første halvdel av måleperioden. Tabell 3 viser lufthastigheter ved de ulike ventilasjonstrinn. Lufthastighetene er målt uten trafikk i tunnelen.

Ved dimensjonering av ventilasjonsanlegget har en tatt hensyn til at trafikk fra sør vil arbeide mot ventilasjonsretningen (fra nord mot sør).

Tabell 3: Forholdet mellom CO-nivå og lufthastighet i tunnelen.

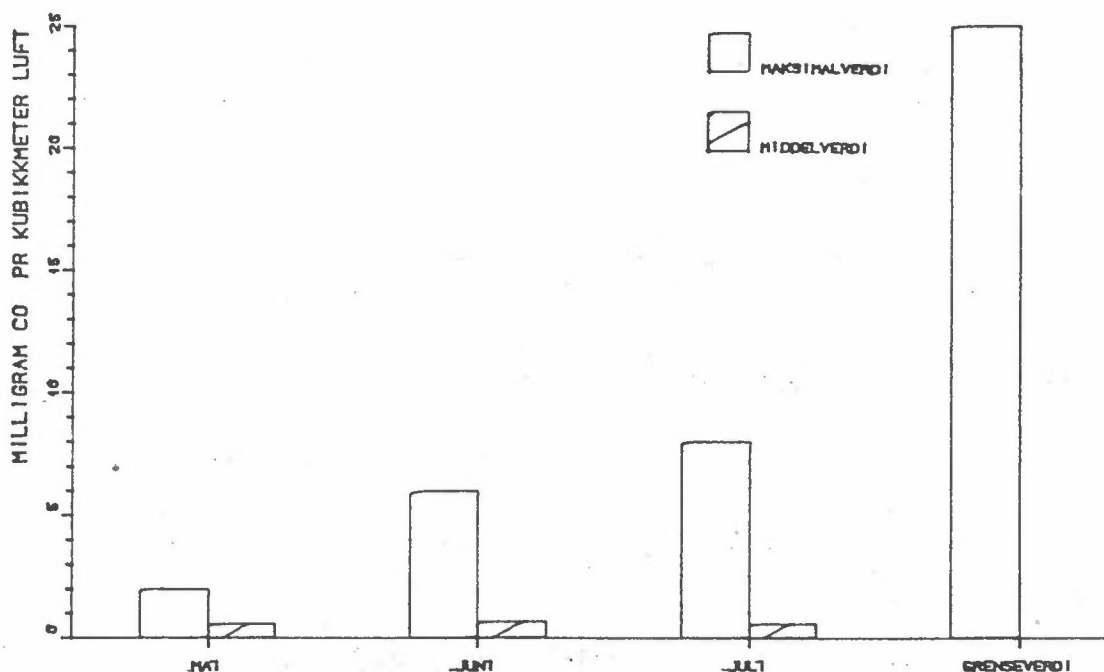
Trinn	Standard CO-nivå (mg/m <sup>3</sup> )	Antall vifter i funksjon	Lufthastighet (m/s)
1	58 (50 ppm)	6	2.7
2	70 (60 " )	12	3.9
3	116 (100 " )	18	4.8

#### 5 RESULTATER AV MÅLINGENE

##### 5.1 CO-forurensning i luft utenfor tunnelen

Figur 2 angir middelværdi, maksimal timesverdi og grenseverdi for karbonmonoksid ved bolighus utenfor søndre tunnelmunning.

### KARBONMONOKSID (CO) UTENFOR TUNNELEN



Figur 2: Maksimale og midlere timesverdier for CO-nivå utenfor Holmestrand-tunnelen mai-juli 1983. Grenseverdi er ifølge SFTs forslag til grenseverdi for CO-konsentrasjonen i uteluft. (25 mg CO/m<sup>3</sup> luft). Bakgrunnen for grenseverdien er beskrevet i kapittel 3.2.

Figuren viser at de maksimale CO-verdier ligger betydelig lavere enn den foreslåtte grenseverdi.

