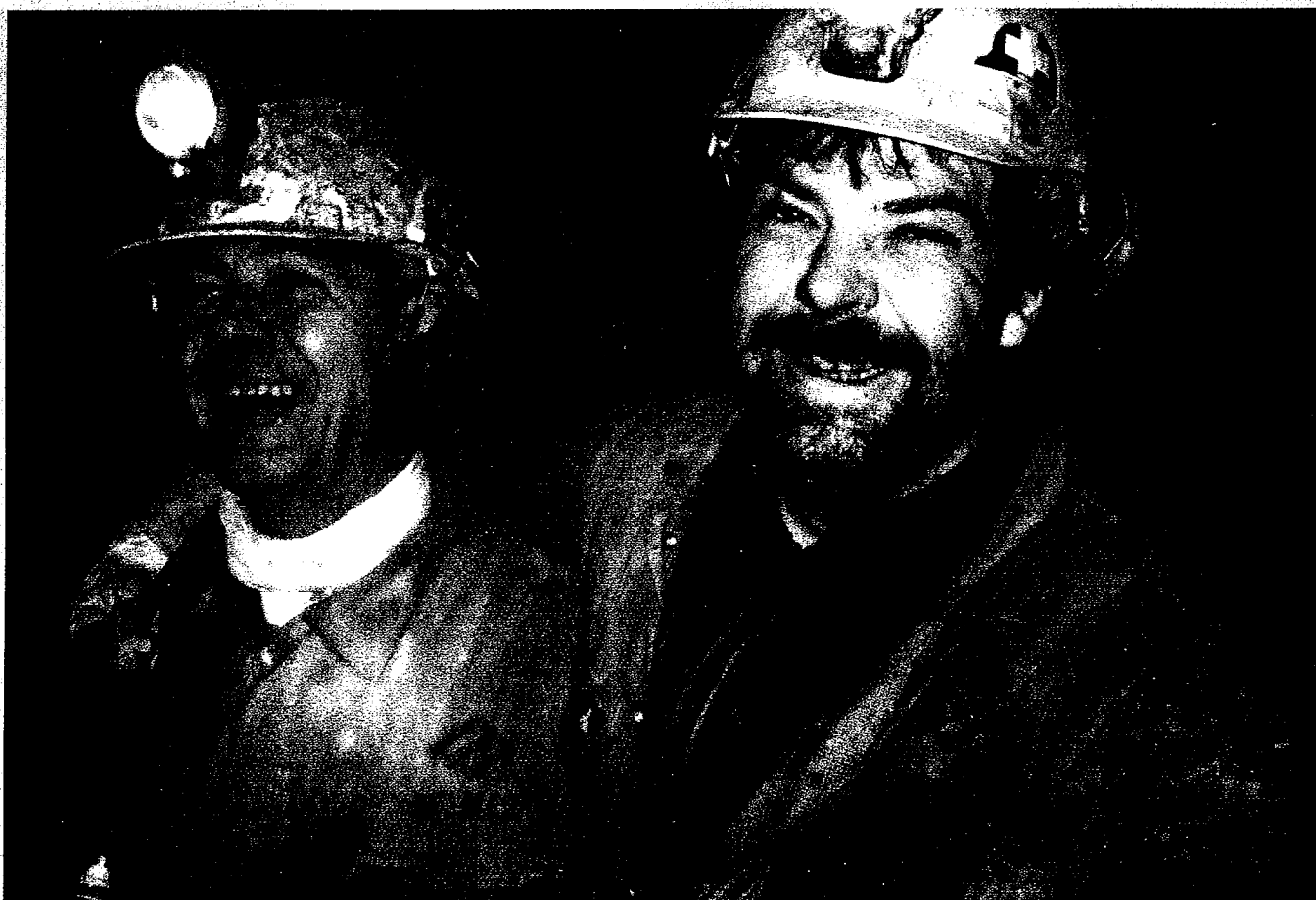


Eksponering og obstruktiv lungesykdom hos anleggsarbeidere

– en epidemiologisk studie



STAMI-rapport Årg.1, nr.1 (2000)



Statens
arbeidsmiljøinstitutt

 **NHO**
NÆRINGSLIVETS HOVEDORGANISASJON





**Statens
arbeidsmiljøinstitutt**

Tittel: Eksponering og obstruktiv lungesykdom hos anleggsarbeidere
- en epidemiologisk studie

Forfattere: Bente Ulvestad, Selmer ASA
Berit Bakke, Statens arbeidsmiljøinstitutt
Wijnand Eduard, Statens arbeidsmiljøinstitutt
Torill Woldbæk, Statens arbeidsmiljøinstitutt
Asbjørn Skogstad, Statens arbeidsmiljøinstitutt
Syvert Thorud, Statens arbeidsmiljøinstitutt
Kristian Kruse, Statens arbeidsmiljøinstitutt

Prosjektansvarlige: Berit Bakke
Bente Ulvestad

**Prosjektmedarbeidere
Statens arbeidsmiljøinstitutt:**

Ahmed Ali, Margrethe Brendeford, Erik Bye, Kari Dahl,
Wijnand Eduard, Kristian Kruse, Erik Melbostad[†], Hilde Notø,
Hien Pham, Asbjørn Skogstad, Syvert Thorud, Torill Woldbæk

**Prosjektmedarbeidere
Selmer ASA:**

Kari Bagley, Karl Jacob Carstens, Marit Fagerhus,
Jorunn Grande[†], Emmy Nyheim, Petter Wold

Dato: 27.01.2000

Serie: STAMI-rapport Årg.1, nr.1 (2000)

ISSN: 1502 - 0932

Stikkord:

Bygg og anlegg
Arbeidsmiljøkartlegging
Gasser
Støv
Obstruktiv lungelidelse
Eksponering
Epidemiologi

Key words:

Construction industry
Workplace studies
Gases
Dust
Obstructive lung disease
Exposure
Epidemiology

FORORD

Denne rapporten dekker to prosjekter, «Kartlegging av eksponering for aerosoler og gasser hos bygg- og anleggsarbeidere» og «Luftveissymptomer og lungefunksjon hos bygg- og anleggsarbeidere – en oppfølgingsstudie», som ble gjennomført parallelt i perioden januar 1996–mai 1999. Prosjektene har mottatt støtte fra NHOs Arbeidsmiljøfond. Prosjektene rapporteres samlet da resultatene i delprosjektene henger nøye sammen.

Arbeidsmiljøkartleggingen er gjennomført av Statens arbeidsmiljøinstitutt og helseundersøkelsene av bedriftshelsetjenesten i Selmer ASA.

Prosjektet «Eksponering og obstruktiv lungesykdom hos anleggsarbeidere» er en oppfølging av to tidligere NHO-støttede prosjekter som ble gjennomført i perioden 1989–1995: «Luftveissymptomer, lungefunksjon og bronkial reaktivitet hos tunnelarbeidere» (E. Melbostad og B. Ulvestad, HD 1028/92, STAMI) og «Luftveissymptomer og lungefunksjon hos bygg- og anleggsarbeidere» (E. Melbostad og B. Ulvestad, NHO-rapport 1995). I disse undersøkelsene fant man at inhalasjon av luftforurensninger gir økt risiko for å utvikle luftveissymptomer og sykdom i luftveiene hos flere yrkesgrupper i bygg- og anleggsbransjen. Konklusjonen fra disse studiene var at man må kartlegge eksponering og bruke denne kartleggingen i tilknytning til helsefunnene for å kunne iverksette adekvate tiltak.

Vi ønsker å takke ledelsen og de ansatte i Selmer ASA for velvillig støtte og deltakelse i prosjektet.

Vi vil også takke

– våre veiledere, professor dr.med. Tor Norseth, overlege dr.med. Helge Kjuus og seniorforsker dr. ir. Wijnand Eduard ved Statens arbeidsmiljøinstitutt for konstruktive kommentarer og innspill gjennom prosjektperioden,

– personalet ved Statens arbeidsmiljøinstitutt's bibliotek som har gitt god hjelp til litteratursøking og oppsporing av artikler,

– Per Fuglerud i Medstat Research, som har vært en viktig samarbeidspartner i det statistiske arbeidet, og

- Kari Heldal og Helge Kjuus (Statens arbeidsmiljøinstitutt) som har lest og kommentert rapporten.

Rapportens utforming

Resultater fra eksponeringsmålingene er summert opp i kapittel 7 for oversiktens skyld.

Prosjektet er sammensatt av flere delprosjekter. I rapporten legger vi først fram en sammenfattende beskrivelse av prosjektet og metodene som er brukt (kapittel 1-6), for deretter å rapportere resultatene fra de enkelte delprosjektene (kapittel 8). I diskusjonen (kapittel 9) prøver vi å se resultatene fra delprosjektene i sammenheng og gi en samlet vurdering av resultatene.

INNHOLD

FORORD	2
SAMMENDRAG	5
SUMMARY	5
PUBLIKASJONSLISTE	6
1. BAKGRUNN	8
2. HENSIKT	9
3. DESIGN	9
4. EKSPONERING	10
4.1 PRØVETAKINGSSTRATEGI	10
4.2 YRKESGRUPPER OG PROSJEKTER I STUDIEN	12
4.3 PRØVETAKINGSMETODER	15
4.4 ANALYSEMETODER.....	16
5. HELSEEFFEKTER	17
5.1 METODER	17
5.1.1 Spørreskjema	17
5.1.2 Spirometri.....	17
5.1.3 Metakolin-provokasjonstest.....	17
5.1.4 Nitrogenoksidmålinger	18
5.1.5 Induksjon og preparering av sputum	18
5.1.6 Akustisk rhinometri	19
5.1.7 Spesifikk allergi/atopi.....	19
5.1.8 Røntgenbilder	19
5.2 DEFINISJONER.....	19
6. DATAANALYSER	20

7. RESULTATER FRA EKSPONERINGSMÅLINGENE	20
7.1 GENERELT OM RESULTATENE	20
8. DELPROSJEKTER.....	26
8.1 KARAKTERISERING AV EKSPONERINGEN VED FULLPROFILBORING	26
8.2 KARAKTERISERING AV LUFTBÅRNE PARTIKLER DANNET VED FULLPROFILBORING, MED SVEIPELEKTRONMIKROSKOPI OG RØNTGENMIKROANALYSE	27
8.3 KARAKTERISERING AV EKSPONERINGEN VED BORING AV SJAKT	30
8.4 BLIR OPERATØRENS EKSPONERING ENDRET VED BRUK AV ELEKTRISK DREVET LASTER SAMMENLIKNET MED DIESELDREVET?	31
8.5 EFFEKTE AV ALKALIFRI AKSELERATOR PÅ KONSENTRASJONEN AV STØV I LUFTA VED BETONGSPRØYTING	33
8.6 LUKKET OPERATØRKABIN PÅ SPRØYTERIGG VED BETONGSPRØYTING – VIL OPERATØRENS EKSPONERING REDUSERES? EN INTERVENSJONSSTUDIE	34
8.7 ELEKTROMONTØRERS ARBEIDSMILJØ I TUNNEL.....	35
8.8 MÅLING AV OLJETÅKEEKSPONERING VED SPRØYTING MED FORSKALINGSOLJE.....	36
8.9 KARAKTERISERING AV EKSPONERINGEN FOR PAH, VOC OG FORMALDEHYD VED TUNNELARBEID	37
8.10 TUNNELARBEIDERE HAR EN ØKT RISIKO FOR Å UTVIKLE OBSTRUKTIV LUNGESYKDOM	38
8.11 TUNNELARBEIDERE SOM UTFØRER KJEMISK INJEKSJONSARBEID MED POLYURETAN, HAR ØKT RISIKO FOR Å UTVIKLE ASTMA	40
8.12 EKSPONERING FOR NITROGENDIOKSID OG RESPIRABELT STØV FRA SKYTEPROPP OG DIESELEKSOS VED TUNNELDRIFT GIR AKUTT FALL I LUNGEFUNKSJON	41
8.13 HELSEEFFEKTER OG EKSPONERING VED ARBEID I «SLURRYANLEGG» OG «ANFOANLEGG». EN SAMMENLIKNING AV TO SPRENGSTOFF	42
8.14 FORSKALINGSSNEKKERE I UNDERJORDSANLEGG BLIR TETTE I NESA	43
8.15 FORSKALINGSSNEKKERE I UNDERJORDSANLEGG HAR HØYERE VERDIER AV UTÅNDET NO, EN MARKØR FOR LUFTVEISINFLAMMASJON, ENN FORSKALINGSSNEKKERE SOM JOBBER UTE	44
9. DISKUSJON	45
9.1 EKSPONERING	45
9.2 EFFEKTER PÅ LUFTVEIENE / UTVIKLING AV LUNGESYKDOM	46
9.3 SPESIELLE GRUPPER AV TUNNELARBEIDERE	48
9.4 BRUK AV PERSONLIG VERNEUTSTYR.....	48
10. KONKLUSJON	49
11. FOREBYGGING AV OBSTRUKTIV LUNGESYKDOM I ANLEGGSTRANSJEN	50
11.1 HELSEUNDERSØKELSER	50
11.2 TILTAK SOM REDUSERER EKSPONERING UNDER NORMALE FORHOLD	50
12. FRAMTIDIG FORSKNINGSBEHOV	51
13. REFERANSER	52

SAMMENDRAG

I alt 536 anleggsarbeidere har deltatt i en tverrsnittundersøkelse med fokus på luftveiene. Av disse deltok 345 i en oppfølgingsundersøkelse 8 år senere. 189 deltok i en prospektiv eksponeringskartlegging.

Et randomisert utvalg av arbeidere fra utvalgte grupper ble inkludert i eksponeringskartleggingen. Personlige prøver av to eller flere kjemiske agens ble samlet inn simultant. Personlig eksponering ble målt to eller flere dager. Det ble tatt prøver av totalstøv og respirabelt støv, α -kvarts, nitrogendioksid, karbonmonoksid, ammoniakk, karbondioksid, oljetåke/oljedamp og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)/flyktige organiske forbindelser (VOC).

Følgende metoder ble benyttet for å vurdere helseeffekter: standardisert spørreskjema, spirometri, metakolintest, nitrogenoksid i utåndingsluft, indusert sputum, akustisk rhinometri, lunge-røntgen og allergitestning med Phadiatop.

Sammenliknet med utearbeidende anleggsarbeidere hadde tunnelarbeiderne en signifikant høyere eksponering for totalstøv, respirabelt støv, α -kvarts, oljetåke, nitrogendioksid og karbonmonoksid. Støveksponeringen ved tunnelarbeid var periodevis høy sammenliknet med norske administrative normer.

Både det årlige tapet i lungefunksjon (FEV_1) relatert til eksponering og prevalensen av kronisk obstruktiv lungelidelse (KOLS) var signifikant høyere hos tunnelarbeiderne enn i referansegruppen (utearbeidende anleggsarbeidere).

Tunnelarbeiderne ble videre delt inn i undergrupper basert på jobb. Enkelte, spesialiserte grupper av tunnelarbeidere (injeksjonsarbeidere og betongsprøytere) hadde økt risiko for utvikling av astma. Andre spesialiserte grupper (fullprofilborere og sjaktborere) hadde en betydelig eksponering for bl.a. støv og kvarts.

Vi konkluderte med at arbeid i tunneler og fjellrom medfører til dels høy eksponering for støv og gasser og denne eksponering gir økt risiko for utvikling av kronisk lungesykdom, primært av obstruktiv type.

SUMMARY

A total of 536 heavy construction workers participated first in a cross-sectional study and 345 later in an 8 years follow-up survey. From this cohort 189 workers participated in a prospective exposure assessment.

A random sample from selected groups was included in the exposure assessment. Exposure to dust and gases was determined by means of personal sampling and two or more agents were collected simultaneously. Exposure was assessed for each person for two or more days. Samples included total dust, respirable dust, α -quartz, nitrogen dioxide, carbon monoxide, ammonia, carbon dioxide, oil mist/oil vapour and PAH/VOC.

The methods used in the medical survey included standardised questionnaire, spirometry, methacholine test, expired nitric oxide, induced sputum, acoustic rhinometry, chest radiographs and allergy testing with Phadiatop.

The tunnel workers were compared with outdoor construction workers. Exposure to dust in the tunnels was periodically high compared to the Norwegian occupational exposure limits. Both yearly loss of FEV_1 related to exposure and prevalence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD), were higher among the tunnel workers than in the reference group.

Compared to the reference group, the tunnel workers had a significantly higher exposure to total dust, respirable dust, α -quartz, oil mist, nitrogen dioxide and carbon monoxide.

The tunnel workers were further divided in groups. Several of these subgroups (injection workers and shotcreters) had an increased risk for asthma. Other groups (shaft drillers and full-face tunnel boring machine workers) had substantial exposure to α -quartz. We conclude that exposure to dust and gases in underground construction work enhances the risk for chronic obstructive pulmonary disease.

