

NILU OR : 43/92
REFERANSE : O-92023
DATO : JULI 1992
ISBN : 82-425-0382-6

Tunneler ved E6, Korsegården Nord-Vassum. Vurdering av luftforurensning

I. Haugsbakk

INNHOOLD

| | Side |
|---|------------|
| SAMMENDRAG | 2 |
| 1 INNLEDNING | 4 |
| 2 METODER | 5 |
| 3 TUNNEL- OG TRAFIKKDATA | 6 |
| 4 ANBEFALTE RETNINGSLINJER FOR LUFTKVALITET OG KRAV TIL TUNNELLUFT | 6 |
| 5 PRODUKSJON | 8 |
| 6 FORURENSNING VED TUNNELMUNNINGENE | 12 |
| 7 FRAMTIDIG UTVIKLING | 16 |
| 8 REFERANSER | 16 |
| VEDLEGG A: Luftforurensning og vegetasjonsskader i "Smihagen naturreservat" i forbindelse med tunnelbygging | 18 |

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens Vegvesen Akershus vurdert luftforurensning i tilknytning til to planlagte tunneler ved E6 Korsegården Nord-Vassum. Nødvendig tallmateriale angående veigeometri, trafikk og tunnelkonstruksjon er levert av Akershus Vegkontor.

NILU har samarbeidet med Leif Mortensen ved Sørheim Forskningsstasjon for vurdering av virkningene av forurensning på vegetasjonen ved tunnelmunningene.

Alle beregninger er utført med hensyn på trafikkprognoser for 2010.

Konsentrasjoner i luft av karbonmonoksid (CO) og nitrøse gasser (NO_x og NO_2) er beregnet for rushtidstrafikk. De beregnede konsentrasjoner i tunnelene er sammenlignet med Vegdirektoratets grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Beregnede konsentrasjoner utenfor tunnelene er sammenlignet med Statens forurensningstilsyns anbefalte retningslinjer for luftkvalitet i uteluft.

Fra beregningene kan følgende konklusjoner trekkes:

Ved normal trafikkavvikling med hastigheter over 20 km/h vil det ikke være nødvendig med ekstra ventilering av tunnelene, da pumpevirkingen fra trafikken selv vil sørge for dette. Ved stillestående trafikksituasjoner viser beregningene at nødvendige og tilstrekkelige ventilasjonshastigheter inne i tunnelalternativ A er 1,2 m/s nordover og 1,4 m/s sørover mot Smihagen naturreservat. Tilsvarende for tunnelalternativ 2 er 1,3 m/s i begge retninger. Det vil avhengig av trafikkavvikling kunne bli overskridelser av retningslinjer for uteluft i avstander opp til 75 m fra tunnelmunningene. Lave hastigheter gir liten pumpevirking og forurensningene vil spre seg i alle retninger fra tunnelmunningene avhengig av vindretningene. Høye

hastigheter gir stor pumpevirkning, og forurensningene vil være konsentrert langs veibanen i forlengelsen av tunnelen.

Etylenforurensning fra tunnelmunningen i sør, som munner ut ved grensen til Smihagen naturreservat, vil forekomme i konsentrasjoner som vil kunne føre til raskere bladaldring (gulning) helt inntil tunnelmunningen. Det er lite sannsynlig at luftforurensningen vil ha noe merkbar innflytelse på vegetasjonen utover et par titalls meter fra munningen. CO vil forekomme i konsentrasjoner som har liten betydning for vegetasjonen. Selv om NO_x vil kunne forekomme i konsentrasjoner som kan redusere fotosyntesen midlertidig så lenge forurensningsepisoden pågår, vil denne forurensningen ha liten betydning for vegetasjonens tilvekst og utseende (bladskader ikke sannsynlig). Sammenlignet med etylen vil NO_x ha en marginal betydning.

En forutsetning for resultatene er gjennomføring av avgasskrav for tunge biler fra 1994, og at alle bensindrevne biler tilfredstiller 1989-kravene.

TUNNELER VED E6, KORSEGÅRDEN NORD-VASSUM

VURDERING AV LUFTFORURENSNING

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens Vegvesen Akershus utført beregninger av luftforurensning vedrørende planlagte tunneler ved E6 Korsegården Nord Vassum. Det er utført beregninger av forurensningsbelastningen i området i nærheten av munningene. Beregningene er utført for rushtidstrafikk, og for stillestående trafikksituasjoner. Videre er krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for de samme trafikksituasjoner. Forurensningsbelastningen er beregnet for karbonmonoksid (CO) og for nitrogendioksid (NO₂). CO og NO₂ benyttes som indikatorstoffer for forurensning fra biler fordi disse gassene gir de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte retningslinjer for luftkvalitet i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Retningslinjer og grenseverdier for luftkvalitet er omtalt i kapittel 4.

Beregningene er utført med trafikkprognoser for 2010.

Den ene tunnelmunningen vil være i nærheten av Smihagen naturreservat. NILU har samarbeidet med Leif Mortensen ved Sørheim Forskningsstasjon, som har vurdert virkninger på økologien i området. Dette er nærmere omtalt i vedlegg A.

2 METODER

I beregningene har vi benyttet de samme metoder som tidligere benyttet for tilsvarende tunneler (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988).