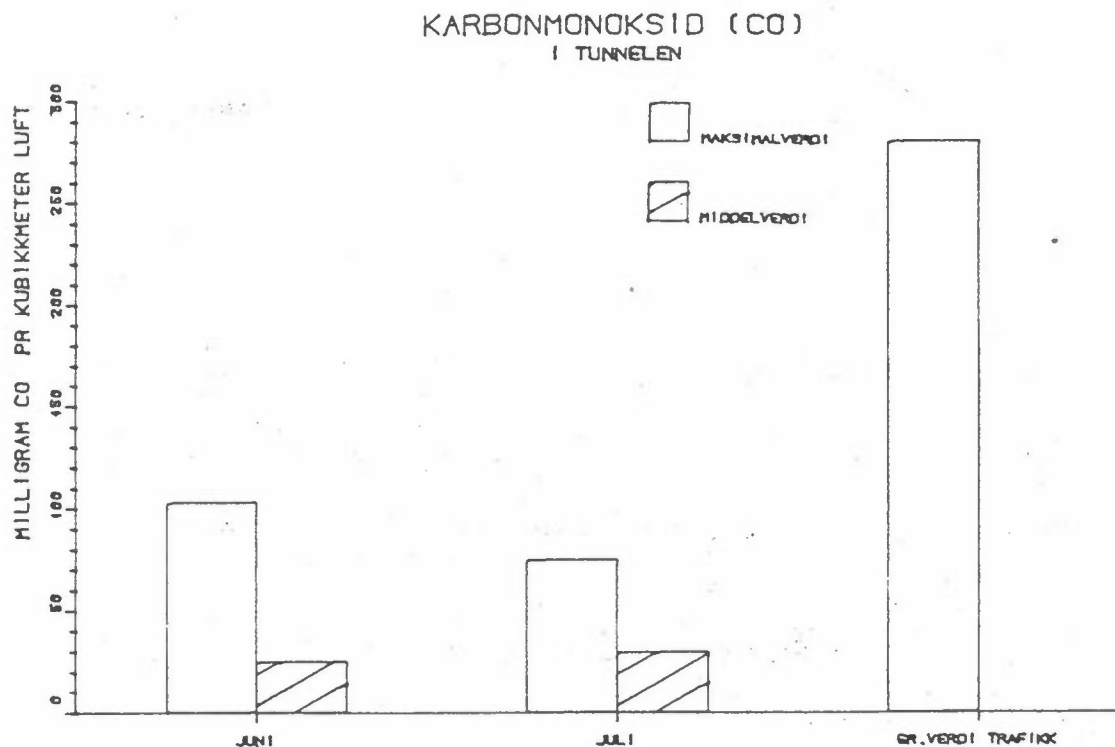
Tidligere utførte beregninger viste at det ville forekomme konsentrasjoner ved boligen som var ca 9% av konsentrasjonene i tunnelen når vinden blåser direkte fra tunnelmunningen mot boligen. Dette gjelder for samtlige gassformige forurensninger som slipper ut av tunnelmunningen. For langtidsmiddelveier vil prosentandelen være mindre fordi vindretningen varierer med tiden. Vindmålingene viste at det sjelden blåste fra tunnelmunningen mot målestasjonen (boligene ved søndre tunnelmunning) om dagen i måleperioden. De dominerende vindretningene er vist i figur 1.

Målingene viser at luftkvaliteten vanligvis er meget god og alltid bedre enn i en sterkt trafikkert bygate.



## 5.2 CO-forurensning i tunnelluften

Figur 3 viser middelerdi, maksimal timesverdi og grenseverdi for karbonmonoksid i Holmestrandtunnelen.



Figur 3: Maksimale- og midlere timesverdier for CO-konsentrasjonen i Holmestrandtunnelen juni-juli 1983. Grenseverdien benyttes ved dimensjonering av ventilasjonsanlegget (se kap. 3.1).