PUBLIKASJONSLISTE

Følgende artikler/abstracts har hittil hatt sitt utspring i prosjektet:

- I** B. Bakke, M. Brendeford, E. Bye, K. Kruse, E. Melbostad, H. Notø, B. Ulvestad og T. Woldbæk: Helse og eksponering hos bygg- og anleggsarbeidere. Abstract 45. Nordiska Arbetsmiljömötet, København, august 1997.
- II** B. Bakke, M. Brendeford, K. Kruse, og H. Pham: Exposure assessment during tunnel excavation – a longitudinal study. Abstract. 46. Nordiska Arbetsmiljömötet, Reykjavik, august 1998.
- III** B. Ulvestad og E. Melbostad: Respiratory symptoms and lung function in tunnel workers. Abstract. 46. Nordiska Arbetsmiljömötet, Reykjavik, august 1998.
- IV** H. Notø, G. Fladseth, H. Pham og B. Bakke: Exposure to organic compounds during tunnel excavation. Abstract. 46. Nordiska Arbetsmiljömötet, Reykjavik, august 1998.
- V** B. Bakke og B. Ulvestad: Exposure and health effects in shotcreting. Third international symposium on sprayed concrete. Modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Gol, 26.–29. September 1999.
- VI** M.B. Lund, B. Ulvestad, B. Bakke, J. Boe og J. Kongerud: Tunnel workers have higher levels of exhaled nitric oxide than outdoor construction workers. Abstract. European Respiratory Society, Annual Congress, Madrid, oktober 1999.
- VII** B. Ulvestad, B. Bakke, P. Djupesland, J. Kongerud, J. Boe og M.B. Lund: Exposure in tunnel work cause nasal congestion. Abstract. European Respiratory Society, Annual Congress, Madrid, oktober 1999.
- VIII** W. Eduard og B. Bakke: Examples of task-based exposure assessment in studies of farmers and tunnel workers. *Norsk Epidemiologi* 1999;9 (1):29–34.
- IX** B. Ulvestad, E. Melbostad og P. Fuglerud: Asthma in tunnel workers exposed to synthetic resins. *Scand J Work Environ Health* 1999;25(4):335-341.
- X** B. Ulvestad, B. Bakke, E. Melbostad, P. Fuglerud, J. Kongerud og M.B. Lund: Tunnel workers are at increased risk of obstructive pulmonary disease. Akseptert for publisering, Thorax 2000.
- XI** I. Storås I, B. Bakke, C. Hauck, B. Ulvestad, K. I. Davik, A. B. Moen: Prosjektet HMS-sprøytebetong. Vegdirektoratet, 1999. Publikasjon nr. 94.

Generelt informasjonsarbeid:

- I** Nyhetsbrev 1–3: Helse og eksponering hos bygg- og anleggsarbeidere. 1997–1998
- II** Presentasjon av prosjektet i årsrapport 1996 for Statens arbeidsmiljøinstitutt. B. Bakke.
- III** *BYGG aktuelt* 14. mai 1997. Reportasje. B. Ulvestad og B. Bakke.
- IV** Foredrag i Norsk Bergmekanikkgruppe, oktober 1998. Berginjeksjon. Oppfølging av HMS-krav. B. Ulvestad.
- V** Foredrag i Norsk Betongforening, desember 1998. Helseeffekter og eksponering ved betongsprøyting. B. Bakke og B. Ulvestad.
- VI** Foredrag på Kursdagene ved NTNU, Norske Sivilingeniørers Forening, januar 1999. HMS i fjellanlegg. Helseeffekter. B. Ulvestad.
- VII** Foredrag på Arbeidsmedisinsk vårmøte, Skien, 10. og 11. mai 1999. B. Bakke.
- VIII** Foredrag på internkurs i Statens vegvesen, Vegdirektoratet Bergen, 20. mai 1999. B. Bakke.
- IX** Foredrag på Årskonferansen i Norsk Yrkeshygienisk Forening, Kongsberg, 22.–24. september 1999. B. Bakke.
- X** Foredrag på øre-nese-hals legenes høstmøte, Oslo, 5. november 1999. P. Djupesland
- XI** Foredrag på lungelegenes høstmøte, Oslo, 19. november 1999. M.B Lund

1. BAKGRUNN

Bygg- og anleggsbransjen har lang tradisjon i Norge. Entreprenørvirksomheten i Norge omfatter mer enn 230 bedrifter og sysselsetter i dag ca. 20 000 personer (NHO, Statistisk sentralbyrå). Blant disse er omtrent 1700 tunnelarbeidere (etter anslag fra Selmer ASA). Norge er det landet i verden som har flest tunnelmeter pr. innbygger. Bare i 1998 ble det sprengt 875 tunnelkilometer. Dette gjør tunnelarbeid til en viktig del av norsk anleggsvirksomhet.

Utviklingen i bygg- og anleggsbransjen de siste 10–15 årene har gått i retning av stadig kortere byggetider. Dette har ført til at flere arbeidsoppgaver har måttet foregå parallelt. For eksempel har man måttet gjennomføre store ferdigstillingprosjekter i tunneler mens sprengningsarbeidet fremdeles har pågått. Inntil 1985/86 var det mer eller mindre utenkelig å oppholde seg i tunnelen mens man drev med utlasting av sprengningsmasse. En tilsvarende utvikling kan man se også andre steder innenfor bygg- og anleggsvirksomhet. Sandblåsing og betongsliping foregår ofte parallelt med og nær opptil forskalingssnekring og tømringarbeid. Moderne produksjonsmetoder ved tunneldrift, med tunge, raske maskiner og høyt arbeidstempo, medfører betydelige konsentrasjoner av dieseleksos [1, 2].

I litteraturen rapporteres det at bygg- og anleggsarbeidere har økt risiko for brysthinnekreft (mesotheliom) [3], arbeidsulykker [4], muskel-skjelett-plager [5] og eksem [6], mens det er uklart om det er en arbeidsrelatert risiko for å utvikle obstruktiv lungelidelse [7, 8]. I en tverrsnittsstudie har man vist at ikke-røykende eldre bygg- og anleggsarbeidere har høyere forekomst av «ikke-spesifikk kronisk lungesykdom» enn ikke-røykende funksjonærer, og den økte forekomsten blir relatert til støveksponering på jobben [9]. Den sistnevnte studien skiller ikke mellom ulike yrkesgrupper i bygg- og anleggsindustrien. I en norsk tverrsnittsstudie av 30–46 års gamle menn eksponert for α -kvarts på jobben, men med et normalt lungerøntgenbilde, ble det vist en sammenheng mellom varigheten av eksponeringen og forekomsten av nedsatt lungefunksjon av obstruktiv type [10]. Tunnelarbeidere var bare en av flere yrkesgrupper der man antok at det hadde vært en høy eksponering for α -kvarts uten at det ble gjort eksponeringsmålinger. Det har vært påvist at dieseleksos kan føre til inflammasjon i luftveiene [11] og luftveisobstruksjon [12]. Det er også påvist nedsatt lungefunksjon etter eksponering for nitrogendioksid [13]. I en studie av verkstedarbeidere konkluderte man at astma relatert til oljetåkeeksponering er vanlig [14].

Tunnelarbeidere er blant de anleggsarbeidere som er høyest eksponert, og de er eksponert for alle de nevnte forurensningene (α -kvarts, andre partikler fra sprengning og dieseleksos, nitrogendioksid og oljetåke). Så vidt vi vet, er det ikke beskrevet i litteraturen at slik eksponering ved tunnelarbeid kan gi nedsatt lungefunksjon og lungesykdom. Det har i det hele tatt vært lite systematisk forskning når det gjelder helse i bygg- og anleggsindustri sammenliknet med annen type industri [7].

Obstruktiv lungesykdom kan deles inn i astma og kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS). Obstruktiv lungesykdom ser ut til å øke i alle aldersgrupper i den industrialiserte verden [15, 16]. I Hordalandsundersøkelsen [17] fant man obstruktiv lungesykdom hos 8 % av befolkningen mellom 18 og 73 år. Astma utgjorde 1/3 av tilfellene. Prevalensen økte med alder, og det var en sterk assosiasjon mellom KOLS og røyking. Yrkesrelatert luftforurensning var en viktig risikofaktor. Obstruktive lungesykdommer er viktige årsaker til sykelighet og død. I Europa er KOLS sammen med astma og pneumoni den tredje viktigste dødsårsaken [18]. De viktigste risikofaktorene til KOLS er røyking og yrkesmessig eksponering (ERS-consensus statement 1995). Behandlingen av denne type lungesykdom er en stor utfordring [18]. Derfor blir det gjennomført store internasjonale forskningsprogrammer for å finne mekanismene bak allergi, astma og KOLS, men mer energi burde legges i forebygging av obstruktive lungesykdommer [17].

2. HENSIKT

Hensikten med studien var:

- Å studere forekomst (prevalens) av luftveissymptomer og utvikling av obstruktiv lungesykdom over tid hos tunnelarbeidere og andre anleggsarbeidere.
- Å karakterisere eksponeringen ved ulike typer anleggsarbeid og beskrive determinanter for personlig eksponering for aerosoler og gasser.
- Å undersøke sammenhengen mellom eksponering for aerosoler og gasser og obstruktiv lungesykdom hos spesielt utsatte grupper av anleggsarbeidere.
- Å foreslå tiltak for å redusere eksponeringen og dermed risikoen for å utvikle obstruktive lungelidelser hos spesielt utsatte grupper i anleggsbransjen.

3. DESIGN

Den medisinske studien startet med et tverrsnittsdesign der man sammenliknet 212 tunnelarbeidere med 205 utearbeidende anleggsarbeidere (forskalingssnekkere og jernbindere). Også en undergruppe av tunnelarbeidere (19 injeksjonsarbeidere) ble undersøkt i en tverrsnittsundersøkelse. Senere ble studien utvidet til en åtte års oppfølgingsstudie.

Fra den opprinnelige kohorten ble 189 tunnel- og anleggsarbeidere omfattet av en prospektiv eksponeringskartlegging.

4. EKSPONERING

4.1 Prøvetakingsstrategi

Prøvetakingsstrategien tar sikte på å selekttere grupper for eksponering–effekt-undersøkelser. Dette blir utført med nye metoder basert på forskjeller mellom arbeidstakergrupper, variabilitet mellom personer i gruppene, og variasjon fra dag til dag [19].

Kvalitativ og kvantitativ estimering av eksponering

Yrkeskategori (anleggsarbeider), yrkestittel (tunnelarbeider) og jobb gruppe (stuffarbeider) er klassifiseringer som ofte har ofte vært benyttet i epidemiologiske undersøkelser for å karakterisere eksponering kvalitativt. Ulempen ved kvalitativ klassifisering er at en slik inndeling ikke er entydig. For eksempel kan arbeidere og funksjonærer benytte ulike jobbtitler for å beskrive den samme jobben, og jobbtitler kan endres over tid både i innhold og i navn. Videre varierer eksponeringen fra dag til dag, ofte gjennom året og fra arbeider til arbeider. Arbeidere innen samme gruppe kan derfor være eksponert for svært forskjellige nivåer, noe som kan føre til non-differensiell feilklassifisering, og eksponering–respons-sammenhenger kan da bli betydelig underestimerte. Også ved yrkeshygieniske målinger etter tradisjonelle prøvetakingsstrategier vil man kunne gå glipp av informasjon om denne variasjonen. Eksponeringen må derfor kartlegges slik at de ulike kildene til variasjon kan estimeres og benyttes ved klassifisering av arbeidstakere.

Åtte yrkesgrupper innen tunnelarbeid er med i denne studien (se kap. 4.2, tabell 1). Det har deltatt til sammen 189 arbeidere i den yrkeshygieniske undersøkelsen, og 15 anlegg i Norge og et anlegg i Italia med norsk entreprenør er kartlagt (se kap. 4.2, tabell 2). I tillegg ble en gruppe av forskalingsnekkere og jernbindere som jobbet utendørs inkludert i studien (20 arbeidere). Disse var referansegruppe for den epidemiologiske undersøkelsen. Prosjektene ble valgt fordi de ble regnet for å være representativ for norsk anleggsvirksomhet. Prosjektene inkluderte tunneler, fjellhaller og en sjakt. Deltakelsen var frivillig, men alle som ble forespurt, deltok. Arbeiderne jobbet to uker på anlegget for så å ha én uke fri. De jobbet 10 timers skift, med to 30 minutters matpauser inkludert. Et randomisert utvalg av arbeidere fra disse gruppene deltok i undersøkelsen. Personlige prøver av to eller flere kjemiske agenser ble samlet inn simultant. Hver person ble målt i to eller flere dager for å kunne estimere variasjon i eksponeringen mellom ulike dager. Prøvetakingstiden ble begrenset til 5–8 timer, noe som altså er mindre enn arbeidsskiftet, som en følge av begrensinger ved prøvetakingsutstyret (kapasitet på batterier osv.). Prøvetakingstiden ble likevel regnet for å være representativ for hele skiftet, fordi prøvetakingsperioden innen skiftet ble valgt tilfeldig, og fordi arbeidsoppgavene ofte ble gjentatt. Arbeidsoppgavene og deres varighet samt ulike driftsfaktorer ble registrert i forbindelse med målingene. Kjennskap til sammenhenger mellom personlig eksponering og determinanter er nyttig for å utvikle praktiske strategier som kan redusere eksponeringen og dermed risikoen for å utvikle sykdommer. I tillegg kan man beregne den kumulative eksponeringen på individnivå basert på tidsbruk på arbeidsoppgaver. Eksponeringsmålinger dekker bare en liten del av den eksponeringstiden som er av interesse i longitudinelle studier. Modellering av eksponering kan derfor være bedre, fordi man da kan ta høyde for tidstrender og variasjon i arbeidet.

Kjemiske komponenter

Basert på det man vet om prosesser og arbeidsoppgaver samt lungetoksiske effekter, ble følgende kjemiske komponenter inkludert i kartleggingen:

- Støv (totalstøv og respirabel fraksjon)
- α -Kvarts i respirabelt støv [20]
- Oljetåke og oljedamp [21]
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner [22]
- Karbonmonoksid [23]
- Nitrogendioksid [24]

Det ble tatt stikkprøver av:

- Formaldehyd [25]
- Ammoniakk [26, 27]
- Karbondioksid [28]
- Elementært karbon [29]



Plassering av prøvetakingsutstyr ved personlig prøvetaking.

4.2 Yrkesgrupper og prosjekter i studien

Tabell 1. Beskrivelse av yrkesgrupper som omfattes av studien.

Jobb gruppe	Beskrivelse av arbeidet	Eksposering (kilder)
DRIVING		
Stuffarbeidere	<p>Stuffarbeiderne arbeider for det meste i fronten av tunnelen som det skal drives igjennom. Et stufflag består som regel av fire personer. Sprengning og utgraving av tunneler er et intensivt og krevende arbeid. I tillegg til å kjøre tunge borerigger utfører stuffarbeiderne en rekke arbeidsoppgaver. Arbeidet har vanligvis følgende framdrift: 1) Boring av hull for plassering av sprengstoff, 2) fjellet sprenges, 3) den utsprengte røysa lastes ved hjelp av en lastemaskin over på lastebiler eller vogner som trekkes av et dieseldrevet lokomotiv, 4) massen transporteres ut av tunnelen. Tunneler som er lengre enn 200 meter, blir vanligvis ventilert mekanisk under driving. Frisk luft ledes inn til stuff (der tunneldriverne arbeider) gjennom en fleksibel ventilasjonsduk fra en vifte utenfor tunnelen. I de fleste tilfeller ventileres skyteproppen ut gjennom tunnelen.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Dieseleksos (anleggsmaskiner)- Totalstøv, respirabelt støv og α-kvarter (boring, pigging, rensking, sprengning)- Nitrogendioksid og karbonmonoksid (dieseleksos, sprengning)- Oljetåke og oljedamp (dieseleksos, forskalingsolje)- VOC/PAH (dieseleksos)- Formaldehyd (dieseleksos)- Ammoniakk (sprengning)
Sjaktborere	<p>Sjaktborene er spesialiserte arbeidere i denne jobben. Arbeidet foregår oppe på en plattform som dekker hele tverrsnittet i sjakta. Av produksjonsmessige årsaker er det ikke montert inn mekanisk ventilasjon. Den eneste ventilasjonen som følger arbeidet, er trykkluft, som også brukes til å drive knematerne. Arbeidet følger en rutine som starter med rensking av fjellet, og dersom det er nødvendig, sikres fjellet med bolter, det bores hull for plassering av sprengstoff med knematerne, borehullene lades med sprengstoff, plattformen kjøres ut av sjakta, og man avslutter skiftet med å sprengte. Vanligvis er ikke arbeiderne i kontakt med skyteproppen, men det har hendt at skyteproppen er blitt «hengende igjen» i sjakta som en følge av ugunstige trykkforhold inne eller ute. Litt avhengig av hvor stort tverrsnittet er, er det vanligvis 3-4 personer oppe i sjakta. Nede i tunnelen er det en reparatør som jobber mens det drives oppe i sjakta.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Totalstøv, respirabelt støv og α-kvarter (boring)- Oljetåke og oljedamp (boring)
Fullprofilborere	<p>Ved fullprofilboring bores hele tverrsnittet med store maskiner uten bruk av sprengstoff. Borearbeidet skjer ved at borchodet på maskinen presses fram mot stoffen under rotasjon. Det spyles lett med vann under boringen, vesentlig for å dempe støvet, men også for å oppnå en viss kjøleeffekt. Berget males i stykker og sendes ut av tunnelen via en kjedetransportør. Det finnes flere rensemetoder som benyttes for fjerning av støvet som utvikles under boringen. Boremaskinen er elektrisk drevet. Under boringen er det en operatør som har ansvaret for maskinen, en elektriker, en som følger opp transporten av steinmassene ut av tunnelen, og en hjelpemann/reparatør.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Totalstøv, respirabelt støv og α-kvarter (boring)

SIKRINGSARBEID

Betongsprøytere

Betongsprøyting er en metode som benyttes til arbeidssikring under driving av tunneler. Senere inngår betongsprøyting i den permanente sikringen av tunneler. De fleste betongsprøytere er spesialisert i denne jobben og utfører kun dette arbeidet. Det finnes flere typer rigger, men felles for dem er at operatøren sitter eller står foran bilen som leverer betong, og styrer utpumpingen (gjennom en slange) via et kontrollpanel. Noen rigger har lukket operatørkabin. Betongen forstås gjennom en dyse idet den sprøytes på fjellet under høyt trykk. Sprøyteriggen kan kjøres på diesel eller på elektrisk strøm. For å lette rengjøringen av riggen, sprøytes det ofte forskalingsolje på riggen før start.