- 1) Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata, samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, har vi beregnet produksjonen av CO og NO_x i tunnelen.
- 2) Ut fra trafikkenes produksjon av CO og NO_x har vi beregnet nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for luft i tunneler.
- 3) Konsentrasjonene av CO og NO₂ utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en spredningsmodell utviklet for formålet (Iversen, 1982). Konsentrasjoner ble beregnet for ulike ventilasjonshastigheter, for å illustrere ventilasjonshastighetens betydning for forholdene utenfor tunnelen.
- 4) Beregnet samlet konsentrasjon av CO og NO₂ fra munninger er sammenlignet med anbefalte retningslinjer for luftkvalitet for CO og NO₂, se pkt. 4.

I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det har tidligere vært antatt at anslagsvis 7% av bensindrevne biler uten katalysator skiftes ut hvert år framover. Med det nåværende bilsalget er dette et for høyt tall. Vi har regnet med at 28% av bilene i 1995 har katalysator. Det antas at bilsalget nødvendigvis må ta seg opp etter en tid, slik at tilnærmelsesvis alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2003. Katalysatorens betydning for NO_x-belastningen er mindre enn for CO, da en betydelig del av NO_x-produksjonen kommer fra dieseldrevne kjøretøy. For tunge dieserbiler ventes strengere avgasskrav innført i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette dieseldrevne varebiler ble innført allerede i 1990. Først noen år etter

innføringen vil dette ha en merkbar innvirkning på det totale NO_x-utslippet fra dieserbiler.

3 TUNNEL- OG TRAFIKKDATA

Nødvendig tallmateriale angående veigeometri, trafikk- og tunnelkonstruksjon er levert av Akershus Vegkontor. Den planlagte tunnelen, samt området omkring, er vist i figur 1.

Tverrsnittsareal for tunnelene er 45,6 m² (tunnelprofil T9).

Trafikkprognose for år 2010 er 22.000 kjøretøyer ÅDT. Tungtrafikkandelen er anslått av Akershus Vegkontor til 12-15%. Vektfordelingen av tungtrafikken er av NILU anslått til 33% (33%) mindre enn 10 tonn, 25% (27%) mellom 10 og 20 tonn, og 42% (40%) større enn 20 tonn totalvekt. Disse tallene gjelder for 12% (15%) tungtrafikkandel.

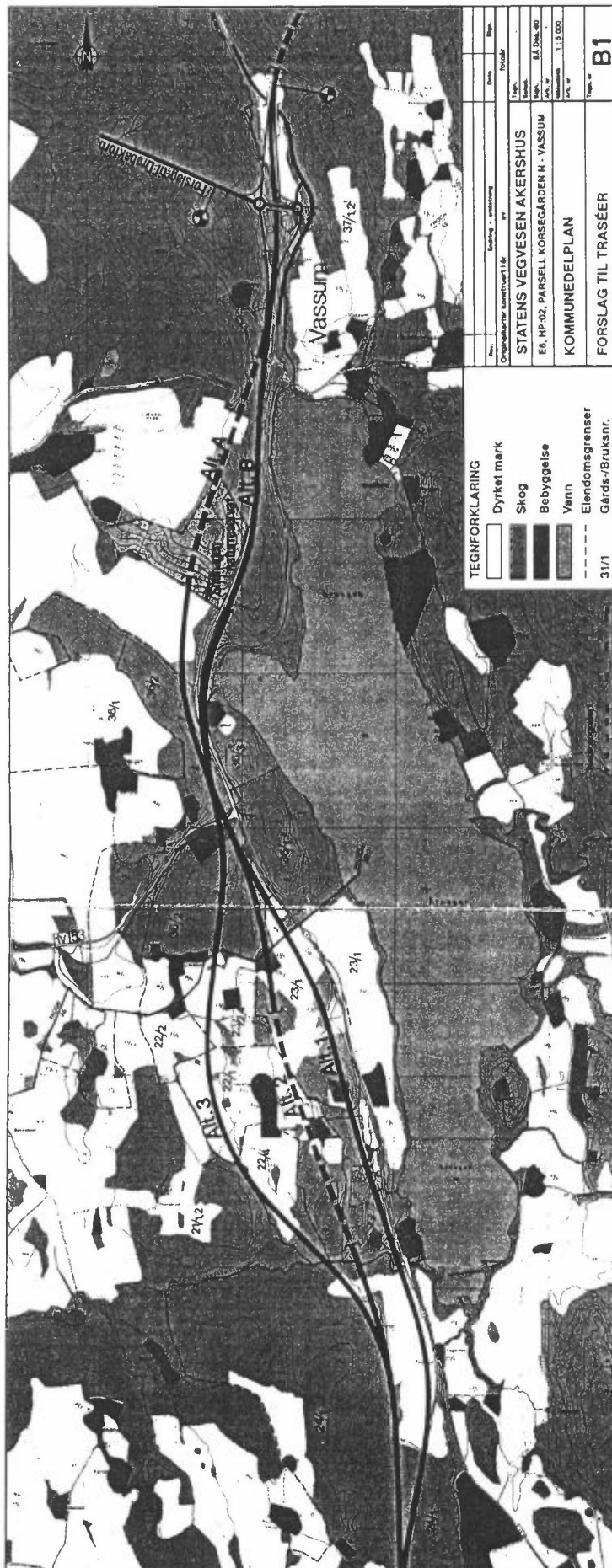
4 ANBEFALTE RETNINGSLINJER FOR LUFTKVALITET OG KRAV TIL TUNNELLUFT

Statens forurensningstilsyn (1982) har anbefalt retningslinjer for luftkvalitet i uteluft. De er for CO og NO₂:

CO Timemiddelverdi: 25 mg/m³
8-timersverdi : 10 mg/m³

NO₂ Timemiddelverdi: 200-350 µg/m³
24-timersverdi : 100-150 µg/m³

Verdiene er basert på Verdens helseorganisasjons (WHO) anbefalinger. De laveste retningslinjene for NO₂, henholdsvis 200 og 100 µg/m³ benyttes ved gjentatte eksponeringer, mens de høyeste verdiene, 350 og 150 µg/m³, anvendes ved enkeltstående tilfeller. Det henvises til SFTs rapport når det gjelder bakgrunnen for retningslinjene og SFTs vurderinger.



Figur 1: Forslag til tunneltraséer for E6 Korsegården N-Vassum.

Vegdirektoratet (1988) har vedtatt grenseverdier for CO og NO_x i veitunneler. Grenseverdiene er:

CO : 250 mg/m³ (200 ppm)

NO_x : 28,2 mg/m³ (15 ppm) tilsvarende ca. NO₂ : 2,8 mg/m³
(1,5 ppm)

Verdiene gjelder ved munningen hvor ventilasjonsluften tas ut. For tunneler med tverrslag og langslufting er grenseverdiene henholdsvis 100 ppm CO og 7,5 ppm NO_x ved halv tunnallengde.

5 PRODUKSJON

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

1. Trafikktall (antall og hastighet)
2. Tunneldata (lengde, tverrsnittsareal, stigning)
3. Tungtrafikkandel (12-15%)
4. Kaldstartandel (0%)

Resultatet av beregningene er vist i tabell 1. Tabellen viser også nødvendig luftstrømhastighet for å overholde grenseverdier for tunnelluft.

Tabell 1a: Produksjonstall (g/s) for CO og NO_x i tunnelene, og nødvendig luftstrøms hastighet for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunneler.

| | Diesel- andel (%) | Trafikkens hastighet (km/h) | Produksjon (g/s) | | Luftstrøms hastighet i tunnelen (m/s) | |
|---|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------|---|--------------------|
| | | | CO | NO _x | nødvendig | Pumpe- virkning |
| ALTERNATIV A (nordover) Morgenrush | 12 | 10 | 9,86 | 1,48 | 1,2 | 0,9 |
| | 12 | 50 | 2,33 | 0,94 | 0,7 | 4,3 |
| | 12 | 90 | 1,73 | 1,09 | 0,8 | 6,8 |
| | 15 | 10 | 9,32 | 1,70 | 1,3 | 0,9 |
| | 15 | 50 | 2,22 | 1,02 | 0,8 | 4,3 |
| | 15 | 90 | 1,65 | 1,15 | 0,9 | 6,8 |
| ALTERNATIV A (sørover)* Morgen | 12 | 10 | 4,62 | 0,69 | 0,5 | 0,5 |
| | 12 | 50 | 1,09 | 0,43 | 0,3 | 2,8 |
| | 12 | 90 | 0,80 | 0,50 | 0,4 | 5,0 |
| | 15 | 10 | 4,37 | 0,79 | 0,6 | 0,6 |
| | 15 | 50 | 1,03 | 0,47 | 0,4 | 2,8 |
| | 15 | 90 | 0,77 | 0,53 | 0,4 | 5,0 |
| ALTERNATIV A (nordover) Ettermiddag | 12 | 10 | 4,22 | 0,63 | 0,5 | 0,6 |
| | 12 | 50 | 1,00 | 0,40 | 0,3 | 2,8 |
| | 12 | 90 | 0,74 | 0,46 | 0,4 | 5,0 |
| | 15 | 10 | 3,99 | 0,73 | 0,6 | 0,6 |
| | 15 | 50 | 0,95 | 0,44 | 0,3 | 2,8 |
| | 15 | 90 | 0,71 | 0,49 | 0,4 | 5,0 |
| ALTERNATIV A (sørover)* Ettermid- dagsrush | 12 | 10 | 10,80 | 1,62 | 1,3 | 0,9 |
| | 12 | 50 | 2,54 | 1,02 | 0,8 | 4,3 |
| | 12 | 90 | 1,88 | 1,18 | 0,9 | 6,8 |
| | 15 | 10 | 10,20 | 1,86 | 1,5 | 0,9 |
| | 15 | 50 | 2,42 | 1,10 | 0,9 | 4,3 |
| | 15 | 90 | 1,80 | 1,24 | 1,0 | 6,8 |

* Tunnelmunning ved Smihagen naturreservat.