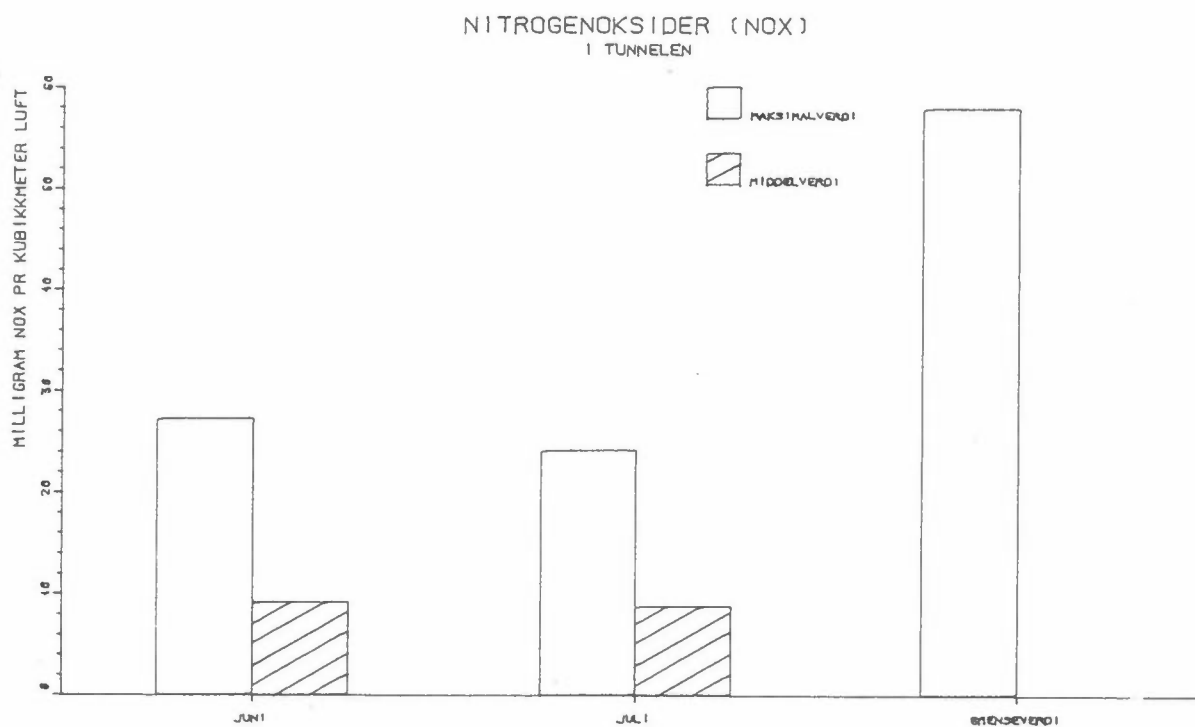
Figuren viser at maksimale CO-verdier er betydelig lavere enn grenseverdien for tunnelluft. Det skyldes ventilasjonsanlegget som styres automatisk slik at tilførselen av ren luft øker når CO-konsentrasjonen overskrider henholdsvis 58, 70 og 116 mg CO/m<sup>3</sup>. Maksimale timesverdier vil være lavere enn grensene fordi anlegget har tilstrekkelig kapasitet. Utluftingen skjer i løpet av 5-10 min.

Målingene viser videre at arbeidstilsynets administrative normer overskrides for CO både når det gjelder 8-timers middelerdier og når det gjelder maksimale 15 min. middelerdier. Bilistene vil oppholde seg i tunnelen betydelig kortere tid

dersom det ikke forekommer uhell som fører til stans i trafikken. Av og til kan det forekomme trafikkork som fører til at den maksimale oppholdstiden kan nærme seg 15 minutter.