- Totalstøv, respirabelt støv og α -kvarter (betongsprøyting)
- Deseleksos (sprøyterigg, betongbil)
- Oljetåke og oljedamp (forskalingsoilje, deseleksos)

Bakstufarbeidere

Bakstufarbeiderne følger bak stufarbeiderne og har ansvaret for å 1) framføre og reparere ventilasjonsduken, 2) sørge for at det er strøm og vann inn til stoffen og 3) utføre forskjellige former for sikringsarbeid som dekking av rasfarlig fjell med betong (betongsprøyting) og festing av rasfarlig fjell med stålbolter mens drifvingen pågår.

- Totalstøv, respirabelt støv og α -kvarter (boring, betongsprøyting)
- Deseleksos (bakstufbil, andre anleggsmaskiner.)
- Oljetåke og oljedamp (forskalingsoilje, deseleksos)

FERDIGSTILLING

13

Forskalingsarbeidere

Forskalingsnekkere og jernbindere jobber både i underjordsanlegg og utendørs. Arbeidet påbegynnes ofte før sprengningsarbeidet i tunnelen er avsluttet, og den generelle ventilasjonen inn til arbeidsområdet er ofte montert ned. Arbeidet følger normalt et mønster hvor 1) jernbindere legger armeringsjern, 2) snekkere setter opp forskaling, 3) forskalingen sprøytes med olje, 4) formen støpes, 5) forskalingen rives og, ved behov, 6) betongen sandblåses og pusses før man på nytt begynner å legge forskaling. I dette arbeidet brukes det skjærebrenner for å kutte armeringsjern, det sveises for å sette sammen armeringen og det brukes kjemiske injeksjonsmidler for å tette sprekker.

- Totalstøv, respirabelt støv og α -kvarter (riving av forskaling, pussing av betong, sandblåsing)
- Deseleksos (betongbil, andre anleggsmaskiner)
- Nitrogendioksid, karbonmonoksid (deseleksos)
- Oljetåke og oljedamp (forskalingsoilje, deseleksos)
- Metalldamper (sveising, skjærebrenning)
- Trestøv (saging)

Elektromontører

Elektromontørene har ansvaret for permanent installasjon av elektrisk strøm i tunnelen etter at betongarbeidet er ferdig. I forbindelse med dette arbeidet utføres det sveising ved behov. Sprengningsarbeidet er ferdig, men det kan fremdeles pågå ulike former for etterarbeid når elektrikerne kommer inn i tunnelen/fjellhallen. Elektrikerne er en gruppe arbeidere som vanligvis ikke har sitt arbeid i tunnel.

- Totalstøv, respirabelt støv og α -kvarter (boring)
- Metalldamper (sveising)
- Deseleksos (installasjonsbiler)
- Nitrogendioksid, karbonmonoksid (deseleksos)
- Oljetåke og oljedamp (deseleksos)

Injeksjonsarbeidere*

Injeksjonsarbeidere utfører tetting av fjell ved bruk av enten betong eller kjemiske injeksjonsmidler som polyuretan eller andre kjemiske resiner.

- Deseleksos (betong- eller injeksjonsbil)
- Polyuretan o.l. (injeksjonsmidler)

* Yrkeshygieniske målinger i denne gruppen ble kun utført i forbindelse med delprosjekt 8.11.

Tabell 2. Beskrivelse av prosjektene som omfattes av studien.

Type anlegg	Bygging av	Tverrsnitt, m ²	Antall personer	Antall målinger (alle komponenter inkl.)	Prøvetakingsperiode			
					1996	1997	1998	1999
Jernbaneanlegg	Tunnel	61	11	289	-----			
Jernbaneanlegg	Tunnel	111	13	330	-----			
Jernbaneanlegg	Tunnel	35	43	443		-----		
	Fjellhall	150						
Jernbaneanlegg	Tunnel	113	23	215			-----	
Veianlegg	Tunnel	130	8	72		-----		
Veianlegg	Tunnel	55	1	3			-----	
Veianlegg	Tunnel	55	5	20			-----	
Veianlegg	Tunnel	50	4	143			-----	
Veianlegg	Tunnel	56	1	15		-----		
Veianlegg	Tunnel	56	1	8		-----		
Veianlegg	Tunnel	58	1	48			-----	
Renseanlegg	Tunnel	27	18	181		-----		
	Fjellhall	255						
Renseanlegg	Fjellhall	342	34	159			-----	
Kraftanlegg	Tunnel	17	11	157		-----		
Kraftanlegg	Sjakt	13	8	36			-----	
Sport senter	Fjellhall	319	7	90		-----		

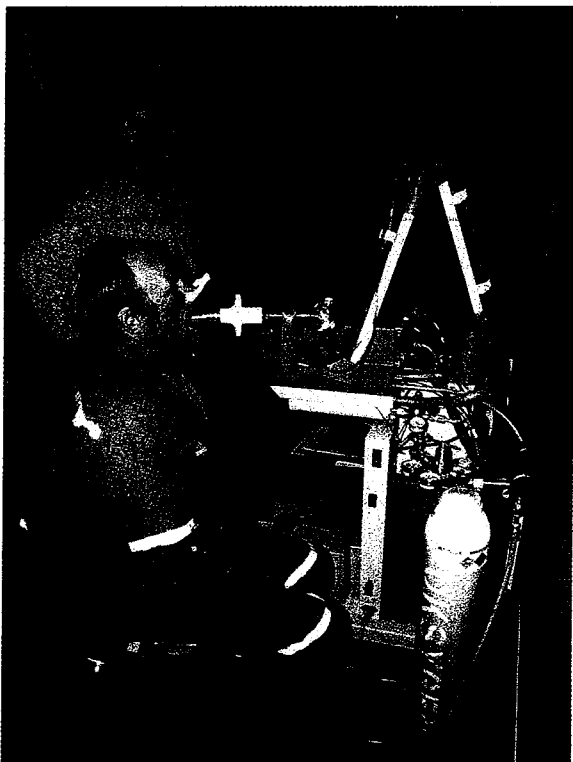
4.3 Prøvetakingsmetoder

- Til prøvetaking av totalstøv og partikulær fase av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble det benyttet forhåndsveide membranfiltre av akrylkopolymerer (Versapor 800, Gelman Sciences, Ann Arbor, USA) med porestørrelse 0,8 μm i 25 mm plastkassetter (Gelman Sciences, Ann Arbor, USA). Lufthastigheten gjennom filtrene ble justert til 2,0 l/min.
- Til prøvetaking av respirabelt støv ble det benyttet forhåndsveide celluloseesterfiltre med porestørrelse 0,8 μm i Casella-sykloner (Casella T13026/2, London, England). Lufthastigheten gjennom filtrene ble justert til 2,2 l/min.
- Til prøvetaking av oljetåke ble det benyttet et glassfiberfilter (Whatman GF (A), Maidstone, England) og et celluloseesterfilter (porestørrelse 0,8 μm) pakket i 37 mm plastkassett (Millipore). Til filteret ble det festet et kullrør (SKC, Blandford Forum, England) til oppsamling av oljedamp. Lufthastigheten gjennom filteret og kullrøret ble justert til ca. 1,4 l/min.
- Til prøvetaking av uorganiske gasser ble det benyttet direktevisende elektrokjemiske sensorer for å bestemme konsentrasjonen av nitrogendioksid (NO_2) og karbonmonoksid (CO) (NEOTOX - XL, Neotronics Limited, Takeley, England) med innebygd lagringsfunksjon. Diffusjonsrør (Dräger Norge AS) ble benyttet for å bestemme konsentrasjonen av karbondioksid (CO_2) og ammoniakk (NH_3).
- Til prøvetaking av formaldehyd ble det benyttet en passiv prøvetaker basert på diffusjon (GMD 570 Formaldehyde dosimeter badge, GMD Systems Inc., USA).
- Til prøvetaking av flyktige organiske forbindelser (VOC) og PAH ble det benyttet XAD-2 (SKC, Blandford Forum, England) som adsorbent. Prøvetakingsmetoden er beskrevet i detalj andre steder [30].
- Elementært karbon ble benyttet som en markør for dieseleksos. Til prøvetakingen ble det benyttet kvartfilter i standard aerosol kassetter. Lufthastigheten gjennom filtrene ble justert til 2,0 l/min [29].

4.4 Analysemetoder

Alle analyser er utført ved Statens arbeidsmiljøinstitutt, med unntak av kvartsbestemmelsene, som er utført ved Arbetslivsinstitutet, enheten for arbeidsmiljøteknik i Sverige, og elementært karbon bestemmelsene som er utført ved DataChem Laboratories, Inc. Salt Lake City, UT, USA.

- Mengde totalstøv og respirabelt støv ble bestemt gravimetrisk. Deteksjonsgrense for den gravimetriske bestemmelsen er 0,06 mg.
- Oljetåke ble bestemt ved Fourier transform infrarød spektroskopi (FTIR) etter desorpsjon med Freon 113. Oljedamp ble bestemt ved gasskromatografi etter desorpsjon med karbondisulfid [31]. Deteksjonsgrensen for oljetåke og oljedamper er henholdsvis 0,008 mg og 0,17 mg.
- Kvarts i den respirable støvfraksjonen ble etter veiing av filteret bestemt ved røntgendiffraksjon (XRD) NIOSH metode 7500 [32].
- Formaldehyd ble bestemt ved høytrykksvæskekromatografi (HPLC). Kvantitativ bestemmelse foretas mot kjente standarder av formaldehyd 2,4-dinitrofenylhydrazon. Deteksjonsgrensen er 0,003 ppm basert på 8 timers prøvetaking.
- PAH og VOC ble analysert ved gasskromatografi (GC) med flammeionisasjonsdetektor (FID) etter desorpsjon med diklormetan. Deteksjonsgrensen for PAH og VOC er henholdsvis 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 0,01 mg/m^3 .
- Elementært karbon på filtrene ble analysert i henhold til NIOSH metode 5040 [29]. Deteksjonsgrensen for elementært karbon er 1,28 μg .



Respirasjonsmålinger ute på arbeidsplassen er et viktig redskap for å avdekke svikt i lungefunksjon.

5. HELSEEFFEKTER

Studien av helseeffekter er lagt opp som flere delprosjekter, der en eller flere undersøkelsesmetoder kan inngå. Vi har derfor i dette kapitlet valgt å gi en beskrivelse av de anvendte metodene i alle delprosjektene.

5.1 Metoder

5.1.1 Spørreskjema

Et standardisert spørreskjema om allergi, luftveisinfeksjoner og luftveissymptomer (modifisert British Medical Research Council (BMRC)) ble fylt ut av den enkelte anleggsarbeider før den kliniske undersøkelsen.

Vi benyttet spørsmål om røyking som har vært brukt tidligere i norske populasjonsundersøkelser [33, 34, 35]. *Røykere* ble definert som dagligrøykere. *Tidligere røykere* ble definert som personer som hadde sluttet å røyke for minst 12 måneder siden. Personer som hadde vært dagligrøykere og hadde sluttet å røyke i løpet av de siste 12 månedene, ble klassifisert som røykere.

5.1.2 Spirometri

Lungefunksjonsundersøkelser ble utført med Vitalograph S med PFT2 PLUS printer, Buckingham. Spirometeret ble kalibrert daglig med en 3 liters sprøyte. Målingene ble utført i overensstemmelse med American Thoracic Societys retningslinjer [36]. De målte variablene var følgende: Forsert vital kapasitet (FVC), forsert ekspiratorisk volum i ett sekund (FEV_1), $FEV_1/FVC \times 100$ (FEV_1 %) og forsert ekspirert flow fra 25–75 % av FVC (FEF 25–75 %). Lungefunksjonsvariablene ble uttrykt som absoluttverdier og som prosent av forventet (European Coal and Steel Community (ECSC) referansemateriale) [37].

5.1.3 Metakolin-provokasjonstest

Det ble utført metakolin-provokasjonstester for å studere bronkial hyperreaktivitet. En positiv metakolintest ble antatt å være en risikofaktor for utvikling av obstruktiv lungesykdom. Kun personer som hadde $FEV_1 \geq 60$ % av forventet nivå, ble testet. De ble bedt om å la være å røyke i minst to timer før testen ble utført, og man ventet minst seks uker etter en luftveisinfeksjon. Prosedyren for inhalasjon av metakolin ble standardisert etter Cockcroft og Hargreaves metode [38]. Det ble brukt en Wright jet nebulisator og 2 minutters inhalasjon. Startkonsentrasjonen var 2 mg/ml. Hvis FEV_1 ikke sank med ≥ 20 % fra én konsentrasjon til den neste, ble konsentrasjonen doblet. FEV_1 ble målt i 30 og 90 sekunder etter hver nye konsentrasjon. Testen ble stoppet hvis en maksimumskonsentrasjon på 32 mg/ml ble nådd, eller hvis FEV_1 sank med ≥ 20 % fra utgangsnivået. Resultatene ble delt i to kategorier: $PC_{20} \leq 8$ mg/ml (= metakolin-reaktive) og $PC_{20} > 8$ mg/ml (= ikke-metakolin-reaktive).

5.1.4 Nitrogenoksidmålinger

Nitrogenoksid i utåndingsluft er de siste årene blitt stadig mer brukt som en markør for inflammasjon i luftveiene.

Utåndet og nasal nitrogenoksid (NO) ble målt med et chemiluminescence-apparat (LR 2000, Logan Research, Rochester, UK), adaptert for online-måling av NO-konsentrasjoner. Apparatet som er NO-sensitivt fra 1 til 5000 milliarddeler (ppb), har en oppløsning på 0,3 ppb og en responstid på < 0,5 s. Apparatets prøveinnsamlingshastighet ble satt til 250 ml/min for alle målinger, og det ble kalibrert daglig med en sertifisert NO-blanding (100 ppb) i nitrogen (BOC Special Gases, Surrey Research Park, Guildford, UK).

NO-målingene ble utført i overensstemmelse med European Respiratory Society's Task Force Report [39]. Målinger av utåndet NO ble gjort ved langsom ekshalasjon (20–30 s) fra total lungekapasitet, gjennom et teflonmunnstykke mot en liten motstand (4–5 cm H₂O) for å unngå nasal kontaminasjon. Endeekspiratoriske NO-verdier ble målt på platånivået på den siste delen av ekshalasjonskurven. Nasal NO ble målt med en teflontube plassert i ett av neseborene mens personen holdt pusten. Verdien fra den siste delen av plataet ble brukt. For både utåndet og nasal NO ble det lagt til grunn tre teknisk akseptable målinger, og gjennomsnittet av de to som lå nærmest hverandre, ble rapportert.

5.1.5 Induksjon og preparering av sputum

Sputumceller blir brukt for å studere type inflammasjon ved luftveisirritasjon/sykdom.

Sputuminduksjon ble kun utført hos pasienter med FEV₁ > 80 % av forventet nivå. Det ble rutinemessig gitt premedikasjon med 200 µg inhalert terbutalin. Pasientene ble bedt om å pusse nesen og skylle munnen med vann før induksjonen. Med neseclype på inhalerte de så 3,5 % saltvannsaerosol i 15 minutter fra en nebulisator (Medix Electronic, output på 1 ml/min). De ble så bedt om å hoste dypt med 5 minutters intervall eller når de følte for det. Munnen ble skylt før oppsamling av ekspektorat. Sputum ble samlet i en kopp, mens spytt ble samlet i en bolle. FEV₁ ble målt hvert 5. minutt, og induksjon ble stoppet dersom FEV₁ skulle falle > 20 % fra utgangsverdien (postbronkodilatasjon). Sputum ble oppbevart ved 4 °C, men ikke lenger enn 2 timer før preparering ble igangsatt. Det ble nedtegnet makroskopiske observasjoner (volum, antall plugg). Sputumpluggene ble fortynnet med Hank's balanserte saltoppløsning (HBSS), som inneholder 1 % dithiothreitol (DTT). Preparatene ble så sentrifugert (389 g i 10 minutter) og deretter igjen suspendert i HBSS. Totalcelletelling ble gjort i Burkerkammer. Cellene ble farget med 0,4 % trypan blå og slides ble laget med cytopspin (Megafuge 1.0) og farget med Diff-Quick. Etter randomisering ble det utført differensialtelling av to uavhengige, «blindede» personer. Preparater med > 50 % epitelceller ble forkastet. Differensialcelletelling ble uttrykt som prosent av det totale antallet nedre luftveisceller, eksklusiv epitelceller. Supernatanten ble dypfryst (– 70 °C).

5.1.6 Akustisk rhinometri

Akustisk rhinometri er særlig velegnet til å studere fysiologiske endringer i neseslimhinnen. Det er en ny og enkel objektiv metode som ved hjelp av hørbare lydssignaler kan bestemme nesens dimensjoner [40]. (Flaggermus bruker det samme prinsippet til å orientere seg i mørket og til å lokalisere insekter. Høyfrekvente lydssignaler sendes ut fra flaggermusens nese eller munn, og ekkoet oppfattes av ørene.) Ved akustisk rhinometri ledes det akustiske signalet til nesens gjennom et rør med et anatomisk utformet nesestykke. Det inngående lydssignalet og ekkoet fra nesehulen sammenliknes og bearbeides i en datamaskin. Nesens tverrsnittsarealer som funksjon av avstanden fra neseåpningen framstilles grafisk, og det er enkelt å beregne volumendringer mellom ulike punkter innover i nesens [41]. Akustisk rhinometri tar et par minutter å gjennomføre og er uten ubehag. Apparatet er lite og mobilt.