Tabell 1b:

| | Diesel- andel (%) | Trafikkens hastighet (km/h) | Produksjon (g/s) | | Luftstrøms hastighet i tunnelen (m/s) | |
|--|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------|---|--------------------|
| | | | CO | NO _x | nødvendig | Pumpe- virkning |
| ALTERNATIV 2 (nordover) Morgenrush | 12 | 10 | 11,05 | 1,66 | 1,3 | 0,9 |
| | 12 | 50 | 2,66 | 1,19 | 0,9 | 4,3 |
| | 12 | 90 | 2,00 | 1,36 | 1,1 | 6,8 |
| | 15 | 10 | 10,44 | 1,91 | 1,5 | 0,9 |
| | 15 | 50 | 2,55 | 1,30 | 1,0 | 4,3 |
| | 15 | 90 | 1,93 | 1,45 | 1,1 | 6,8 |
| ALTERNATIV 2 (sørover) Morgen | 12 | 10 | 4,01 | 0,57 | 0,4 | 0,6 |
| | 12 | 50 | 0,91 | 0,31 | 0,2 | 2,8 |
| | 12 | 90 | 0,66 | 0,37 | 0,3 | 5,0 |
| | 15 | 10 | 3,79 | 0,65 | 0,5 | 0,6 |
| | 15 | 50 | 0,86 | 0,33 | 0,3 | 2,8 |
| | 15 | 90 | 0,63 | 0,39 | 0,3 | 5,0 |
| ALTERNATIV 2 (nordover) Ettermiddag | 12 | 10 | 4,74 | 0,71 | 0,6 | 0,6 |
| | 12 | 50 | 1,14 | 0,51 | 0,4 | 2,8 |
| | 12 | 90 | 0,86 | 0,58 | 0,5 | 5,0 |
| | 15 | 10 | 4,47 | 0,82 | 0,6 | 0,6 |
| | 15 | 50 | 1,09 | 0,56 | 0,4 | 2,8 |
| | 15 | 90 | 0,83 | 0,62 | 0,5 | 5,0 |
| ALTERNATIV 2 (sørover) Ettermid- dagsrush | 12 | 10 | 9,37 | 1,33 | 1,0 | 0,9 |
| | 12 | 50 | 2,12 | 0,73 | 0,6 | 4,3 |
| | 12 | 90 | 1,54 | 0,87 | 0,7 | 6,8 |
| | 15 | 10 | 8,86 | 1,51 | 1,2 | 0,9 |
| | 15 | 50 | 2,00 | 0,78 | 0,6 | 4,3 |
| | 15 | 90 | 1,46 | 0,91 | 0,7 | 6,8 |

Tabell 1 viser at økende dieselandel gir større utslipp av NO_x , men mindre utslipp av CO. Det er i dette tilfelle NO_x -utslippene som bestemmer nødvendige luftstrøms hastigheter for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelene. I de videre beregninger har vi derfor tatt utgangspunktet i 15% dieselandel for trafikken.

Dersom trafikken hastighet ikke vil bli mindre enn 20 km/h er det ikke nødvendig med ekstra ventilasjon i tunnelene for å overholde grenseverdier for luftkvalitet i tunnelene. Dette forutsetter imidlertid det tallmateriale angående veigeometri, trafikk og tunnelkonstruksjon som er benyttet.

Produksjon av CO og NO_x er også beregnet for stillestående trafikksituasjoner med sammenhengende kø i tunnelene. For stillestående trafikk er utslipp av CO et større problem enn utslipp av NO_x . Det er antatt at CO-produksjonen for stillestående kjøretøy i gjennomsnitt er 0,167 g/s for biler uten katalysator og kjøretøy med kald katalysator (0,002 g/s for kjøretøy med varm katalysator), og at man har et kjøretøy for hver 7. meter. Det er beregnet separat for hver kjøreretning i begge tunnelene (Alt. A og Alt. 2).

Tabell 2 viser produsert CO (g/s) i tunnelene ved stillestående trafikksituasjoner, og nødvendige ventilasjonshastigheter for å overholde grenseverdier for tunnelluft. Forutsatt stillestående trafikk i tunnel viser at nødvendig og tilstrekkelig ventilasjonshastighet inne i tunnelalternativ A er 1,2 m/s nordover og 1,4 m/s sørover. Tilsvarende for tunnelalternativ 2 er 1,3 m/s i begge retninger.

Tabell 2: Produksjonstall (g/s) for stillestående trafikksituasjoner, og nødvendig ventilasjonshastighet (m/s) for ikke å overskride grenseverdier for tunnelluft.

| | Produsert CO (g/s) | Nødvendig ventilasjons-hastighet (m/s) |
|------------------------|-----------------------|--|
| Alternativ A | | |
| Stillestående mot nord | 13,7 | 1,20 |
| Stillestående mot sør | 15,2 | 1,33 |
| Alternativ 2 | | |
| Stillestående mot nord | 14,1 | 1,23 |
| Stillestående mot sør | 14,1 | 1,23 |

6 FORURENSNING VED TUNNELMUNNINGENE

CO- og NO₂-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene mot sør og nord er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og ulike hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 3 viser resultatet av beregningene. Tabellen viser også munningskonsentrasjoner av etylen, fordi dette kan være en faktor med hensyn til naturreservatet. Tabellen viser også munningskonsentrasjoner av etylen, fordi dette kan være en kritisk faktor med hensyn til naturreservatet.

Dersom trafikken hastighet kommer under 20 km/h vil det være nødvendig med ekstra ventilasjon for å ikke overskride grenseverdier for luftkvalitet i tunnelene. Tabell 3 viser at ved trafikkavvikling med hastigheter på 10 km/h vil pumpevirkingen fra trafikken ikke være tilstrekkelig for å komme under de nevnte grenseverdier.