### 5.3 NO<sub>x</sub> forurensning i tunnelluften

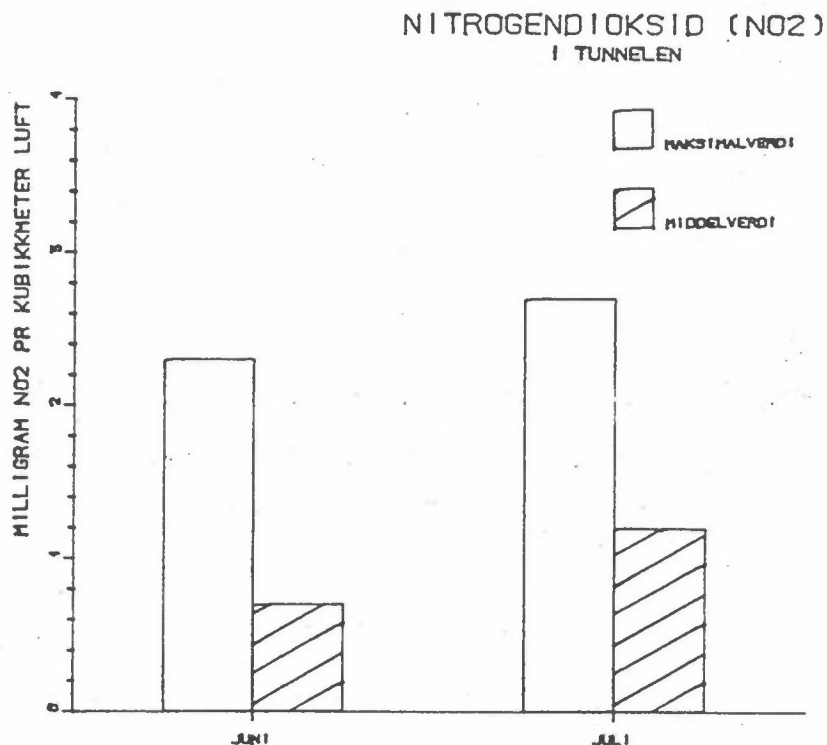
Figur 4 viser middelvei og maksimal timesverdi av NO<sub>x</sub>-konsentrasjonen i hver måned. Verdiene er sammenlignet med grenseverdiene for tunnelluft som er beskrevet i kapittel 3.1. De maksimale timesverdiene er ca halvparten av grenseverdiene. Det er vanligvis godt samsvar mellom NO<sub>x</sub>-konsentrasjonen og CO-konsentrasjonen slik at det er tilstrekkelig å styre ventilasjonsanlegget på grunnlag av en av komponentene. Når det forekommer kø i tunnelen øker CO-konsentrasjonen forholdsvis mer enn NO<sub>x</sub>-konsentrasjonen, og ventilasjonsanlegget vil sørge for tilførsel av ren luft fordi målinger av CO-konsentrasjonen benyttes til å styre ventilasjonsanlegget.



Figur 4: Maksimale og midlere timesverdier for NO<sub>x</sub>-konsentrasjonen i Holmestrandtunnelen juni-juli 1983.

#### 5.4 NO<sub>2</sub>-forurensning i tunnelluften

Figur 5 viser middelveidi, maksimal timesverdi for nitrogen-  
dioksid i Holmestrandtunnelen.