Akustisk rhinometri ble gjennomført med Rhin2100, software version 1.27, Rhino Metrics a/s, Danmark. Summen av de minste unilaterale tverrsnittene og volumene i fremre 22 mm fra neseåpningen (TMCA1/TVOL1) og mellom 22 og 52 mm fra neseåpningen (TMCA2/TVOL2) ble estimert. Akustisk rhinometri ble utført før og 15 minutter etter avsvelling av neseslimhinnen med nesenspray (xylometazolin). Det ble forutsatt, som i andre studier [42], at man kan måle graden av nesetetthet indirekte ved å se på graden av avsvelling etter applikasjon av xylometazolin.

5.1.7 Spesifikk allergi/atopi

Det ble tatt blodprøver til allergitesting med Phadiatop (Pharmacia Diagnostics AB, Uppsala, Sverige), en multippel IgE RAST mot ni vanlige luftveisallergener (bjørk, timotei, muggsopp, *cladosporium herbarum*, *alternaria tenuis*, *dermatophagoides pteronyssinus*, katt, hund og hest [43]).

5.1.8 Røntgenbilder

Det ble rekvirert lungerøntgen ved røntgenavdelingene i lokale sykehus rundt om i landet. Bildene ble samlet inn etter at de var tydet av en lokal røntgenlege. Røntgenbildene ble så tydet av en sertifisert «ILO A-reader» som brukte ILOs internasjonale klassifikasjonsmetode for å evaluere radiologiske tegn på pneumokoniose [44].

5.2 Definisjoner

Det ble brukt diagnostiske kriterier fra tidligere norske populasjonsstudier [17]. Astma ble diagnostisert der det var en sykehistorie med anfall av tungpustenhet i hvile med piping i brystet, som endret seg i alvorlighetsgrad i løpet av en kortere periode, enten spontant eller etter behandling. Det skulle ha forekommet minst ett typisk anfall siste 6 månedene. Kronisk obstruktiv lungelidelse (KOLS) ble diagnostisert dersom det var en sykehistorie med kronisk hoste med sliming og tungpustenhet eller piping eller begge deler, og en FEV₁/FVC-ratio mindre enn 0,7 [45].

6. Dataanalyser

Eksponeringsdata ble best beskrevet som lognormale og ble ln-transformert før statistiske analyser ble gjennomført. Forskjell i eksponering mellom de ulike gruppene av tunnelarbeidere ble testet med Kruskal-Wallis test. Forskjell i eksponering mellom tunnelarbeidere og utearbeidende anleggsarbeidere ble testet med Mann-Whitney test. For å sikre uavhengige data ble de første gyldige målingene fra hver person inkludert i testen. Alle statistiske analyser ble utført med SPSS 8.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA).

Relasjonen mellom binære (ja/nei) responsvariabler og kovariabler som yrkesgruppe, allergi, røykevaner og antall år ansatt i samme yrke ble analysert med logistisk regresjon [46].

Kovariabelen alder ble ikke inkludert i modellen pga. høy korrelasjon med kovariabelen år ansatt i samme yrke (Pearson-korrelasjon 0,7). Det ble stratifisert for antall år ansatt i samme jobb (< 10 år, 10–20 år og > 20 år). Risk ratio mellom tunnelarbeidere og andre anleggsarbeidere ble estimert ut fra den justerte odds ratio (tunnel/anlegg) i en regresjonsmodell som omfattet alle fire kovariablene. Det ble også kalkulert korresponderende 95 % konfidensintervall for den justerte odds ratio.

Forskjellen i lungefunksjon (i prosent av forventet nivå) mellom tunnelarbeidere og andre anleggsarbeidere ble testet ved hjelp av variansanalyse (ANOVA) [47], med yrkesgruppe, allergi, røykevaner og antall år ansatt i samme jobb som variabler i modellen. Reduksjonen i lungefunksjonsvariabler ble estimert som en funksjon av antallet år ansatt i samme jobb i en enkel regresjonsmodell [47]. Reduksjonen ble estimert for hver yrkesgruppe og stratifisert for røykergrupper. Det ble brukt multippel lineær regresjonsanalyse for å bestemme hvilke faktorer som var viktige prediksjonsvariabler for lungefunksjonsnivå. Følgende kategoriserte variabler ble antatt å være av betydning: Sykehistorie med astma, allergi, røykevaner (tidligere og nå) og antall år eksponert.

7. RESULTATER FRA EKSPONERINGSMÅLINGENE

7.1 Generelt om resultatene

Alle målinger ble utført i perioden juni 1996 til juli 1999. Prosjektene inkluderte 2 kraftanlegg, 4 jernbaneanlegg, 7 veianlegg, én idrettshall og 2 renseanlegg (se tabell 2). Personlig eksponering ble målt 2 eller flere dager hos 77 % av arbeiderne.

Tabell 3 gir en oversikt over eksponeringsnivå for de ulike agens som er målt. I tillegg ble det samlet inn og analysert i alt 47 prøver på PAH både fra tunnelarbeiderne og fra de utearbeidende forskalingssekkene. Alle prøvene lå under analysemetodens deteksjonsgrense (< 0,2 µg/m³). Konsentrasjonen av formaldehyd og VOC var lav i alle grupper (se tabell 6).

Ti prøver ble analysert på elementært karbon (markør for dieseleksos) og alle prøvene ble samlet inn på det samme anlegget (fjellhall). Geometrisk middelværdi for de to gruppene som ble kartlagt (stufarbeidere og forskalingssekkere) var henholdsvis 340 µg/m³ og 100 µg/m³.

Tabell 7 gir en oversikt over eksponeringsnivå for utearbeidende forskalingssekkere. Sammenliknet med tunnelarbeidere (tabell 3), var de utearbeidende forskalingssekkene lavere eksponert for alle målte parametre (totalstøv, respirabelt støv, kvarts, oljetåke, nitrogendioksid og karbonmonoksid, p<0,01) bortsett fra oljedamp (p=0,10).

For øvrig diskuteres resultater under delprosjektene i kapittel 8 og i diskusjonen i kapittel 9.

Tabell 3. Personlig eksponering ved arbeid i tunnel stratifisert på eksponering^a

Agens	Antall målinger	Antall personer	Aritmetisk gjennomsnitt (GM)	Geometrisk gjennomsnitt (GSD)	Geometrisk standardavvik	Range	Kruskal-Wallis Test ^c sign
Totalstøv	379	155	5,5	3,5	2,6	0,2 - 56	<0,001
Respirabelt støv,	386	151	1,7	1,2	2,4	0,03 - 9,3	0,007
α-Kvarts,	299	127	0,13	0,035	5,0	0,001 - 2,0	<0,001
VOC,	106	52	4,0	1,8	5,7	0,004 - 26	<0,001
Ojetåke,	194	115	0,47	0,33	2,2	0,02 - 4,4	<0,001
Oljedamp,	189	115	4,0	2,6	2,6	0,11 - 49	<0,001
Formaldehyd,	34	25	0,020	0,018	1,6	0,005 - 0,04	^d
Nitrogendioksid,	82	51	0,8	0,6	2,6	0,03 - 2,9	0,6
Karbonmonoksid,	78	45	8,6	5,7	2,5	0,8 - 40	0,01
Karbondioksid,	196	104	1100	1000	1,7	87 - 3100	0,004
Ammoniakk,	177	96	6,0	-----b		<2,5 - 60	-----
Elementært karbon,	10	8	220	160	2,2	63 - 580	^d

^a 47 PAH prøver (fra 25 personer) lå under analysemetodens deteksjonsgrense (0,2 µg/m³)

^b Ikke mulig å beregne fordi mange prøver lå under analysemetodens deteksjonsgrense (2,5 ppm), n=88

^c Kruskal-Wallis test mellom jobb grupper (se tabell 1)

^d For få målinger til å kunne utføre Kruskal-Wallis test

Tabell 4. Personlig eksponering ved arbeid i tunnel stratifisert på jobb gruppe.

Jobb gruppe	Totalstøv, mg/m ³			Respirabelt støv, mg/m ³			α-Kvarts, mg/m ³			Elementært karbon μg/m ³		
	n ^a	GM (95%CI)	GSD	n ^a	GM (95%CI)	GSD	n ^a	GM (95%CI)	GSD	n ^a	GM (95%CI)	GSD
Stuffarbeidere	113	2,3 (2,0-2,7)	2,3	117	0,91 (0,78-1,1)	2,3	113	0,025 (0,020-0,031)	3,1	4	340 (110-1000)	3,0
Sjaktborere	7	6,1 (1,7-22)	4,1	7	2,8 (0,79-10)	3,9	7	0,33 (0,076-1,4)	4,8	---	---	---
Fullprofilborere	41	6,2 (5,0-7,7)	2,0	43	2,0 (1,6-2,5)	2,0	43	0,39 (0,30-0,52)	2,6	---	---	---
Betongsprøytere	82	6,8 (5,4-8,7)	2,9	82	2,3 (1,9-2,8)	2,4	45	0,014 (0,010-0,019)	3,1	---	---	---
Bakstufarbeidere	16	1,9 (1,1-3,2)	2,8	16	0,67 (0,42-1,1)	2,4	12	0,010 (0,005-0,02)	2,9	---	---	---
Forskalingsarbeidere	95	3,4 (3,0-3,7)	1,7	94	0,90 (0,81-1,1)	2,0	56	0,033 (0,022-0,049)	4,5	6	100 (70-160)	1,5
Elektromontører	25	1,4 (1,1-1,8)	1,8	27	0,72 (0,64-0,82)	1,4	23	0,015 (0,011-0,020)	2,1	---	---	---

^a Antall målinger

--- Ingen målinger

Tabell 5. Personlig eksponering ved arbeid i tunnel stratifisert på jobb gruppe.

Jobb gruppe	Nitrogendioksid, ppm			Karbonmonoksid, ppm			Karbondioksid, ppm		
	n ^a	GM (95% CI)	GSD	n ^a	GM (95% CI)	GSD	n ^a	GM (95% CI)	GSD
Stoffarbeidere	39	0,5 (0,4-0,7)	2,6	38	9,0 (6,6-12)	2,6	98	990 (870-1100)	1,9
Sjaktborere	---	---	---	---	---	---	8	1300 (1140-1470)	1,2
Fullprofilborere	1	0,2	---	---	---	---	---	---	---
Betongsprøytere	15	0,4 (0,2-0,8)	3,0	13	2,9 (2,0-4,2)	1,8	12	1000 (610-1700)	2,2
Bakstufarbeidere	4	0,5 (0,1-5,5)	4,5	2	10 (0,2-470)	1,5	12	690 (530-890)	1,5
Forskallingsarbeidere	14	0,7 (0,4-1,1)	2,3	16	4,3 (3,0-6,2)	2,0	44	1000 (910-1100)	1,4
Elektromontører	9	0,9 (0,6-1,2)	1,5	9	3,3 (2,0-5,3)	1,9	22	1200 (1100-1300)	1,2

^a Antall målinger

--- Ingen målinger

Tabell 6. Personlig eksponering ved arbeid i tunnel stratifisert på jobb gruppe.

Jobb gruppe	VOC, mg/m ³			Formaldehyd, ppm			Oljedamp, mg/m ³			Oljetåke, mg/m ³		
	n ^a	GM (95% CI)	GSD	n ^a	GM (95% CI)	GSD	n ^a	GM (95% CI)	GSD	n ^a	GM (95% CI)	GSD
Stuffarbeidere	76	2,9 (2,1-3,9)	4,0	10	0,021 (0,014-0,032)	1,8	80	3,7 (3,1-4,5)	2,3	79	0,31 (0,28-0,35)	1,6
Sjaktborere	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7	1,4 (0,32-6,3)	5,0
Fullprofilborere	10	1,0 (0,3-4,2)	7,2	---	---	---	10	0,31 (0,23-0,44)	1,6	10	0,07 (0,05-0,11)	1,8
Betongsprøytere	2	18 (1,8-180)	1,3	---	---	---	23	4,2 (3,2-5,6)	1,9	23	0,37 (0,25-0,56)	2,6
Bakstufarbeidere	5	0,3 (0,2-0,3)	1,3	6	0,011 (0,006-0,019)	1,7	10	1,6 (0,48-5,2)	5,3	10	0,29 (0,15-0,55)	2,5
Forskallingsarbeidere	13	0,3 (0,1-1,0)	7,1	18	0,019 (0,017-0,032)	1,3	41	2,0 (1,8-2,3)	1,5	40	0,45 (0,39-0,51)	1,5
Elektromontører	---	---	---	---	---	---	25	2,1 (1,7-2,6)	1,7	25	0,29 (0,26-0,32)	1,3

^a Antall målinger

--- Ingen målinger

Tabell 7. Personlig eksponering ved forskalingsarbeid utendørs.

Agens	Antall målinger	Antall personer	Aritmetisk gjennomsnitt	Geometrisk gjennomsnitt	Geometrisk standardavvik	Range	Mann-Whitney ^b sign
Totalstøv, mg/m ³	35	17	1,2	1,0	1,8	0,3-4,0	<0,01
Respirabelt støv, mg/m ³	40	19	0,3	0,2	1,7	0,1-1,1	<0,01
α-Kvarts, mg/m ³	40	19	0,003	0,002	1,8	0,001-0,020	<0,01
VOC, mg/m ³	34	17	1,8	0,6	7,6	0,004-10	<0,01
Oljetåke, mg/m ³	16	11	0,18	0,12	2,2	0,1-1,0	<0,01
Oljedamp, mg/m ³	17	11	3,0	1,7	3,0	0,28-14	0,10
Formaldehyd, ppm	7	7	0,006	0,006	1,2	0,005-0,007	<0,01
Nitrogendioksid, ppm	---	---		a			<0,01
Karbonmonoksid, ppm	---	---		a			<0,01

^a/Ikke målt, antatt å være uteluft konsentrasjoner (<0,2 ppm NO₂, <2 ppm CO)

^b Mann-Whitney test mellom tunnelarbeidere og utarbeidende forskalingsnekkere

8. DELPROSJEKTER

8.1 Karakterisering av eksponeringen ved fullprofilboring

Innledning Fullprofilboring (boring av hele tverrsnittet med store maskiner uten bruk av sprengstoff) er ofte blitt valgt framfor konvensjonell boring og sprengning i tettbygd strøk, fordi konvensjonell drift gir større ulemper for omgivelsene med rystelser og sprenggasser. Selve borearbeidet skjer ved at borhodet på maskinen presses fram mot stoffen under rotasjon. Det spyles lett med vann under boringen, vesentlig for å dempe støvet, men også for å oppnå en viss kjøleeffekt. Berget males i stykker og sendes ut av tunnelen via en kjedetransportør. Det finnes flere rensemetoder for å fjerne støvet som utvikles under boring.

Hensikten med studien var å karakterisere eksponeringen samt å undersøke om det var variasjon i eksponeringen avhengig av arbeidsoperasjon og arbeidssted i tunnelen.

Material og metoder Personlige prøver av respirabelt støv og totalstøv, oljetåke og oljedamp ble målt. I tillegg ble mengden kvarts i den respirable fraksjonen bestemt. Etter prøvetaking ble arbeiderne intervjuet og informasjon om arbeidsoppgaver og deres varighet ble registrert.

Den medisinske undersøkelsen omfattet røntgen av lungene.

Resultater Til sammen 11 personer deltok i kartleggingen, som ble utført over 14 dager i 1997 og 1998. I alt ble det samlet inn 43 prøver av respirabelt støv, 41 av totalstøv og 10 av oljetåke og oljedamp. Resultatene viser at fullprofilboring medfører sterk utvikling av både respirabelt støv og totalstøv (henholdsvis $GM=6,2 \text{ mg/m}^3$ og $GM=2,0 \text{ mg/m}^3$). Dette vil imidlertid variere med tilgangen på vann og med rensemetoden. Det var liten eller ingen forskjell i eksponering mellom arbeidsoperasjonene operatør, elektriker og laster. Sammensetningen av bergartene har stor betydning for eksponeringen. I denne undersøkelsen inneholdt enkelte partier av fjellet opp mot 30 % α -kvarts, noe som medførte høy eksponering for kvarts (overskridelse av normen opp mot 20 ganger). Konsentrasjonen av oljetåke og oljedamp var lav, henholdsvis $GM=0,07 \text{ mg/m}^3$ og $GM=0,31 \text{ mg/m}^3$. Se forøvrig tabell 4 og 6.

Én person hadde røntgenologiske tegn på silikose.

Konklusjon Sammenliknet med konvensjonell drift kommer fullprofilboring dårligere ut hva støv angår. Resultatene viser at det er stor fare for høy kvartseksponering ved fullprofilboring i fjell som inneholder kvarts. Eksponeringen for kvarts kan være så høy at det er fare for utvikling av silikose. Åndedrettsvern er nødvendig.

8.2 Karakterisering av luftbårne partikler dannet ved fullprofilboring, med scanning elektronmikroskopi og røntgenmikroanalyse

Formål Hensikten med analysen var å karakterisere aerosolen som dannes ved fullprofilboring. I utgangspunktet var det ønskelig å benytte et automatiske partikkelanalyseprogram, PRC (Particle Recognition and Characterization) på røntgenmikroanalysator koplet opp mot elektronmikroskop. Styrken med dette programmet er at det kan karakterisere individuelle partikler i et stort antall både kjemisk og morfologisk på relativt kort tid. Analysen kan derfor være et viktig supplement til andre analyser av luftprøver for vurdering av helserisiko forbundet med inhalasjon av aerosoler.