I forhold til grenseverdiene for tunnelluft, vil bakgrunns-konsentrasjoner i dette tilfelle alltid være mindre enn 10% av grenseverdiene. Vi har ikke tatt hensyn til at forurenset luft trekkes inn i tunnelen fra omgivelsene. Dette vil påvirke

konsentrasjonene i tunnelen i liten grad, slik at ventilasjonskapasiteten på vifteanlegget maksimalt vil måtte økes med 10%. Dette ligger innenfor usikkerheten i beregningene.

Tabell 3: Munningskonsentrasjoner for forskjellige kjøretøyhastigheter og ventilasjonshastigheter.

| | Trafikkens hastighet (km/h) | Ventilasjons-hastighet ¹ (m/s) | Munningskonsentrasjoner | | |
|------------------------------------|-----------------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | | | CO (mg/m ³) | NO ₂ (µg/m ³) | Etylen (µg/m ³) |
| ALTERNATIV A | | | | | |
| - Tunnelmunning i nord | 10 | 1,33 (0,86) | 153 | 2 450 | 2 000 |
| retningsfordeling 70/30 | 90 | 6,85 (6,85) | 5 | 294 | <10 |
| - Tunnelmunning i sør ² | 10 | 1,46 (0,86) | 153 | 2 450 | 2 000 |
| retningsfordeling 70/30 | 90 | 6,85 (6,85) | 6 | 316 | <10 |
| - Tunnelmunning i sør ² | 10 | 0,62 (0,56) | 153 | 2 450 | 2 000 |
| retningsfordeling 30/70 | 90 | 5,05 (5,05) | 3 | 203 | <10 |
| ALTERNATIV 2 | | | | | |
| - Tunnelmunning i nord | 10 | 1,49 (0,86) | 153 | 2 100 | 2 000 |
| retningsfordeling 70/30 | 90 | 6,85 (6,85) | 6 | 322 | <10 |
| - Tunnelmunning i sør ² | 10 | 1,19 (0,86) | 227 | 2 800 | 3 000 |
| retningsfordeling 70/30 | 90 | 6,85 (6,85) | 5 | 258 | <10 |

1 Pumpevirking i parentes for 10 km/h. Nødvendig ventilasjonshastighet i parentes for 90 km/h.

2 Smihagen naturreservat - bare ved denne tunnelmunning har vi beregnet munningskonsentrasjoner ved retningsfordeling 30/70.

Det er viktig å merke seg at beregningene er utført med forutsatt 15% tungtrafikkandel. Dette kan synes å være et noe høyt estimat. Dersom tungtrafikkandelen skulle bli mindre vil en få en høyere CO-konsentrasjon ved samme trafikkmengde totalt.

Vi har beregnet på hvilken avstand fra tunnelmunningen konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til et nivå lik de anbefalte retningslinjer for uteluft. Det er beregnet at NO₂-andelen av NO_x i utslippet fra munningen varierer mellom 7,5% og 10% alt etter tunnelprofil (basert på 15% tungtrafikk). Vi har regnet med 60 µg ozon pr. m³. Det er ellers ikke tatt hensyn til andre bidrag fra veier i nærheten, eller andre forurensningskilder. Resultatet av beregningene er vist i tabell 4.

Tabell 2 viser at med en lufthastighet på 1,2-1,4 m/s i tunnelmunningene, som er tilstrekkelig for at grenseverdier for tunnelluft overholdes, vil det (som tabell 4 viser) kunne bli overskridelser av anbefalte retningslinjer i uteluft i avstander opp til 75 meter fra munningen. Ved en ytterligere økning av ventilasjonshastigheten innskrenkes dette området. Dersom tungtrafikkandelen blir mindre enn 15% vil dette gi mindre område med NO₂-belastning over anbefalte retningslinjer for uteluft.

Det kan ikke ses bort ifra at utslipp fra tunnelen kan bidra til luktplager i tunnelmunningens umiddelbare nærhet ved normal trafikk-avvikling. Luktproblemet kan dekke større områder enn overskridelsene av anbefalte retningslinjer for luftkvalitet.

Ved en trafikkavvikling med 90 km/h vil pumpevirkingen sørge for ventilasjonen alene, og jetfasen blir 65-70 m. Forurensningsbelastningen vil da være konsentrert langs veibanen utenfor tunnelmunningen med de avstander som kan leses av tabell 4. Dersom trafikkavviklingen er treg (10 km/h) og ventilasjonshastigheten i tunnelen er 2 m/s eller lavere vil vi ikke få noe jetfase og forurensningskonsentrasjonene vil være konsentriske omkring tunnelmunningene dersom topografien ligger til rette for dette.

I tabell 4 er anbefalte retningslinjer for NO₂ 200-350 µg/m³. Statens forurensningstilsyn (SFT) vil etter all sannsynlighet anbefale ny retningslinje for NO₂ som vil bli 100 µg/m³. Dette vil føre til at et større område vil få NO₂-konsentrasjoner over anbefalte retningslinjer.