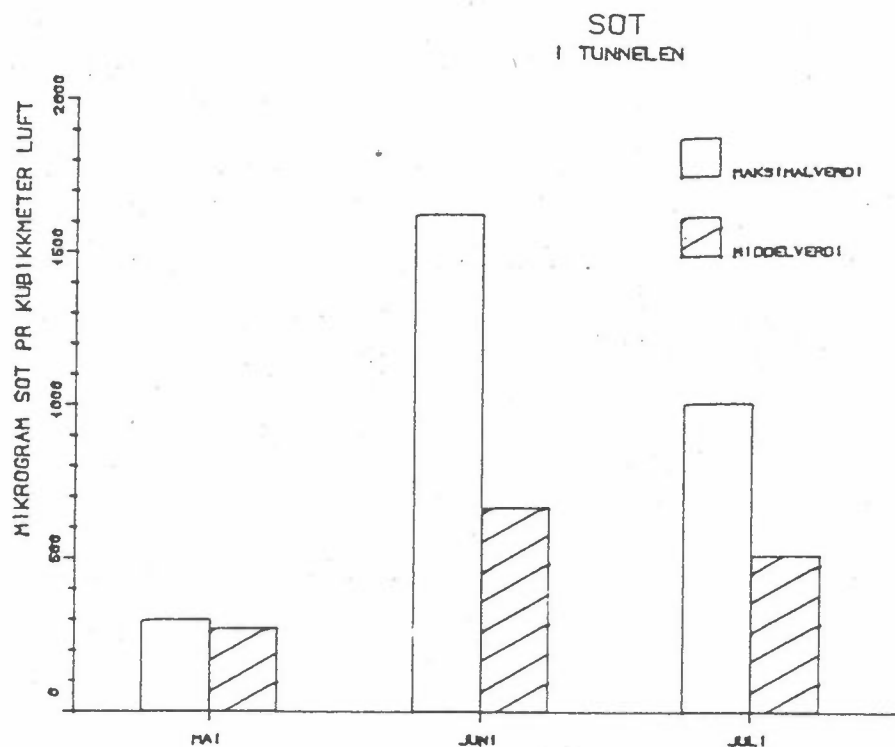


Figur 5: Maksimale og midlere timesverdier for NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i Holmestrandtunnelen juni-juli 1983.

Det ble ikke observert overskridelser av arbeidstilsynets norm for 8 timers middelveidier. Høye konsentrasjoner i Holmestrandtunnelen varte i korte tidsrom, og Arbeidstilsynets norm for 15 min maksimalverdier av NO<sub>2</sub> kan overskrides i spesielle trafikksituasjoner (høy andel dieselbiler og god flyt i trafikken). Trafikantene vil oppholde seg kort tid i tunnelen (1-2 min) ved slike forhold.

### 5.5 Sotforurensning i tunnelluften

Figur 6 viser middelvei og høyeste målte verdi for sot i Holmestrandtunnelen. Maksimale sotverdier er betydelig høyere enn grenseverdiene for sot som beskrevet i kapittel 3.1 ved de kjørehastighetene som vanligvis observeres i tunnelen. Sotmålingene indikerer at det ofte er siktproblemer i tunnelen.