Material og metoder

Prøvetaking: Det ble benyttet åpne, svarte 25 mm diameter filterkassetter (type Gelman) med Poretics PC-filer, 0,6 µm. Luftstrømmen var ca. 2 l/min.

Preparering: ~ 1 cm² ble snittet ut av filteret og montert på en prøveholder av karbon med dobbeltsidig karbon-tape. Prøven til PRC-analyse ble belagt med ca. 20 nm karbon under forvakuum (~ 10⁻² mbar). For en rent kvalitativ vurdering og fotografering ble prøvene pådampet ~ 20 nm Pt.

Analysebetingelser: Prøvene ble analysert i BEI- (PRC-analyse) og SEI-modus (kvalitativ analyse) og under 20 keV akselerasjonsspenning. Det ble benyttet en lavelement-EDS-detektor (Z ≥ 5). Analysetiden under PRC-analysen var 6 s på hver partikkel, og det ble analysert 1540 partikler. 15 grunnstoffer ble benyttet i analyseoppsettet (tabell 8). Analysedataene ble bearbeidet i MS Excel.

Tabell 8. Analyseparametere for partikkelanalyse.

Kjemiske	Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn
Morfometriske	gjennomsnittlig diameter (Martin's diameter) maksimal diameter minimal diameter areal perimeter formfaktor

I de kjemiske analysene angis partiklenes innhold av de 15 grunnstoffene i prosent. Analysene er imidlertid ikke korrigeret for matrikseffekter eller geometriske effekter og gir derfor ikke korrekte verdier. De må strengt tatt ses på som kvalitative kjemiske analyser. For mange applikasjoner er dette likevel nyttig og tilstrekkelig informasjon. Partiklene er i analyseoppsettet delt i tre grupper: «Si-rike», «uorganiske» og «organiske». Skillekriteriet for «Si-rik» ble satt til > 78 % Si. For denne aerosolen tilsvarer det med rimelig god sikkerhet kvartspartikler. «Organiske»

partikler er i dette analyseoppsettet partikler uten signifikant røntgen-talletall for noen av grunnstoffene. De resterende partiklene er «uorganiske».

Resultater Det ble påvist kun fire «organiske» partikler. De var mindre enn 1 µm i diameter og bidro ubetydelig i massesammenheng (< 0,1 vektprosent).

Partikkelstørrelsesfordelingen for kvartspartikler og uorganiske: For begge gruppene er ca. 80 % av partiklene mindre enn 2 µm med høyeste frekvens mellom 1 og 2 µm (50 og 60 %). Mht. masse bidrar partikkelfraksjonen mindre enn ca. 8 µm med 80 % av totalmassen. Det er noe forskjell i partikkelmassefordelingen mellom uorganiske partikler og kvartspartikler.

Eksempelvis vil 80 % av massen innen gruppene bestå av partikler mindre enn ca. 6,5 µm for kvarts og mindre enn ca. 9 µm for uorganiske. Det ble ikke funnet partikler større enn 12 µm. Dette kan skyldes forhold under prøvetakingen (se pkt. 2.4).

Tabell 9 viser den prosentvise fordelingen av kvarts- og uorganiske partikler.

Tabell 9. Fordeling av partiklene i typene «kvarts» og «uorganiske». N = 1540.

Partikkeltype	Antall i %	Masse i %
Kvarts	31	26
Uorganisk	69	74

I «uorganiske» partikler skjuler det seg en kompleks blanding, som gjenspeiler geologien eller mineralsammensetningen i området. Figur 1 og 2 viser sammenhengen mellom noen vanlig forekommende grunnstoffer. I figur 1 er partiklene sortert etter avtakende Si-konsentrasjon. Kurven viser to plataer og et bratt område ned mot de laveste Si-konsentrasjonene. De to plataene består av hhv. kvartspartikler og partikler bestående hovedsakelig av Na-Al-Si eller K-Al-Si. I dette området er også Cr-holdige partikler lokalisert. I det bratte området finner vi hovedsakelig partikler som består av Mg-Ca-Fe, P-Ca, P-Ca-Si, P-Fe, Fe-S, Fe-S-Si, Fe-S-Ca og Ti. Figur 2 viser sammenhengen mellom Fe og Ca. Partiklene er sortert etter minkende Fe-konsentrasjon. Figuren viser at mange partikler med Fe-konsentrasjon mellom ca. 10 og 30 % har høyt Fe-innhold.

Fig. 1: SUS4 Sammenheng mellom Si og Al.
Partiklene er sortert etter minkende Si-konsentrasjon

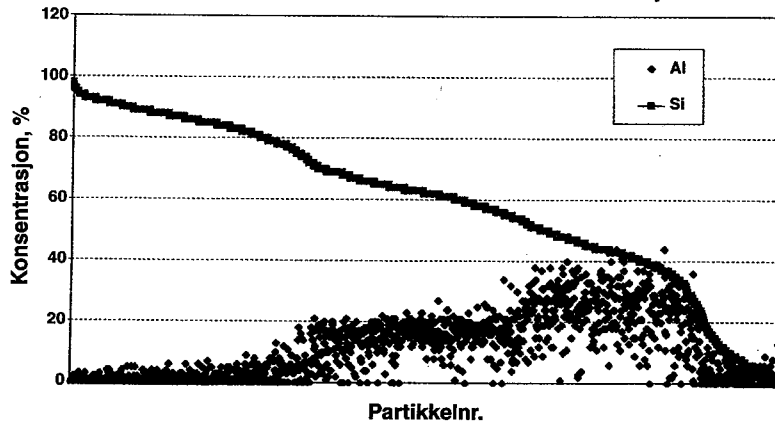
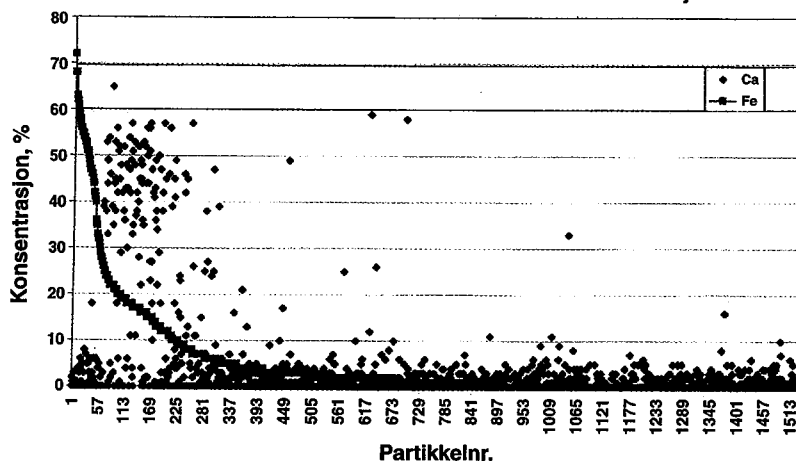


Fig. 2: SUS4 Sammenheng mellom Fe og Ca.
Partiklene er sortert etter minkende Fe-konsentrasjon



Konklusjon 1540 enkeltpartikler fra arbeidsatmosfæren ved fullprofilboring er karakterisert med sveipelektronmikroskopi og røntgenmikroanalyse. Partiklene ble ut fra kjemisk sammensetning inndelt i Si-rike, uorganiske og organiske partikler. Si-rike partikler er med stor sannsynlighet identisk med kvarts. De utgjør i denne prøven 31 % av partiklene mht. antall og 26 % mht. masse. Svært få partikler ble definert som organiske. De utgjorde < 0,1 vektprosent og var mindre enn 1 μm i diameter. De resterende partikler er en kompleks blanding av uorganiske partikler. Partikkelfraksjonen med gjennomsnittsdiameter mindre enn 8 μm utgjør ca. 80 % av totalmassen. Ser vi på partikkeltype, er det noe forskjell: 6,5 μm for kvarts og 9 μm for uorganiske. De uorganiske partiklene gjenspeiler mineralsammensetningen i bruddet.

8.3 Karakterisering av eksponeringen ved boring av sjakt

Innledning Sjaktboring følger samme syklus som vanlig stoffarbeid, men boringen skjer manuelt ved knemateboring. Operatørene står på en plattform og borer ladehull. Sprengstoffet er som regel dynamitt. Det er av rent produksjonsmessige årsaker ikke montert inn mekanisk ventilasjon. Eksponeringen forventes derfor å være betydelig høyere enn hos stoffarbeidere, men med samme kvalitative sammensetning. Vanligvis er sjaktborere ikke i kontakt med skyteproppen, men i enkelte situasjoner (avhengig av trykkforholdene ute og inne) kan skyteproppen bli «hengende igjen» i sjakta. Hensikten med studien var å karakterisere eksponering ved boring av sjakt, og sammenlikne dette med ordinært tunnelarbeid.

Metoder Alle 4 arbeiderne som jobbet i sjakta deltok. Til sammen tre boreoperatører jobbet oppe i sjakta, mens én var reparatør og jobbet nede i tunnelen. Det ble utført personlige målinger av respirabelt støv og totalstøv, oljetåke og oljedamp. I tillegg ble mengden av kvarts i den respirable fraksjonen bestemt.

Den medisinske undersøkelsen omfattet røntgen av lungene.

Resultater Resultatene viser at boreoperatørene er høyt eksponert for oljetåke, respirabelt støv, kvarts og totalstøv sammenliknet både med den administrative normen og med andre tunnelarbeidere (se tabell 4 og 6). Vi har imidlertid for få målinger til å kunne gi et detaljert bilde av eksponeringsforholdene.

Én person hadde sikre røntgenologiske tegn på silikose.

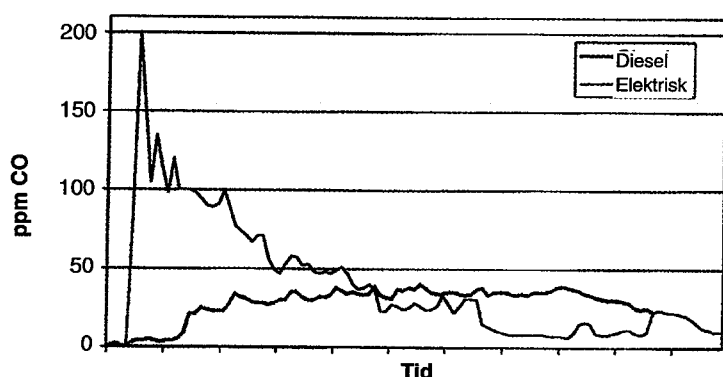
Konklusjon Sammenliknet med ordinære tunnelarbeidere (stoffarbeidere) er sjaktborere vesentlig høyere eksponert for totalstøv, respirabelt støv, kvarts og oljetåke. Resultatene viser at det er stor fare for høy eksponering for oljetåke ved boring med knematere (denne ble målt opptil fire ganger høyere enn normen). Eksponeringen for kvarts kan være så høy at det er fare for utvikling av silikose. Det er nødvendig med åndedrettsvern.

8.4 Blir operatørens eksponering endret ved bruk av elektrisk drevet laster sammenliknet med dieseldrevet?

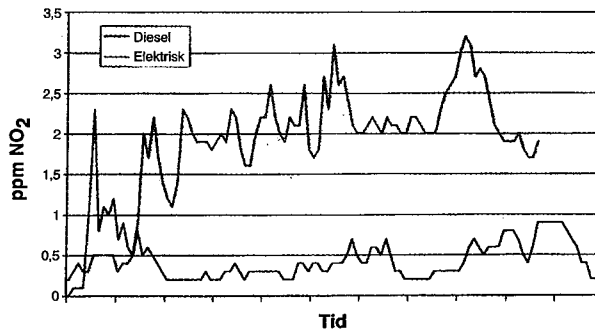
Innledning Utlasting av stein etter sprengning medfører at operatøren av hjullasteren eksponeres for sprenggasser innesluttet i røysa samt dieseleksos fra lasteren og andre kjøretøyer som frakter steinmassene ut av tunnelen. Utviklingen går i retning av økt bruk av elektrisk drevet utstyr for å redusere dieseleksosen i luften. Hensikten med undersøkelsen var å studere effekten ved bruk av elektrisk drevet laster sammenliknet med dieseldrevet laster på eksponering.

Materiale og metoder Det ble utført personlige målinger av nitrogendioksid og karbonmonoksid ved henholdsvis elektrisk og dieseldrevet lasting med en beltelaster. Tunnelen hadde et tverrsnitt på 55 m², og det var enveis ventilasjon inn til stoffen med viftekapasitet på > 2500 m³/min.

Resultater Målingene ble utført to påfølgende dager ca. 1200 m fra tunnelåpningen. Det var samme operatør og laster begge dagene. Total prøvetakingstid ca. 3 timer pr test. I den første testen ble lasteren kjørt på elektrisk strøm. Det var da sprengt en salve 15 minutter tidligere, og lastingen begynte umiddelbart etterpå. I den neste testen ble lasteren kjørt på diesel. Denne gangen var det sprengt kvelden i forveien. Figur 3 og 4 illustrerer forskjellen. Man ser at i test 1 er konsentrasjonen av gassene høy i første del av måleperioden som en følge av sprenggasser senere avtar konsentrasjonen. I test 2 stiger konsentrasjonen jevn over hele måleperioden. Til tross for at det i test 1 var rester av sprenggasser til stede, var det mulig å påvise en lavere konsentrasjon av nitrogendioksid og karbonmonoksid her enn i test 2, hvor lasteren ble kjørt på diesel.

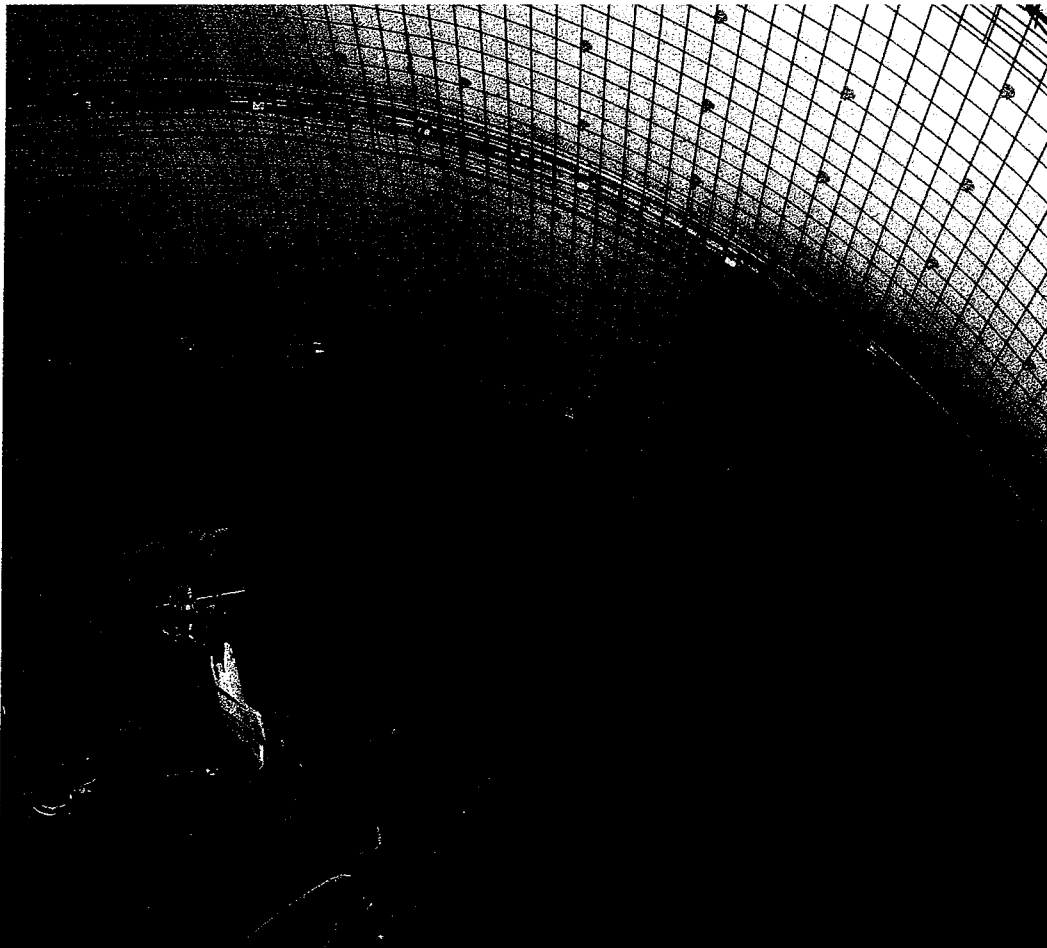


Figur 3. Konsentrasjon av karbonmonoksid som funksjon av tid.



Figur 4. Konsentrasjon av nitrogendioksid som funksjon av tid.

Konklusjon Bruk av elektrisk drevet utstyr reduserer operatørens eksponering for nitrogendioksid og karbonmonoksid som dannes ved forbrenning av diesel.



Betongsprøyting genererer spesielt mye støv.