Tabell 4: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjonen av CO og NO₂ er redusert til et nivå lik de anbefalte retningslinjer for uteluft. (Det er her ikke tatt hensyn til bidrag fra bakgrunn og andre veier i nærheten.)

| | Trafikkens hastighet (km/h) | Ventilasjon i tunnel (m/s) | | Lengde av jettfase (m) | Nødvendig spredningsavstand for å komme ned på anbefalte retningslinjer for uteluft | | |
|--|-----------------------------|----------------------------|-----------|------------------------|---|----------------------------|--|
| | | Pumpe-virkning | Nødvendig | | Beregnet | CO (25 mg/m ³) | NO ₂ , lav (200 µg/m ³) |
| Alternativ A: Tunnelmunning i nord retningsfordeling 70/30 | 10 | 0,86 | 1,33 | 1,33 | 35-40 m | 65-70 m | 40-45 m |
| | 10 | 0,86 | 1,33 | 2,00 | 30-35 m | 60-65 m | 35-40 m |
| | 90 | 6,85 | 0,82 | 6,85 | - | 60-65 m | 5 m |
| Tunnelmunning i sør* retningsfordeling 70/30 | 10 | 0,86 | 1,46 | 1,46 | 40-45 m | 70-75 m | 45-50 m |
| | 10 | 0,86 | 1,46 | 2,00 | 35-40 m | 65-70 m | 45-50 m |
| | 90 | 6,85 | 0,88 | 6,85 | - | 65-70 m | 15 m |
| Tunnelmunning i sør* retningsfordeling 30/70 | 90 | 5,05 | 0,42 | 5,05 | - | 25 m | 5 m |
| Alternativ 2: Tunnelmunning i nord retningsfordeling 70/30 | 10 | 0,86 | 1,49 | 1,49 | 40-45 m | 60-65 m | 40-45 m |
| | 10 | 0,86 | 1,49 | 2,00 | 35-40 m | 55-60 m | 35-40 m |
| | 90 | 6,85 | 1,05 | 6,85 | - | 65-70 m | 20 m |
| Tunnelmunning i sør retningsfordeling 70/30 | 10 | 0,86 | 1,19 | 1,19 | 35-40 m | 65-70 m | 45-50 m |
| | 10 | 0,86 | 1,19 | 2,00 | 30-35 m | 60-65 m | 35-40 m |
| | 90 | 6,85 | 0,63 | 6,85 | - | 50-55 m | - |

* Tunnelmunning ved Smihagen naturreservat.

7 FRAMTIDIG UTVIKLING

Fra modellåret 1989 skal alle nye bensindrevne biler tilfredsstille avgasskrav som i de fleste tilfeller vil kreve katalysatorrensning av avgassene. Strengere avgasskrav til dieseldrevne personbiler ble innført i 1990, og tyngre dieseldrevne biler vil sannsynligvis få strengere avgasskrav i 1994. Det var tidligere forventet en årlig utskifting av bilparken til katalysatorbiler på 7%, regnet fra 1989, men bilsalget fra 1988 til i dag har vært mye lavere enn antatt. Dette innebærer at i underkant av 30% av bensindrevne biler antagelig vil ha katalysator i 1995, og at tilnærmet alle bilene vil ha katalysator i 2003.

De ventede avgasskrav til dieseldrevne lastebiler fra 1994 vil etterhvert redusere NO_x (og NO_2)-utslipp fra slike biler. Med halvert NO_x -utslipp fra de nye bilene, og en utskiftingstakt på 10% pr. år, vil dette kunne motvirke en trafikkøkning på anslagsvis 2-3% pr. år.

8 REFERANSER

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

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

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

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

Statens forurensningstilsyn (1986) Avgassbestemmelser for personbiler. Oslo.

Tønnesen, D.A. (1988) Vurdering av luftforurensning ved
Lysakerlokket. Lillestrøm (NILU OR 14/88).

Vegdirektoratet (1988) Vegdirektoratets anbefalinger for tun-
nelluft. Oslo.

VEDLEGG A

Luftforurensning og vegetasjonsskader
i "Smihagen naturreservat" i forbindelse
med tunnelbygging

LUFTFORURENSING OG VEGETASJONSSKADER I "SMIHAGEN NATURRESERVAT" I FORBINDELSE MED TUNNELBYGGING

Dr. agric. Leiv M. Mortensen, Institutt for hagebruk, Norges
landbrukshøgskole/Særheim forskingsstasjon, Klepp st.

KONKLUSJONER

Etylenforurensingen fra tunnelmunningen i sør som munner ut ved grensen til Smihagen naturreservat vil forekomme i konsentrasjoner som vil kunne føre til raskere bladaldring (gulning) helt inntil tunnelmunningen. Det er lite sannsynlig at luftforurensingen vil ha noen merkbar innflytelse på vegetasjonen utover et par titalls meter fra munningen. CO vil forekomme i konsentrasjoner som vil ha liten betydning for vegetasjonen. Selv om NO_x vil kunne forekomme i konsentrasjoner som kan redusere fotosyntesen midlertidig så lenge forurensingsepisoden pågår, vil denne forurensingen ha liten betydning for vegetasjonens tilvekst og utseende (bladskader ikke sannsynlig). Sammenlignet med etylen vil NO_x ha en marginal betydning.

INNLEDNING

Denne rapporten er en vurdering av mulige vegetasjonsskader i "Smihagen naturreservat" i forbindelse med tunnelbygging. Den planlagte tunnelen har sin sørlige munning i grensen til naturreservatet, mens den nordlige munningen ikke berører reservatet. Hovedspørsmålet er om forurensingen fra biltrafikken vil skade bestanden av trær i reservatet. De viktigste treslagene er alm, lind, gråor, ask, lønn, gråor og osp.