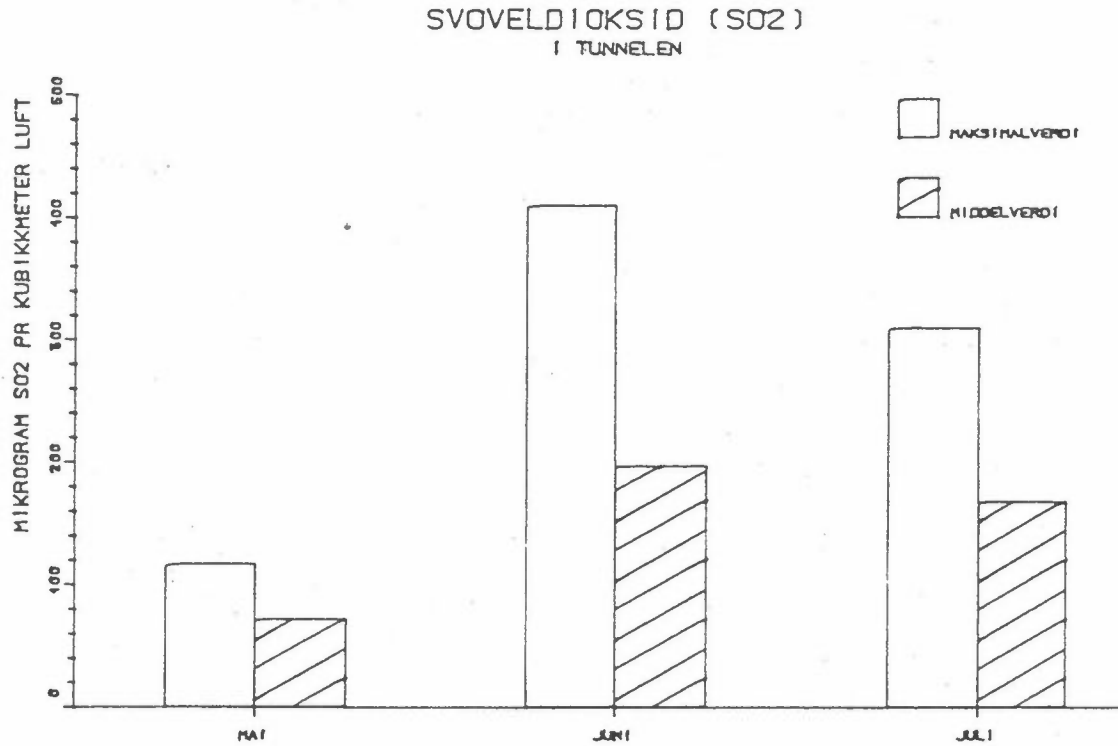


Figur 6: Maksimalverdier og middelveidier for sot-nivå i Holmestrandtunnelen mai-juli 1983. Målingene i mai bestod bare av 6 målinger. Maksimalverdiene i juni er 6-timers middel og maksimalverdien i juli døgnmålinger.

Enkelte målinger av konsentrasjonen av små partikler ved andre metoder viser relativt lave verdier. Bidraget til bilistenes eksponering vil være lite, i forhold til eksponeringsbidraget i mange boligområder. Høye sotverdier skyldes dieseltrafikken og spesielt tunge dieserbiler, og verdiene blir derfor betydelig lavere i helgene til tross for at biltettheten blir større og trafikkavviklingen dårligere.

### 5.6 SO<sub>2</sub>-forurensning i tunnelluften

Figur 7 viser middelveidien og maksimale døgnerdier for svoveldioksid i Holmestrandtunnelen.

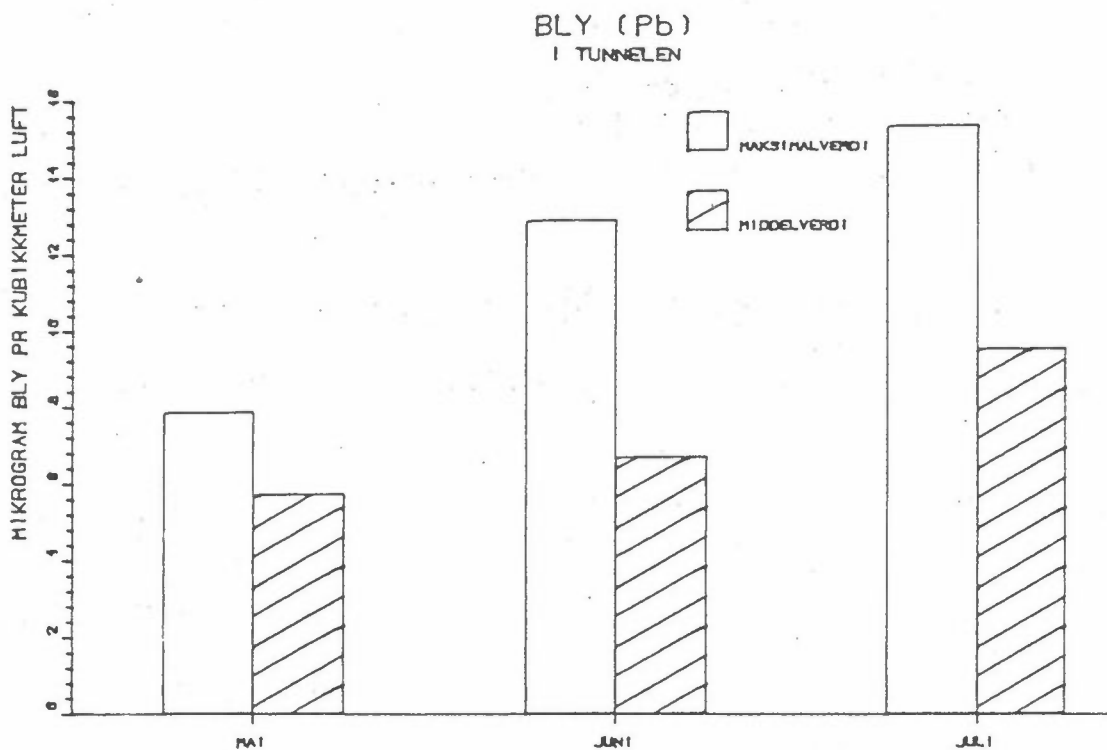


Figur 7: Maksimalverdier og middelveidier for SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i Holmestrandtunnelen mai-juli 1983.