8.5 Effekten av alkalifri akselerator på konsentrasjonen av støv i lufta ved betongsprøyting

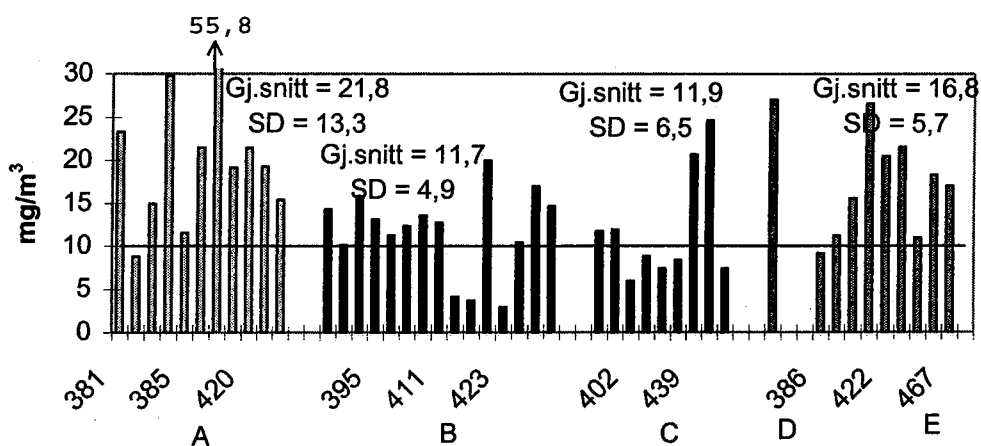
Innledning Bakgrunnen for denne studien var en hypotese om at bruk av alkalifri akselerator i betongen reduserer støvkonsentrasjonen i luften ved påsprøyting av betong, sammenliknet med en tradisjonell metode som benytter vannglass som akselerator.

Målet med studien var å kartlegge sprøyteoperatørens eksponering for respirabelt støv og totalstøv ved bruk av alkalifri akselerator og vannglass.

Materiale og metoder Alkalifrie akseleratorer fra fire leverandører – Sika (A), Rescon (B), Master Builder Technology (C) og Scancem (D) – ble testet. Det ble i tillegg gjort målinger på vannglass. Sprøytingen ble utført med en Meyco-rigg, hvor operatøren står på bakken og styrer sprøytespissen fra et kontrollpanel. For å oppnå representative eksponeringsdata ble det valgt en strategi med minst 10 måledager for hver leverandør av alkalifri akselerator, og minst 10 målinger av vannglass.

Resultater Til sammen 5 sprøyteoperatører deltok i studien, og det ble tatt i alt 45 prøver av totalstøv og 48 prøver av respirabelt støv. Resultatene viser at det ikke er dramatiske forskjeller i støvkonsentrasjon mellom alkalifri akseleratorer og vannglass. Figur 3 viser resultatene for totalstøv.

(For øvrig henvises det til Publikasjon nr. 94 fra Vegdirektoratet som beskriver prosjektet nærmere (se publikasjonslista)).



Figur 5. Resultater for totalstøv (n = 45) gruppert etter akselerator type (A-D: alkalifri, E: vannglass) og IDNR. Hver stolpe representerer én måling.

Konklusjon Resultatene viser at det ikke er statistisk signifikante forskjeller mellom alkalifri akselerator og vannglass med hensyn til konsentrasjonen av støv i luften målt ved personlige prøver på operatøren. Operatøren er eksponert for uakseptabelt høye konsentrasjoner av så vel totalstøv som respirabelt støv. Åndedrettsvern må benyttes.

8.6 Lukket operatørkabin på sprøyterigg ved betongsprøyting – vil operatørens eksponering reduseres? En intervensjonsstudie

Innledning Bakgrunnen for denne intervensjonsstudien er resultater fra en tidligere kartlegging av eksponering som viser at operatøren av sprøyteriggen er høyt eksponert for støv og gasser (delprosjekt 10, nyhetsbrev nr. 1/98, STAMI). Utviklingen av nytt utstyr går i retning av lukket operatørkabin der operatøren er beskyttet for støv, støy og trekk. Målet med studien var å vurdere effekten av lukket operatørkabin på operatørens eksponering.

Materiale og metoder Følgende måleprogram ble gjennomført for å vurdere effekten på operatørens eksponering av å sitte i en lukket kabin: Én stasjonær prøveserie inne i operatørkabinen, én stasjonær prøveserie utenfor operatørkabinen og én personlig prøveserie på operatøren. Hver prøveserie består av målinger av både respirabelt støv og totalstøv.

Resultater Prøvetakingen pågikk i perioden fra 4. til 18. februar 1999. Alle målingene ble utført på samme operatør. Av totalt 16 målinger ble 8 utført med alkalifri akselerator (Rescon) og 8 med vannglass som akselerator. Testene ble utført fra 150 til 315 m inne i tunnelen. Ventilasjonsanlegget var i alle testene innstilt på 1 på en skala fra 0 til 3 m / 1,5 m duk, bortsett fra én måling, hvor anlegget var innstilt på 2. Ventilasjonsanlegget er det samme som ble benyttet i delprosjekt 11. Viften i operatørkabinen var innstilt på maksimumsverdien i alle testene, og varmen var innstilt på 2 eller 3 på en skala fra 0 til 3.

Resultatene viser at operatørens eksponering var betydelig redusert ved bruk av lukket operatørkabin, og at eksponeringen varierte fra sprøyting til sprøyting. Dette er en følge av forskjellig jobbemønster, f.eks. hvor ofte operatøren går inn og ut av kabinen i løpet av sprøyteperioden. For totalstøv ble operatørens eksponering gjennomsnitt redusert med 74 % (n = 14, SD = 8, median = 78%). For respirabelt støv ble operatørens eksponering gjennomsnitt redusert med 44 % (n = 10, SD = 15, median = 40 %). Andelen av sprøytetiden som operatøren er utenfor kabinen, varierte fra 1 til 44 %, med et gjennomsnitt på 18 % (median 13 %). De hyppigst rapporterte årsakene til at operatøren er ute av kabinen mens sprøytingen pågår, er: 1) flytting av riggen, 2) tilrigging eller tilkjøring av nytt lass med sprøytebetong, 3) for stiv eller tykk sprøytebetong, behov for å tynne den ut, 4) propp av betong i slangen, 5) rengjøring av munnstykket, 6) luftslange som løsner, 7) diverse (venting etc.).

(For øvrig henvises det til Publikasjon nr. 94 fra Vegdirektoratet som beskriver prosjektet nærmere (se publikasjonslista)).

Konklusjon Resultatene viser at operatørens eksponering for støv reduseres betydelig ved bruk av lukket operatørkabin.

8.7 Elektromontørers arbeidsmiljø i tunnel

Hensikt Utviklingen i bygg- og anleggsbransjen de siste 10–15 årene har gått i retning av stadig kortere byggetider. Dette har ført til at flere arbeidsoppgaver har måttet foregå parallelt. I store prosjekter starter ofte installeringen av elektriske anlegg før tunnelen er ferdig drevet. Elektromontørene representerer en arbeidstakergruppe som vanligvis ikke har sitt arbeid i tunneler. Målet med denne studien var å karakterisere elektromontørenes eksponering ved arbeid i tunnel.

Materiale og metoder For å oppnå representative eksponeringsdata ble det valgt en strategi med personlig prøvetaking på 12 arbeidere over to arbeidsdager, det vil si totalt 24 målinger av hver kjemiske komponent. Det ble tatt prøver av totalstøv, respirabelt støv, kvarts, grunnstoffer, nitrogendioksid, karbonmonoksid, oljetåke og oljedamp. Etter prøvetaking ble arbeiderne intervjuet, og informasjon om arbeidsoppgavene og deres varighet ble registrert.

Resultater Stor utskiftning av arbeidere førte til at totalt 20 personer var med på kartleggingen, men antallet målinger var det samme som planlagt. På dagene for prøvetaking ble det rapportert om normale forhold eller bedre i tunnelen. Det var generelt lite av andre forurensende aktiviteter i nærheten av montørenes arbeidsområder, og det antas derfor at hoveddelen av eksponeringen kom fra eget arbeid og egne maskiner (biler, traktor, generator etc.).

Eksponeringsnivået for kvarts og oljetåke/oljedamp lå godt under de respektive administrative normene ($< 1/3$ av normen), og kan derfor karakteriseres som akseptable (se tabell 4 og 6).

Den gjennomsnittlige eksponeringen for både respirabelt støv og totalstøv var akseptabel (se tabell 4). For totalstøv kunne eksponeringen under montering av signalanlegg og sveising føre til høy eksponering. For respirabelt støv er det i denne undersøkelsen kun sveising som førte til høy eksponering. Vi har imidlertid for få prøver av de enkelte arbeidsoperasjonene til å kunne si noe med sikkerhet.

Ved pulverdekket buesveising er hovedkilden til støvet sannsynligvis metallpulveret. Eksponeringen for metaller kan derfor være meget høy selv om det ikke kommer frem i den gravimetrisk bestemmelsen av støvet. Dette gjelder for både respirabelt støv og totalstøv.

Konsentrasjonen av NO_2 kan i enkelte perioder ha overskredet den administrative normen på 2 ppm (takverdi). Det generelle nivået av NO_2 lå også over det akseptable nivået (se tabell 5). For de andre gassene (CO og CO_2) var verdiene akseptable (se tabell 5).

Konklusjon Elektromontører kan ved utførelse av enkelte arbeidsoppgaver bli høyt eksponert for støv og gasser.

8.8 Måling av oljetåkeeksponering ved sprøyting med forskalingsolje

Innledning Det ble avdekket høye konsentrasjoner av oljetåke i luften ved sprøyting med forskalingsolje. Vi ønsket å studere nærmere hvor lenge oljetåken holdt seg svevende i luften etter at sprøytingen var avsluttet. Hensikten med studien var å få kjennskap til hvor lenge man måtte beholde åndedrettsvernet på etter at sprøytingen var avsluttet.

Materiale og metoder 6 stasjonære prøver av oljetåke ble montert opp ca. 1,5 m over bakken og i lik avstand fra hverandre. Alle prøvetakingene ble startet samtidig med sprøytingen av forskalingsoljen. Det ble sprøytet i totalt 3 minutter. Én prøvetaking ble avsluttet samtidig med sprøytingen (etter 3 minutter), mens de andre ble stoppet etter 18, 44, 78, 107 og 163 minutter.

Resultater Under selve sprøytingen ble det målt en oljetåkekonsentrasjon på 59 mg/m^3 . Allerede etter 18 minutter (sprøyteperioden + 15 minutter) var gjennomsnittskonsentrasjonen redusert til 9 mg/m^3 . Dette tilsvarer en neglisjerbar oljetåkekonsentrasjon i perioden etter at sprøytingen var avsluttet.

Konklusjon Forsøket viste at man nesten ville ha unngått eksponering for oljetåke dersom man hadde benyttet verneutstyr i sprøyteperioden som bare er på noen få minutter.



Sprøyting med forskalingsolje krever åndedrettsvern.

8.9 Karakterisering av eksponeringen for PAH, VOC og formaldehyd ved tunnelarbeid

Innledning Tunnelarbeidere eksponeres for organiske forbindelser fra sprengningsarbeider og fra anleggsmaskiner som drives av diesel. Hensikten med denne kartleggingen var å undersøke hvilke nivåer av flyktige og partikulære organiske forbindelser tunnelarbeidere eksponeres for, samt undersøke hvilke organiske forbindelser som finnes i lufta.

Materiale og metode Prøvetakingsstrategi, prøvetakingsmetoder og analysemetoder er beskrevet i kapittel 6. Deltakerne i undersøkelsen ble tilfeldig valgt fra arbeidskategoriene stoffarbeidere, forskalingsnekkere og bakstufarbeidere.

Resultater og diskusjon

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

I alt 47 målinger fordelt på 4 serier ble analysert med hensyn på polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), men det ble ikke funnet detekterbare mengder PAH i prøvene, det vil si at luftkonsentrasjonen var lavere enn ca. $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (basert på heldagsprøver).

Flyktige organiske forbindelser (VOC)

Undersøkelsen omfattet 140 VOC-målinger med XAD-2-rør fordelt på 10 serier. Resultatene viste konsentrasjoner i området $< 0,01\text{--}25,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ med en middelvei på $3,45 \text{ mg}/\text{m}^3$ (median $1,81 \text{ mg}/\text{m}^3$). Resultatene indikerer at eksponeringen for flyktige organiske forbindelser (løsemidler, oljedamp etc.) er relativt beskjeden sammenliknet med normene for slike forbindelser.

En kvalitativ analyse av utvalgte prøver viste at prøvene inneholder en kompleks blanding av alifatiske og aromatiske hydrokarboner. To prøver som ble tatt ved jernbinding og snekring, viste lav eksponering. To andre prøver av samme arbeidsoperasjon viste at arbeiderne eksponeres for en homolog serie av n-alkaner fra n-C₁₁ opp til n-C₂₇ med maksimumskonsentrasjoner for C₁₇ og C₁₈. Dette mønsteret skiller seg fra «vanlig» lufteksponering og tyder på at arbeidernes arbeidsoppgaver frigjør tyngre hydrokarboner til arbeidsatmosfæren, eller at de befinner seg i nærheten av andre kilder til slike forbindelser.

Aldehyder

Det er tatt i alt 34 aldehyd målinger som er analysert med hensyn på formaldehyd. Prøvene viste konsentrasjoner i området $0,005\text{--}0,04 \text{ ppm}$ med en middelvei på $0,016$ (median $0,014$). Den administrative normen for formaldehyd er $0,5 \text{ ppm}$ med en takverdi på $1,0 \text{ ppm}$. Resultatene indikerer meget lave formaldehydkonsentrasjoner ved arbeidsoperasjonene stoffarbeid, forskalingsarbeid og bakstufarbeid.

8.10 Tunnelarbeidere har en økt risiko for å utvikle obstruktiv lungesykdom

Hensikt Vi ønsket å undersøke om det var en assosiasjon mellom eksponering ved tunnelarbeid og negative effekter på lungefunksjonen.

Metode Vi gjennomførte en tverrsnittsundersøkelse av 212 tunnelarbeidere og en referansegruppe på 205 anleggsarbeidere som aldri hadde jobbet i tunneler. Undersøkelsene ble gjennomført ved 15 forskjellige anlegg. Det ble gjort en eksponeringskarakterisering med målinger av totalstøv, respirabelt støv, α -kvarts, oljetåke og nitrogendioksid (NO_2). Den medisinske undersøkelsen besto av spørreskjema om allergi, luftveisinfeksjoner og luftveissymptomer, metakolintest, spirometri, lungerøntgen og blodprøve til allergitestning (Phadiatop).

Luftveissymptomer og lungefunksjon ble studert i relasjon til antall år eksponert som tunnelarbeider, og det ble korrigert for mulige «confounders» som røykevaner og allergi.

Resultater Det var ingen vesentlig forskjell mellom tunnelarbeiderne og referansegruppen mht. alder, høyde, antall år i yrket, allergi eller røykevaner (se tabell 10).

Tabell 10. Kliniske karakteristika av 212 tunnelarbeidere og 205 anleggsarbeidere.

Variabel	Tunnelarbeidere (n = 212)	Anleggsarbeidere (n = 205)
Alder (år) ¹	41 (10)	40 (11)
Høyde (cm) ¹	180 (6)	179 (6)
Antall års ansettelse ¹	13 (9)	17 (9)
< 10 år ²	84 (40)	48 (23)
10–20 år ²	95 (45)	90 (44)
> 20 år ²	33 (15)	67 (33)
Røykevaner: ²		
aldri	59 (28)	64 (31)
tidligere	39 (18)	34 (17)
dagligrøyker	114 (54)	107 (52)
Pack-years ¹	16 (13)	14 (10)
Phadiatop-positiv ²	34 (16)	27 (13)

¹ Gjennomsnitt (standarddeviasjon)

² Antall (%)

Tunnelarbeidere hadde en høyere eksponering for totalstøv, respirabelt støv, α -kvarts, oljetåke og NO_2 enn de andre anleggsarbeiderne. Eksponering for oljetåke kan være kortvarig høy hos forskalingsnekkere mens de sprøyter med forskalingsolje, også utendørs.

Sammenliknet med referansegruppen hadde tunnelarbeiderne et signifikant fall i FVC (% av forventet nivå) ($p = 0,04$) og FEV_1 (% av forventet nivå) ($p = 0,001$) relatert til antall års med eksponering (se tabell 11). FEV_1 falt med 17 ml utover det forventete fallet på 29 ml for hvert år med eksponering ved tunnelarbeid ($p = 0,001$). Til sammenlikning fant vi et fall på 9 ml for hvert år med røyking av 20 sigaretter per dag ($p = 0,005$). Tunnelarbeiderne hadde også en signifikant høyere forekomst av luftveissymptomer. Prevalensen av kronisk obstruktiv lungelidelse var på

14 % hos tunnelarbeiderne mot 8 % i referansegruppen ($p = 0,03$). Mindre enn 1 % av tunnelarbeiderne og 2,5 % av anleggsarbeiderne hadde astma.

Tabell 11. Lungefunksjon hos 212 tunnelarbeidere sammenliknet med 205 utearbeidende forskalingssnekkere. Gjennomsnitt er justert for år i samme jobb (<10 år, 10-20 år, og >20 år), atopi (ja, nei), og røyking (aldri, dagligrøyker/tidligere røyker).