Luftforurensingen under de mest ugunstige forhold i rushtida er av NILU beregnet til å bli: $200 \mu\text{g m}^{-3}$ NO_2 og $163 \mu\text{g m}^{-3}$ etylen (C_2H_4) i en avstand av 70-75 m fra munningen; og $350 \mu\text{g m}^{-3}$ NO_2 og $286 \mu\text{g m}^{-3}$ etylen i en avstand av 45-50 m fra den sørlige tunnelmunningen. CO-konsentrasjonen i en avstand av 40-45 m fra munningen er beregnet til å bli 25 mg m^{-3} . Da

disse høye konsentrasjonene kun vil opptre i rushtida ved en trafikkhastighet på 10 km time^{-1} vil de ha relativ kort varighet. Siden tunnelmunningen ligger i grensen til reservatet vil ikke saltskader i forbindelse med veisaltning være noe problem, og heller ikke utslipp av tungmetaller.

På bakgrunn av de foreliggende opplysningene gir denne rapporten en vurdering av sannsynligheten for utvikling av skader på vegetasjonen. Vurderingene blir gjort på grunnlag av egen forskning omkring luftforurensings spørsmål (NO_x , etylen og ozon) og klima, samt på bakgrunn av en analyse av litteraturen på området.

GENERELT OM KLIMA OG FORURENSING

En gitt forurensingsdose vil ha forskjellig effekt på ulike planteslag, men også ulike individ av samme art kan reagere forskjellig på samme dose. Dessuten vil klimaforholdene under forurensingssituasjonen i stor grad kunne påvirke effekten av forurensingen. Generelt kan man si at høy luftfuktighet og gode lysforhold under eksponeringen vil kunne øke absorpsjonen av luftforurensinger inn i bladverket, og effekten av forurensingen vil dermed kunne bli forsterket. I tillegg vil bladverk utviklet under dårlige lysforhold kunne være mere sårbare for en etterfølgende forurensingsepisode enn blad som har vokst under gode lysforhold. Det eksisterer altså komplekse sammenhenger mellom luftforurensing og de ulike klimafaktorene når det gjelder utvikling av vegetasjonsskader.

VURDERING AV SANNSYNLIGHETEN FOR VEGETASJONSSKADER

De aktuelle gassene å vurdere i denne sammenheng er CO , NO_x og etylen. CO gir i prinsippet samme skader som etylen, men må opptre i konsentrasjoner flere tusen ganger høyere enn etylen for å gi samme skadeomfang. Ved de oppgitte konsentrasjonene vil CO neppe utgjøre noe problem.

NO_x -forurensingen består av ca. 90% NO og ca. 10% NO_2 . Ut fra litteraturen synes det mest korrekt å regne de to gassene som

likeverdige i å forårsake skader. Det synes derfor greit nok at NILU opererer med NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) omregnet til NO_2 . Basert på litteraturen kan en konkludere med at NO_2 -konsentrasjoner noe under $200 \mu\text{g m}^{-3}$ som regel vil ha liten innvirkning på planteveksten. Hos enkelte grasarter (engrapp, hundegras, raigras timotei og bygg) er det imidlertid registrert vekstreduksjon ved ca. $200 \mu\text{g m}^{-3}$ NO_x tilført over en periode på 5-7 måneder. Imidlertid har lignende konsentrasjoner gitt over en periode på 5-14 måneder ikke forårsaket noen effekt på lind og gråor som er treslag som inngår i reservatet. Heller ikke bjørk, gran og eple ble påvirket ved en slik NO_x -eksponering. Skal NO_x forårsake synlige skader må konsentrasjonen komme opp i størrelsesorden ca. $1000 \mu\text{g m}^{-3}$ over flere dager, og dette synes å være uaktuelt i forbindelse med Smihagen naturreservat. NO_x -konsentrasjoner på noen hundre $\mu\text{g m}^{-3}$ kan imidlertid forårsake en reduksjon i fotosyntesen så lenge forurensingsepisoden varer, men fotosyntesen vil raskt ta seg opp igjen til det normale i løpet av et par timer etter at episoden opphører. Det synes derfor lite sannsynlig at NO_x vil forårsake noe synbart problem for vegetasjonen i reservatet.

Etylen er en gass som oppstår ved ufullstendig forbrenning. Denne gassen er et aldringshormon som produseres av frukt som modner eller av bladverk som eldes og visner. Dersom bladverk utsettes for denne gassen vil det framskynde aldringsprosessen og bladene vil eldes raskere enn normalt. Så lave etylen-konsentrasjoner som ca. $20 \mu\text{g m}^{-3}$ kan forårsake en viss framskynding av aldringsprosessen. I en avstand av 70-75 m fra tunnelmunningen vil etylen-konsentrasjonen kunne komme opp i ca. $160 \mu\text{g m}^{-3}$ hvilket er en svært høy konsentrasjon sett fra vegetasjonens synsvinkel. Imidlertid vil en enkeltepisode på et par timer med en slik konsentrasjon neppe bety særlig for vegetasjonen. Skulle imidlertid konsentrasjoner på over $100 \mu\text{g m}^{-3}$ oppstå flere timer daglig over flere uker vil en måtte forvente å finne antydning til raskere bladaldring hos vegetasjonen. Raskere bladaldring forårsaket av etylen vil nok kunne oppstå helt inntil tunnelmunningen, men det er lite sannsynlig at etylenskader vil utgjøre noe stort problem utenom dette området. Imidlertid synes det nokså klart at etylen-forurensingen fra tunellmunningen vil være den