Verdiene er lave sett i forhold til Arbeidstilsynets administrative normer som beskrevet i kapittel 3.3. Tunnelens bidrag til bilistenes totaleksponering vil også være lite.

### 5.7 Blyforurensning i tunnelluften

Figur 8 viser middelværdier og maksimale døgnverdier for bly i Holmestrandtunnelen.



Figur 8: Maksimalverdier og middelværdier for blykonsentrasjonen i Holmestrandtunnelen mai-juli 1983.

Figuren viser at de høyeste verdiene ble målt i juli. De høyeste verdiene ble registrert i helgene når totaltrafikken var stor og dieselandelen var liten. Det er lite sannsynlig at Arbeidstilsynets administrative normer for bly vil overskrides i tunnelen. Tunnelens bidrag til bilistenes totaleksponering er liten fordi oppholdstiden i tunnelen er liten.

Målinger ved NILUs overvåkningsstasjoner i byområder tyder på at blybelastningen som følge av utslipp fra biler er gått ned etter at blyinnholdet i bensinen ble redusert i september 1983. Reduksjonen av blyinnholdet i bensinen vil ha en direkte virkning på blykonsentrasjonen som følge av små partikler i Holmestrandtunnelen.

### 5.8 Sammendrag av måleresultatene

Tabell 4 viser et sammendrag av måleresultatene for hele måleperioden. En kort omtale av enheter og omregningsfaktorer er gitt i Vedlegg A. Videre vil vi anbefale leseren å sammenligne måleresultatene med grenseverdiene beskrevet i kapittel 3.

Tabell 4: Månedsvise maksimal- og middelværdier for hver av de målte komponentene. Verdiene for CO, NO, NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub> er basert på avleste timesmiddelværdier. De øvrige er basert på døgnmidler med unntak for sot - juni, som er basert på 6-timers midler.

mg = 1/1000 gram  
 µg = 1/1000 milligram  
 > = større enn

Komponent	enhet	Målinger						Grenseverdi	
		mai		juni		juli		Tunnel	Ute
		middel	maks	middel	maks	middel	maks		
CO ute	mg/m <sup>3</sup>	0.6	2.4	0.7	6.5	0.6	8.9	-	25
CO tunnel	"			25.3	103.0	29.7	74.9	280	-
NO	"			9.2	27.3	8.8	24.2	58	-
NO <sub>x</sub>	"			5.6	16.9	5.0	13.6	-	-
NO <sub>2</sub>	"			0.7	2.3	1.2	2.7	4*	-
Sot	µg/m <sup>3</sup>	>273	>300	668	1626	514	1010	800	-
SO <sub>2</sub>	"	72	117	197	410	168	310	-	-
Bly	"	5.7	7.5	6.8	12.9	9.6	15.4	-	-

\* Yrkeshygienisk grenseverdi der det i en periode på opptil 15 minutter kan tillates verdier i området 4-8 mg/m<sup>3</sup>.

### 6 UTFYLLENDE KOMMENTARER

Denne rapporten er et sammendrag av det viktigste i oppdragsrapporten "Luftforurensninger, Holmestrandtunnelen, mai-juli 1983" (NILU OR 12/84.)

Tidligere beregninger indikerer at konsentrasjonene ved målestasjonen utenfor søndre tunnelmunning kan komme opp i 9% av konsentrasjonene i tunnelen. Jernbanelinjen ligger på en forhøyning i terrenget mellom tunnelmunningen og målestasjonen. Både denne forhøyningen og fjellsiden ved tunnelmunningen forårsaker en lokal endring av vindretningen slik at det sjelden

blåste direkte fra munningen mot målestasjonen, spesielt om dagen når det forekom trafikk i tunnelen.