	Tunnel arbeidere (n=212) gj.snitt (SE)	Utearbeidende forskalingssnekkere (n=205) gj.snitt (SE)	Forskjell mellom tunnelarbeidere og forskalingssnekkere gj.snitt (95% KI)
FVC (% av forventet)*	103.7 (1.4)	103.9 (1.4)	0.2 (-2.9, 3.3)
<10 års ansettelse	107.1 (1.8)	101.9 (2.3)	-5.2 (-10,6, 0.2)
10-20 års ansettelse	104.0 (1.8)	106.0 (1.8)	2.0 (-2.4, 6.3)
> 20 års ansettelse	100.0 (2.8)	104.0 (1.8)	4.0 (-2.4, 10.2)
FEV ₁ (% av forventet)*	95.5 (1.5)	100.6 (1.5)	5.1 (1.8, 8.4)
<10 års ansettelse	101.6 (2.4)	100.3 (2.4)	-1.3 (-7.1, 4.5)
10-20 års ansettelse	94.4 (1.9)	101.6 (1.9)	7.2 (2.5, 11.9)
> 20 års ansettelse	90.3 (3.0)	99.8 (2.2)	9.5 (2.7, 16.2)
FEV ₁ % **	74.7 (0.8)	79.6 (0.7)	4.9 (3.2, 6.5)
FEF 25-75% (% av forventet)**	79.9 (2.5)	90.4 (2.4)	10.5 (4.9, 16.1)

SE= standardfeil

KI= konfidensintervall

FVC: Forsert vitalkapasitet, FEV₁: forsert ekspiratorisk volum i 1 sekund, FEV₁ %: FEV₁/FVCx100,

FEF 25-75%: forsert ekspiratorisk «flow» fra 25-75% av FVC.

* $p < 0.05$ for interaksjon mellom yrkesgruppe og år ansatt.

** $p < 0.001$ for yrkesgruppe.

Konklusjon Eksponering for støv og gass fra dieseleksos, boring, sprengning og massetransport ved tunnelarbeid gir tunnelarbeidere en økt risiko for å utvikle luftveissymptomer og kronisk obstruktiv lungesykdom sammenliknet med andre anleggsarbeidere.

Oppfølgingsundersøkelse åtte år senere

Denne gruppen ble undersøkt igjen, med de samme metodene, 8 år senere (1998/1999). Funnene fra tverrsnittsundersøkelsen ble bekreftet. I en undergruppe av tunnelarbeidere, betongsprøytere, hadde 3 av 17 utviklet astma i løpet av perioden. Alle tre viste metakolin-hyperreaktivitet ved den første undersøkelsen, men ingen hadde fått diagnosen astma. Betongsprøyterne hadde en høyere eksponering for støv og dieseleksos enn stoffarbeidere generelt.

8.11 Tunnelarbeidere som utfører kjemisk injeksjonsarbeid med polyuretan, har økt risiko for å utvikle astma

Bakgrunn Tetningsarbeider i tunneler og fjellrom kan ofte medføre injeksjon av betydelige mengder polyuretan eller andre kjemiske tetningsstoffer (resiner). Astma etter eksponering for isocyanater er vel dokumentert i tidligere studier.

Hensikt Vi ønsket å studere prevalensen av luftveissymptomer, metakolin-hyperreaktivitet og astma hos tunnelarbeidere som arbeidet med polyuretaninjeksjon.

Metode 19 injeksjonsarbeidere ble sammenliknet med 104 andre tunnelarbeidere med samme eksponering bortsett fra syntetiske resiner (polyuretan). Den medisinske undersøkelsen besto av spørreskjema om allergi, luftveisinfeksjoner og luftveissymptomer, spirometri, lungerøntgen og blodprøve til allergitestning (Phadiatop). Allergiscreening med RAST på toluen-diisocyanat-HSA (TDI), difenylmetan-4.4-diisocyanat-HSA (MDI) og formaldehyd-HSA ble også utført.

Luftveissymptomer og lungefunksjon ble studert i relasjon til antall år eksponert som injeksjonsarbeider/tunnelarbeider, og det ble korrigert for mulige «confounders» som røyking og allergi. Bronkial reaktivitet ble testet med metakolin.

MDI- og MDI-prepolymer eksponering ble estimert ved forskjellige arbeidsoppgaver. Oppsamlingsfiltrene ble analysert ved hjelp av væskechromatografi.

Resultater Injeksjonsarbeiderne rapporterte flere luftveissymptomer enn de andre tunnelarbeiderne, og de hadde en høyere prevalens av bronkial hyperreaktivitet (37 % vs. 14 %), astma (26 % vs. 1 %) og «airflow limitation» (37 % vs. 4 %). Toluene-diisocyanat-HSA-spesifikke IgE-antistoffer ble påvist hos 2/19 av injeksjonsarbeiderne.

Den gjennomsnittlige eksponeringen for polymerisert MDI ved injeksjonsarbeid ble estimert til 5,5–300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og den gjennomsnittlige korttidseksponeringen til 18–4300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Den høyeste eksponeringen ble målt når man slapte bort størknet polyuretan med vinkelsliper, en vanlig arbeidsoppgave ved denne type tetning.

Konklusjon Eksponering for delvis dekomponert MDI ved tunnelarbeid gir økt risiko for luftveissymptomer, metakolin-hyperreaktivitet og astma.

8.12 Eksponering for nitrogendioksid og respirabelt støv fra skytepropp og dieseleksos ved tunneldrift gir akutt fall i lungefunksjon

Innledning Fra tidligere undersøkelser (se delprosjekt 1) vet vi at tunnelarbeidere har økt risiko for å utvikle obstruktiv lungesykdom sammenliknet med andre anleggsarbeidere. Vi ønsket i denne studien å studere eventuelle korttidseffekter av eksponering på lungefunksjonen hos tunnelarbeidere etter 2 ukers arbeid og sammenlikne dette med utarbeidende forskalingsnekkere.

Metoder Akutte helseeffekter ble bestemt ved å kartlegge arbeidernes luftveissymptomer og ved å undersøke lungefunksjonen ved hjelp av et Sensor Medic lab transfer spirometer. Undersøkelsene ble utført da de kom til anlegget etter endt friuke og deretter 2 uker senere, rett før de skulle reise hjem.

Personlige prøver av respirabelt støv og totalstøv, oljetåke og oljedamp, PAH, flyktige organiske forbindelser og gasser (CO, NO₂, CO₂, og NH₃) ble målt i begge gruppene. I tillegg ble mengden av kvarts i den respirable støvfraksjonen bestemt. Etter prøvetaking ble arbeiderne intervjuet, og informasjon om arbeidsoppgavene og deres varighet ble registrert.

Eksponeringsmålinger og helseundersøkelser pågikk parallelt.

Resultater Tunnelarbeidere er høyere eksponert for totalstøv og respirabelt støv enn utarbeidende forskalingsnekkere. I tillegg er tunnelarbeidere periodisk høyt eksponert for nitrogendioksid (den høyeste målte konsentrasjonen var 48 ppm ved passering av en skytepropp). Tunnelarbeiderne får betydelige irritasjonseffekter på lunger og luftveier i løpet av en arbeidsperiode på 2 uker, mens de utarbeidende forskalingsnekkerne ikke får det. Det ble påvist statistisk signifikante fall i FEV₁ (270 ml vs. ingen endring), som uttrykk for akutt fall i lungefunksjon.

Konklusjon Nitrogendioksid og partikler fra dieseleksos og sprenggasser ved tunnelarbeid øker risikoen for akutt fall i lungefunksjonen.

8.13 Helseeffekter og eksponering ved arbeid i «slurryanlegg» og «anfoanlegg». En sammenlikning av to sprengstoff

Innledning Slurry er et emulgeringssprengstoff (vann i olje) som har vært benyttet i dagbruksdrift i Norge i 30 år. I 1994 ble det startet forsøk med slurry som sprengstoff i tunnel. Det mest vanlige sprengstoffet har hittil vært ANFO (anolitt). ANFO består av ammoniumnitrat og dieselolje. Vi ønsket i denne studien ved hjelp av eksponeringsmålinger og lungefunksjonsmålinger å belyse om det er forskjell mellom anlegg der det sprenges med slurry, og anlegg der det sprenges med ANFO.

Metoder Det ble utført lungefunksjonsundersøkelse av 24 tunnelarbeidere fordelt på to tunnelanlegg der det ble sprengt med ANFO, da de kom til anlegget etter endt friuke, og rett før de skulle reise hjem to uker senere. Undersøkelsen forgikk på samme tid på dagen for den enkelte arbeider. Disse tunnelarbeiderne ble sammenliknet med 24 tunnelarbeidere fordelt på tre anlegg der det ble sprengt med slurry, og med samme skiftordning.

Lungefunksjonsundersøkelsen ble utført ved hjelp av et spirometer (Sensor Medic lab transfer).

Personlige prøver av respirabelt støv og totalstøv, oljetåke og oljedamp, PAH, flyktige organiske forbindelser og gasser (CO, NO₂, CO₂, og NH₃) fra begge grupper ble målt. I tillegg ble mengden av kvarts i den respirable støvfraksjonen bestemt. Etter prøvetaking ble arbeiderne intervjuet, og informasjon om arbeidsoppgavene og deres varighet ble registrert. Eksponerings- og lungefunksjonsmålingene ble utført i samme tidsperiode.

Resultater De to gruppene (arbeidere i «slurryanlegg» og i «anfoanlegg») var sammenliknbare med hensyn til alder og røykevaner. Vi fant et signifikant tap i alle relevante lungefunksjonsparametere (FVC, FEV₁, FEV₁/FVC x 100, FEF 25–75 %, TLCO) hos tunnelarbeiderne i «anfoanlegg» etter 14 dager med ordinert tunnelarbeid. Vi fant ingen signifikant endring i lungefunksjon hos tunnelarbeiderne i «slurryanlegg» etter 14 dager på jobb. Eksponeringsmålingene viste at bruk av slurry som sprengstoff medfører en sterk reduksjon av nitrøse gasser og en noe mindre reduksjon av karbonmonoksid i skyteproppen. Ved ANFO-sprengning vil konsentrasjonen av nitrogendioksid i tiden etter sprengning ofte komme opp mot 20 ppm, mens den ved slurry-sprengning sjelden overskrider 2–3 ppm.

Konklusjon Undersøkelsen viser at omlegging fra ANFO til slurry ved bergsprengning gir en betydelig miljøgevinst med stor reduksjon i arbeidernes eksponering for nitrøse gasser. Det vil fremdeles være fare for en betydelig eksponering fra dieseleksos i «slurryanlegg».

8.14 Forskalingsnekkere i underjordsanlegg blir tette i nesa

Bakgrunn I den første delstudien fant vi at tunnelarbeidere rapporterte mange symptomer fra de øvre luftveiene.

Hensikt Vi ønsket å undersøke om det var noen sammenheng mellom eksponering i underjordsanlegg og nesetetthet målt ved hjelp av akustisk rhinometri.

Metode 29 ikke-røykende forskalingsnekkere som hadde arbeidet i ett år i et underjordsanlegg, ble sammenliknet med 26 ikke-røykende forskalingsnekkere som arbeidet ute.

Det ble gjort eksponeringsmålinger av totalstøv, respirabelt støv og NO₂ hos begge gruppene.

Luftveissymptomer fra de øvre luftveiene ble registrert ved hjelp av et spørreskjema. Det ble brukt akustisk rhinometri til å beregne minimumstverrsnittet (MCA) og volumet (VOL) av de to nesehulene. Vi estimerte det totale tverrsnittet (TMCA) og det totale volumet (TVOL) av de to nesehulene, målt mellom 22 mm og 52 mm fra nesetippen. Akustisk rhinometri ble gjennomført før og 15 minutter etter at man hadde gitt neseppray. Graden av nesetetthet ble definert som graden av avsvelling ved hjelp av neseppray.

Resultater Sammenliknet med den utearbeidende kontrollgruppen hadde forskalingsnekkerne i underjordsanlegget gjennomsnittlig (SD) en høyere eksponering av totalstøv (5,71 (1,87) vs. 1,18 (0,78) mg/m³ (p < 0,001)), respirabelt støv (1,71 (0,60) vs. 0,25 (0,19) mg/m³ (p < 0,001)) og nitrogen dioxid (0,70 (0,51) vs. 0 mg/m³ (p < 0,001)).

76 % av forskalingsnekkerne i underjordsanlegget hadde en subjektiv følelse av nesetetthet, mens dette var tilfellet for 42 % i referansegruppen (p = 0,01).

Før avsvelling ved hjelp av neseppray hadde forskalingsnekkerne i underjordsanlegget signifikant mindre TVOL enn referansegruppen (6,62 (1,59) vs. 7,33 (2,15) cm³ (p = 0,04)). Økningen i TMCA og TVOL (etter neseppray) var mer uttalt hos underjordsarbeiderne enn i referansegruppen (p < 0,001).

Konklusjon Resultatene våre indikerer at eksponering i underjordsanlegg kan føre til objektivt målbar nesetetthet og symptomer i de øvre luftveiene.

8.15 Forskalingsnekkere i underjordsanlegg har høyere verdier av utåndet NO, en markør for luftveisinflammasjon, enn forskalingsnekkere som jobber ute

Hensikt Vi ønsket å studere NO i utåndingsluft som en inflammasjonsmarkør hos forskalingsnekkere som jobbet i et underjordsanlegg.

Metode 29 ikke-røykende forskalingsnekkere som hadde arbeidet i ett år i et underjordsanlegg, ble sammenliknet med 26 ikke-røykende forskalingsnekkere som arbeidet ute.

Det ble gjort eksponeringsmålinger av totalstøv, respirabelt støv og NO₂ hos begge grupper.

Luftveissymptomer ble undersøkt ved hjelp av et spørreskjema og lungefunksjonen ved hjelp av spirometri. Utåndet NO ble målt med en «chemiluminescence-analyse» i samsvar med E.R.S.' retningslinjer.

Resultater Sammenliknet med den utarbeidende kontrollgruppen hadde forskalingsnekkene i underjordsanlegget gjennomsnittlig (SD) en høyere eksponering av totalstøv (5,71 (1,87) vs. 1,18 (0,78) mg/m³ (p < 0,001)), respirabelt støv (1,71 (0,60) vs. 0,25 (0,19) mg/m³ (p < 0,001)) og NO₂ (0,70 (0,51) vs. 0 (p < 0,001)).

Tetthet og piping i brystet ble rapportert av 10/29 av forskalingsnekkene i underjordsanlegget, mens 1/26 av de utarbeidende rapporterte disse symptomene (p < 0,05).

Utåndet NO (median (range)) var signifikant høyere hos forskalingsnekkene i underjordsanlegget enn hos kontrollgruppen (8,2 (3,9–21,8) vs. 5,7 (3,1–10,0) ppb (p < 0,05)). Det var ingen signifikant forskjell i lungefunksjon mellom gruppene. Vi kontrollerte for alder, ansettelsestid og tidligere røyking i en lineær regresjonsmodell og fant en positiv assosiasjon mellom eksponering i tunnelarbeid og utåndet NO (β -koeffisient 3,5, SE 1.0, p = 0,002).

Konklusjon Forskalingsnekkere som hadde jobbet ett år i et underjordsanlegg, hadde signifikant høyere verdier av utåndet NO enn utarbeidende forskalingsnekkere. Utåndet NO kan være en markør for luftveisinflammasjon i denne gruppen.

9. DISKUSJON

9.1 Eksponering

Ved sammenlikning av tunnelarbeidere og referansegruppen (utearbeidende anleggsarbeidere) fant vi at tunnelarbeiderne var høyere eksponert for totalstøv og respirabelt støv, α -kvarts, oljetåke, karbonmonoksid og nitrogendioksid. Støveksponeringen ved tunnelarbeid var periodevis høy sammenliknet med norske yrkeshygieniske standarder (administrative normer), som er 10 mg/m^3 for totalstøv, 5 mg/m^3 for respirabelt støv og $0,1 \text{ mg/m}^3$ for α -kvarts (8 timers gjennomsnitt, Norge 1998).

Eksponeringsmålingene indikerte at det var store variasjoner i eksponering mellom gruppene (se tabell 4-6) som delvis kan forklares av ulike jobber. Variasjonen i eksponering er også avhengig av arbeidsintensiteten og hvor i tunnelen man jobber. I tillegg kan antakelig ulike arbeidsoppgaver forklare noe av variasjonen innad i gruppene [48].

Den geometriske middelverdien (GM) for totalstøv varierte fra $6,8 \text{ mg/m}^3$ hos betongsprøytere til $1,4 \text{ mg/m}^3$ hos elektromontørene (se tabell 4). Stuffarbeiderne (GM= $2,3 \text{ mg/m}^3$) og elektromontørene var de gruppene som var lavest eksponert for totalstøv. GM for respirabelt støv varierte fra $2,8 \text{ mg/m}^3$ (sjaktboring) til $0,72 \text{ mg/m}^3$ (elektromontører). Betongsprøyting er en spesiell arbeidsoperasjon i og med at betongen forstøves under påsprøytingen slik at det genereres mye støv til omgivelsene, støveksponering er derfor ikke lett å kontrollere. Dersom en lukket operatørkabin ikke er tilgjengelig, er det eneste alternativet i dag personlig verneutstyr (støvmasker). Ved å sammenlikne de ulike metodene for driving av tunnel (stuffarbeid, sjaktboring og fullprofilboring) var det forventet at stuffarbeiderne ville være lavere eksponert enn de andre gruppene ($2,3 \text{ mg/m}^3$ totalstøv og $0,9 \text{ mg/m}^3$ respirabelt støv). Stuffarbeiderne jobber helt fremme i fronten av tunnelen, der hvor utløpet på ventilasjonskanalen er, og mye av arbeidet foregår inne i borerigger og andre steder med lukkede operatørkabiner. Luften der fremme er derfor bra sammenliknet med f.eks. sjaktboring, hvor det ikke er lagt inn ventilasjon til arbeidsområdet. Ved fullprofilboring er ventilasjonen lik som for stuffarbeid. Teknikken medfører imidlertid at det genereres mer støv enn ved stuffarbeid, siden fjellet males i stykker (GM= $6,2 \text{ mg/m}^3$). Forskalingsarbeiderne var høyere eksponert for totalstøv (GM= $3,4 \text{ mg/m}^3$) enn stuffarbeiderne, noe som kan ha sammenheng med at forskalingarbeidet ofte begynner før tunnelen er ferdig sprengt. I områdene hvor betongarbeidet begynner, er det ofte ikke installert ventilasjon, eller arbeidsområdet ligger bak i tunnelen slik at all forurenset luft passerer arbeidsstedet «på vei ut». Arbeidsoperasjoner som sandblåsing og pussing/sliping av betongen genererer også mye støv, som deponeres og vil virvles opp ved f.eks. riving av forskaling.