viktigste forurensingen fra vegetasjonens synsvinkel, d.v.s. viktigere enn NO_x og CO. Det er helt usannsynlig at etylenforurensingen vil kunne forårsake at de ulike treslagene vil bli særlig svekket og etterhvert dø. Selv om bladverket skulle gulne (eldes) raskere om høsten vil normale blad utvikle seg neste vår.

REFERANSER

- Abeles, F.B., 1973. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, New York and London, 302 p.
- Ashenden, T.W., 1979. The effect of long-term exposure to SO₂ and NO₂ pollution on the growth of Dactylis glomerata L. and Poa pratensis L. Environ. Pollut., 18:249-258.
- Ashenden, T.W. & Williams, I.A.D., 1980. Growth reductions in Lolium multiflorum Lam. and Phleum pratense L. as a result of SO₂ and NO₂ pollution. Environ. Pollut., 21:131-139.
- Capron, T.M. & Mansfield, T.A., 1977. Inhibition of growth in tomato in air polluted with nitrogen oxides. J. Exp. Bot., 28:112-116.
- Elkiew, T., Ormrod, D.P. & Marie, B.A., 1988. Growth responses of crop plants in the vegetative stage to sulphur dioxide and nitrogen dioxide. Gartenbauwiss., 53:61-64.
- Freer-Smith, P.H., 1984. The responses of six broadleaved trees during long-term exposure to SO₂ and NO₂. New Phytol., 97:49-61.
- Lane, P.I. & Bell, J.N.B., 1984. The effect of simulated urban air pollution on grass yield - Performance of Lolium perenne, Phleum pratense, and Dactylis glomerata fumigated with SO₂, NO₂ and /or NO. Environ. Pollut., 35:97-124.
- Mortensen, L.M., 1983. Luftforurensing og planteskader i veksthus. Melding nr. 281, Institutt for blomsterdyrking og veksthusforsøk, Norges landbrukshøgskole, 22s.
- Mortensen, L.M., 1985a. Nitrogen oxides produced during CO₂ enrichment. I. Effects on different greenhouse plants. New Phytol., 101:103-108.
- Mortensen, L.M., 1985b. Nitrogen oxides produced during CO₂

- enrichment. II. Effects on different tomato and lettuce cultivars. *New Phytol.*, 101:411-415.
- Mortensen, L.M., 1986. Nitrogen oxides produced during CO₂ enrichment. III. Effects on tomato at different photon flux densities. *New Phytol.*, 104:653-660.
- Mortensen, L.M., 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. *Scientia Hortic.*, 33:1-25.
- Mortensen, L.M., 1989. Effect of ethylene on growth of greenhouse lettuce at different light and temperature levels. *Scientia Hortic.*, 39:97-103.
- Mortensen, L.M., 1990. Effects of ozone on growth of Triticum aestivum L. at different light, air humidity and CO₂ levels. *Nor. J. Agr. Sci.*, 4:343-348.
- Mortensen, L.M., 1992. Effects of ozone and temperature on growth of several wild plant species. *Nor. J. Agr. Sci.* (under trykking)
- Pande, P.C. & Mansfield, T.A., 1985a. Responses of spring barley to SO₂ and NO₂ pollution. *Environ. Pollut.*, 38:87-97.
- Pande, P.C. & Mansfield, T.A., 1985b. Responses of winter barley to SO₂ and NO₂ alone or in combination. *Environ. Pollut.*, 39:281-291.
- Petitte, J.M. & Ormrod, D.P., 1984. Effects of sulfur dioxide and nitrogen oxide on four Solanum tuberosum L. cultivars. *Am. Potato J.*, 61:319-329.
- Saxe, H. & Christensen, O.V., 1984. Effects of carbon dioxide with and without nitric oxide pollution on growth, morphogenesis and production time of potted plants. *Acta Hortic.*, 53:475-482.
- Spierings, F.H.F.G., 1971. Influence of fumigations with NO₂ on growth and yield of tomato plants. *Neth. J. Plant Path.*, 77:194-200.
- Taylor, O.C. & Eaton, F.M., 1966. Suppression of plant growth by nitrogen dioxide. *Plant Physiol.*, 41:132-135.
- Tischner, R., Peuke, A., Godbold, D.L., Feig, R., Merg, G. & Huttermann, A., 1988. The effect of NO₂ fumigation on aseptically grown spruce seedlings. *J. Plant Physiol.*, 133:243-246.
- Verkade, R., Nederhoff, E.M., Remortel, E.V. & Wolting, H.G. 1988. Veelbelovende resultaten met nieuw type brander.

Groenten en fruit, desember:36-37.

Whitmore, M.E. & Mansfield, T.A., 1983. Effects of long-term exposures to SO₂ and NO₂ on Poa pratensis and other grasses. Environ. Pollut., 31:217-235.