Resultatet av sporstoffundersøkelser ligger til grunn for beregningsmetodene som er benyttet i planleggingsfasen. Vi mener metodene vanligvis beskriver konsentrasjonsfordelingen på lesiden av tunnelen godt. Lokale topografiske forhold som ved søndre munning av Holmestrandtunnelen fører til lokal endring av vindretningen ved svak vind og kan gi mer effektiv spredning ved sterk vind. Det er nødvendig med lokale målinger for å ta hensyn til slike effekter i spredningsberegningene.

Sammenligning av måleresultater for de enkelte komponenter viser at det er god overensstemmelse mellom trafikkmengde og forurensning i tunnelen.

Det ble observert regelmessige nivåsvingninger i måleperioden. For sot og svoveldioksid finnes de laveste verdier på lørdager og søndager. For bly er mønsteret mer komplisert. Forklaringen ligger i fordelingen av tunge og lette kjøretøy. Tungtrafikken har en topp på mandager. Utover uken avtar tungtrafikken og når sitt laveste nivå på lørdager og søndager. Blykonsentrasjonen i luften avhenger av antall bensinbiler, mens tungtrafikken (dieseldrevne biler) gir et vesentlig bidrag til sot- og svovelkonsentrasjonen.

Ventilasjonsanlegget som automatisk styres av CO-konsentrasjonen i tunnelen har vist seg å ha tilstrekkelig kapasitet til å holde CO-nivået i tunnelen under grenseverdiene for tunnelluft i måleperioden. CO-konsentrasjonene som Veivesenet registrerer kontinuerlig i tunnelen, viste god overensstemmelse med NILUs målinger i sommerperioden.

Siktreduserende forurensninger, registrert ved sotmålinger, overskred grenseverdiene for tunnelluft. Tungtrafikken (dieseldrevne lastebiler) forårsaket disse overskridelsene i sommerperioden. Ifølge opplysninger fra Veidirektoratet er problemet med siktreduserende forurensninger av større betydning i vinterhalvåret siden de fleste biler da er utstyrt med



piggdekk (støv fra veislitasje). Den mengde partikler som bilisten eksponeres for i tunnelluften er liten i forhold til total eksponering. Det skyldes blant annet den korte oppholdstiden.

Målinger er sammenlignet med Arbeidstilsynets administrative normer. Da tunnelluften er forurenset av en rekke stoffer er ikke dette en fullstendig vurdering av arbeidsmiljøet i tunnelen. I perioder med stor trafikk overskrides normene, spesielt for CO. I perioder med liten trafikk er konsentrasjonene betydelig lavere enn normene.

Registreringene av CO-konsentrasjonen ved den mest utsatte boligen viste betryggende lave karbonmonoksid-verdier og eksosforurensningene generelt er betydelig lavere enn i sterkt trafikkerte bygater.

**VEDLEGG A****Enheter og omregningsfaktorer**

Forurensningskonsentrasjoner og grenseverdier i uteluft angis ofte ved tettheten i mikrogram pr  $m^3$  ( $\mu g/m^3$ ). Når konsentrasjonene og grenseverdiene er høye, benyttes milligram pr  $m^3$  ( $mg/m^3$ ).

$$1 \text{ mg} = 1000 \text{ } \mu\text{g} = 10^{-3} \text{ g.}$$

Alternativt oppgis forurensningskonsentrasjonen i luft som blandingsforholdet på volumbasis (ppm). ppm er forkortelse for "parts per million". (Volumdeler forurensning pr million volumdeler luft). Når konsentrasjonene angis i ppm får en vite hvor mange  $cm^3$  av en gass som er uttynnet i en  $m^3$  luft. Tettheten av en gass er avhengig av trykk og temperatur, blandingsforholdet er det ikke. Idet målingene er utført sommertid, har vi benyttet omregningsfaktorer som gjelder ved  $20^0C$  og normalt trykk i havnivå (1013 mb).

$$1 \text{ ppm CO} = 1.16 \text{ mg}/m^3$$

$$1 \text{ ppm NO}_2 = 1.9 \text{ "}$$

Tettheten av  $NO_x$ -forurensningene er regnet som  $NO_2$ .