Konsentrasjonen av respirabelt α -kvarts varierte fra $0,001 - 2,0 \text{ mg/m}^3$ (GM= $0,035 \text{ mg/m}^3$). Den primære kilden til kvarts var boring i fjell. Sjaktborere og fullprofilborere var høyest eksponert for kvarts (enkelte målinger overskred administrativ norm ($0,1 \text{ mg/m}^3$) med opptil 5 til 10 ganger). I kontrast til dette så var stuffarbeiderne eksponert for konsentrasjoner $< 1/5$ av norm. Man forventet at forskjellen i eksponering mellom gruppene skulle være lik forskjellene som ble funnet for respirabelt støv. En årsak til at man observerer en større variasjonen i kvarts eksponering er forskjeller i geologi mellom de ulike anleggsplassene.

Bortsett fra hos sjaktborere og fullprofilborere var det liten forskjell mellom gruppene med hensyn til gasseksponering (se tabell 5) sammenliknet med det man så når det gjaldt støv. Ved fullprofilboring og sjaktboring drives ikke anleggsmaskinene vanligvis på diesel, og arbeiderne er derfor lavt eksponert for gasser. De små forskjellene mellom gruppene er sannsynligvis et

resultat av at kilden til eksponering er den samme for alle grupper, for det meste dieseleksos. Kortvarige, høye eksponeringer har forekommet, men det har vært i situasjoner hvor man har vært i kontakt med skyteproppen (48 ppm nitrogendioksid og 120 ppm karbonmonoksid). Administrativ norm for nitrogendioksid er 2 ppm (takverdi). 8-timers administrativ norm for karbonmonoksid er 25 ppm, men Arbeidstilsynet anbefaler at man ikke overskrider 100 ppm.

Kilden til oljetåke er forskjellig i de ulike gruppene. Sjaktborere er høyt eksponert for oljetåke (GM= 1,4 mg/m³) sammenliknet med både administrativ norm (1,0 mg/m³) og de andre gruppene (se tabell 6). Kilden til eksponeringen for disse er trykkluftolje fra knematerne som blir benyttet ved boring. Ved betongsprøyting og forskalingsarbeid er kilden i all hovedsak forskalingsolje som blir sprøytet på sprøyterigg og forskaling. Disse to gruppene er også eksponert for dieseleksos, så avhengig av arbeidsoppgaver vil de kunne være eksponert for oljetåke og oljedamp fra to ulike kilder. Fullprofilborere var lavest eksponert for oljetåke (<0,1 mg/m³), og de andre gruppene (bortsett fra sjaktborere) var eksponert for nivåer mellom 0,3-0,4 mg/m³ (GM).

Elementært karbon ble målt som en markør for dieseleksos på ett av anleggene. Konsentrasjonen av elementært karbon varierte fra 60 til 580 µg/m³. Aktiviteten på anlegget var lavere enn normalt, slik at arbeiderne vurderte forholdene for å være bedre enn normalt. Siden dieseldrevne anleggsmaskiner er i utstrakt bruk i tunneldrift i dag, må man anta at tunnelarbeiderne generelt er eksponert for liknende eller høyere konsentrasjoner av elementært karbon. Stanevich et al. [49] fant konsentrasjoner fra 53 – 345 µg/m³ i en gruve som utvinner kalium, noe som er lavere enn det vi fant. På de andre anleggene har vi målt på enkeltkomponenter i dieseleksosen (NO₂, CO, oljetåke/oljedamp og støv). Disse enkeltkomponentene kan også genereres fra andre kilder enn dieselmaskiner (sprengning, boring, påsprøyting av olje etc.), og vi kan derfor kun si noe om nivået på den totale eksponeringen og bare anta hva som er hovedkilden. På den annen side vil kunnskap om enkeltkomponentene fra dieseleksos og andre kilder være av betydning når man skal studere årsakssammenhenger mellom eksponering og effekter på luftveiene.

Det er ingen administrativ norm for dieseleksos i luft i Norge eller utlandet.

Faktorer som kan påvirke eksponeringsnivået, som prosjekttype (tunnel, sjakt, fjellhall), prøvetakingssted (16 ulike), jobb gruppe (8 ulike), jobb type (driving, sikring, ferdigstilling), arbeidsoppgaver, utstyr, årstider etc., vil bli studert videre for å evaluere deres betydning. I tillegg skal vi modellere/beregne den kumulative eksponeringen på individnivå basert på tidsbruken på arbeidsoppgavene, og relatere dette til fall i lungefunksjon for å studere sammenhenger mellom eksponering og effekt.

9.2 Effekter på luftveiene / utvikling av lungesykdom

Ved sammenlikning av tunnelarbeiderne med utearbeidende anleggsarbeidere fant vi at både det årlige tapet i lungefunksjon (FEV₁) relatert til eksponering og prevalensen av kronisk obstruktiv lungelidelse (KOLS) var signifikant høyere hos tunnelarbeiderne enn i referansegruppen. Prevalensen av KOLS hos tunnelarbeiderne var 14 % mot 8 % i referansegruppen. Dette er høyere enn det man har vist i en generell populasjonsstudie i Hordaland (5,4 %) [17]. Det faktum at vår referansegruppe også er eksponert for støv og oljetåke, men i en lavere grad enn tunnelarbeiderne, er en mulig forklaring på dette. Da alle de målte forbindelsene ble observert i betydelig høyere konsentrasjoner blant tunnelarbeidere enn i referansegruppen, er det umulig på grunnlag av disse resultatene å si om én type forurensning er av større betydning enn en annen med hensyn til utvikling av luftveisobstruksjon.

Det korrigerede årlige fallet i lungefunksjon (FEV_1) assosiert med ett års eksponering i tunnelarbeid (17 ml/år) er fire ganger høyere enn det man fant hos norske menn eksponert for α -kvarts (4,3 ml/år) [10], og også høyere enn det man har observert hos britiske kullgruvearbeidere (7 ml/år) [50] og sørafrikanske gullgruvearbeidere (9 ml/år) [51]. Kun 5 % av de α -kvartseksponerte i Hordalandsstudien var tunnelarbeidere [10]. Tunnelarbeidere er ikke eksponert bare for støv, men også for betydelige mengder dieseleksos og NO_2 . Våre funn kan tyde på at denne kombinerte eksponeringen har en større effekt på luftveiene som er verre enn støveksponering alene. For å studere korttidseffekter av de enkelte komponentene må man eventuelt utføre kontrollerte forsøk på mennesker i eksponeringskammer. Inngående eksponering-respons-analyser er viktig for å studere kroniske effekter.

Den observerte effekten av røyking på lungefunksjonen (FEV_1) (9 ml/år med 20 sigaretter daglig (1 «pack-year»)) var omtrent identisk med den effekten man har sett i andre studier i Norge (6,9 ml) [10], Sør Afrika (7,0 ml) [51] og USA (7,4 ml) [52]. Dette tyder på at studien vår har hatt en hensiktsmessig design.

Fravær av røntgenfunn utelukker at fallet i lungefunksjon (FEV_1) er forårsaket av lungefibrose. Andre studier, hovedsakelig av gruvearbeidere, har også vist en assosiasjon mellom moderat eksponering for α -kvarts og reduksjon i lungefunksjon (FEV_1) uten at man har gjort røntgenfunn av betydning [50, 51].

Den observerte sammenhengen mellom eksponering i tunnelarbeid og luftveissykdom kan være påvirket av forskjellige faktorer. Først av alt kan skjevhet i seleksjon av arbeidere forstyrre våre resultater. Tidligere studier har vist at de som begynner i «støvete yrker», har bedre lungefunksjon i utgangspunktet enn de som begynner i andre yrker («primary health selection») [53]. For å unngå skjevfordeling med overrepresentasjon av særlig friske/sunne arbeidere («healthy worker selection bias») valgte vi en referansegruppe som var sammenlignbar med tanke på utdanning, sosio-økonomisk status, arbeidstid og arbeidsorganisering. De to gruppene av arbeidere var også sammenliknbare med hensyn til alder, høyde og røykevaner (se tabell 10). Hvis «primary health selection» skulle skje, hadde det derfor antakelig skjedd både i studiegruppen og i referansegruppen. Anleggsarbeidere som jobber ute i fri luft, er også eksponert for oljetåke, men i mindre grad for dieseleksos. Vi mener derfor at de observerte forskjellene i lungefunksjon reflekterer forskjellen i yrkesmessig eksponering, spesielt for dieseleksos.

I tverrsnittstudier kan man komme til å underestimere eksponeringseffekter fordi sensitive arbeidere kan ha forlatt yrket. Den gruppen man studerer, kan derfor være «overleverne» i bransjen («healthy worker effect»). Ved å legge opp til en oppfølgingsundersøkelse åtte år etter mener vi å ha omgått dette problemet. Totalt 368 (101 tunnelarbeidere, 185 forskalingsnekkere og 82 anleggsfunksjonærer) ble invitert til en oppfølgingundersøkelse. Av disse møtte 345 (94%); 96 tunnelarbeidere, 178 forskalingsnekkere og 71 anleggsfunksjonærer.

Det er gjort få insidens- og prevalensstudier av luftveissykdom blant bygnings- og anleggsarbeidere [54], men noen studier har antydning av økt risiko for emfysem og kronisk bronkitt [8, 9]. I «Zutphen-studien» fant Heederik og medarbeidere en økt prevalens av luftveissymptomer og «kronisk uspesifikk lungesykdom» blant anleggsarbeidere [55, 56]. Ingen av disse studiene skiller mellom forskjellige yrkesgrupper i bygg og anlegg, slik vi gjør i denne studien.

9.3 Spesielle grupper av tunnelarbeidere

Selv om prevalensen av astma blant tunnelarbeidere og andre anleggsarbeidere var generelt lav (< 1 %), og røntgenbilder av lungene til tunnelarbeidere generelt ikke viste tegn på silikose, viser studien at enkelte undergrupper av tunnelarbeidere (se tabell 1) har arbeidsoppgaver som medfører spesielt høye eksponeringer som kan ha ført til utvikling av astma eller silikose:

- Injeksjonsarbeidere som utfører tettingsarbeid med polyuretan, har betydelig eksponering for di-isocyanater, og arbeiderne som utfører disse arbeidsoppgavene, har en økt risiko for å utvikle astma. Astma blant arbeidere som håndterer polyuretan, er velkjent fra studier av andre yrkesgrupper, men er ikke tidligere beskrevet hos anleggsarbeidere.
- En sjaktborer og en fullprofilborer hadde røntgenologiske tegn på silikose. I tillegg var forskalingsnekkere som drev med ferdigstillingsarbeider i tunneler, periodevis høyt eksponert for støv og kvarts som følge av spesielle arbeidsoppgaver som sandblåsing og sliping av betong. Hos denne gruppen påviste vi helseeffekter som tett nese (målt ved akustisk rhinometri) og økt NO i utåndingsluften (en inflammasjonsmarkør) etter ett års eksponering.
- Betongspruterne har i tillegg til betongstøveksponering en betydelig eksponering for dieseleksos. I oppfølgingsstudien etter åtte år så vi at dette er en gruppe med økt risiko for utvikling av astma sammenliknet med stoffarbeiderne. Det har i flere studier vært påvist at dieseleksos kan føre til utvikling av astma [11].

9.4 Bruk av personlig verneutstyr

Personlig verneutstyr som hjelm, øreklokker og vernesko er godt innarbeidet i anleggsbransjen, åndedrettsvern er derimot svært lite brukt. En av grunnene til dette er antakelig manglende kunnskap om hvilke arbeidsoppgaver som fører til så høy eksponering at åndedrettsvern er nødvendig. Den vanlige arbeidstiden er 10 timer, og med det verneutstyret som hittil er utviklet, er det nærmest utenkelig å anvende dette gjennom et helt skift annet enn i ekstreme situasjoner. Tungt fysisk arbeid gjør det også vanskelig å bruke åndedrettsvern over lengre tid. Arbeidstilsynet vil heller ikke kunne akseptere at arbeidstakere må bruke åndedrettsvern hele tiden. Det er derfor helt nødvendig at forholdene forbedres.

I 75 % av prøvetakingstiden har arbeiderne oppgitt arbeidsforholdene som normale. I 20 % av prøvetakingstiden oppga de at de var verre enn normalt og i 5 % bedre enn normalt. Tunnelarbeidere er vant til store variasjoner i luftkvaliteten i løpet av et skift eller en arbeidsuke, og begrepet «normalt» synes å være nokså vidt.

10. KONKLUSJON

Eksponeringen for støv, nitrogendioksid og oljetåke fra blant annet dieseleksos og sprengning ved tunnelarbeid ligger langt over de aksepterte normene i Norge og i utlandet og gir økt risiko for å utvikle kronisk obstruktiv lungelidelse (KOLS) hos tunnelarbeidere sammenliknet med andre anleggsarbeidere. Spesielle arbeidsoppgaver som kjemisk injeksjonsarbeid og betongsprøyting medfører eksponeringer (di-isocyanater, dieseleksos) som gir økt risiko for utvikling av astma. Sjaktdriving og fullprofilboring kan gi spesielt høy eksponering for α -kvarts, som kan føre til silikose.

11. FOREBYGGING AV OBSTRUKTIV LUNGESYKDOM I ANLEGGSTRANSJEN

11.1 Helseundersøkelser

KOLS blir ofte diagnostisert sent i forløpet av sykdommen fordi pasientene ofte har få symptomer selv ved lav FEV₁. Hyppig rutinemessig spirometri av høyt eksponerte grupper vil kunne føre til tidligere oppdagelse av sykdommen. De to hovedsymptomene ved KOLS er tungpustenhet ved anstrengelse og hoste, noen ganger med pipelyd i brystet og slimproduksjon. Ofte kan pasientene fortelle om gjentatte luftveisinfeksjoner. Standardiserte spørreskjemaer om tungpustenhet og andre luftveissymptomer kan også være til hjelp i tidlig diagnostisering.

Anleggsarbeidere som røyker, har et langt raskere tap i FEV₁ enn ikke-røykerne, så aktiv røykeavvenning vil være et viktig tiltak.

11.2 Tiltak som reduserer eksponering under normale forhold

I 5 % av prøvetakingstiden ble det rapportert om dårlige arbeidsmiljøforhold under tunnelarbeid. Nesten uten unntak var dette mens ventilasjonen midlertidig var ute av drift av ulike årsaker (installasjon av ny vifte, reparasjon av duk etc.), mens tunnelarbeidet fortsatte for fullt. Tidspresset synes å være så stort at man ikke tar seg tid til å stoppe produksjonen mens reparasjonsarbeid foregår. Tidspresset fører også til at en ofte begynner ferdigstillingsarbeid mens det ennå pågår sprengning og utkjøring av masse. Dette ser ut til å være uforenlig med opprettholdelse av en akseptabel luftkvalitet.

Bytte av sprengstofftype fra ANFO til slurry gir en betydelig reduksjon av nitrogendioksid i skyteproppen. Denne forbedringen fører til en betydelig reduksjon av tunnelarbeidernes eksponering når de passerer skyteproppen på vei inn til stoffen. Ved ANFO-sprengning er eksponeringen for nitrogendioksid og karbonmonoksid idet man kjører gjennom skyteproppen, så stor at åndedrettsvern med gassfilter er nødvendig.

Lukket operatørkabin ved betongsprøyting forandrer arbeidssituasjonen fra det uakseptable til det forsvarlige med hensyn til støv, gass, trekk og støy. Ved små tverrsnitt, der man ikke kommer til med en lukket operatørkabin, er åndedrettsvern med frisklufttilførsel nødvendig.

Det er hittil ikke gjort studier av effekten på luftkvaliteten av katalysering og avbrenning av partikler fra dieselmotoren ved tunnelarbeid, og heller ikke av effekten av å rense luften med elektrostatiske filtre under tunneldrift.

Det må utvikles nytt verneutstyr for sjaktdriving fra arbeidsplattform (Alimak-heis). Alternativt må man videreutvikle andre former for sjaktdriving.

12. FRAMTIDIG FORSKNINGSBEHOV

Denne studien har kartlagt helseeffekter av eksponering ved anleggsarbeid. I fortsettelsen skal vi foreta eksponering-effekt-analyser basert på beregning av kumulativ eksponering for ulike grupper av tunnelarbeidere.

Andre områder av bygg- og anleggsbransjen, f.eks. rehabiliteringsarbeider, bør kartlegges. Man har liten kunnskap om eksponeringer og helseeffekter ved slike arbeider, selv om arbeiderne ofte rapporterer om dårlige arbeidsforhold.

Det bør gjennomføres intervensjonsstudier med sikte på å redusere eksponeringen (katalysering og partikkel-avbrenning av dieseleksos, rensing av luft i tunneler og bergrom), og det bør utvikles nytt verne- og produksjonsutstyr som beskytter arbeidstakeren i utsatte arbeidsoperasjoner (sjaktdriving, fullprofilboring).

13. REFERANSER

1. P. Sørstrand, K. Lian og T. Myran .The contribution of inorganic gases from diesel exhaust and from the blasting cloud during excavation of a tunnel. *Occup Hygiene* 1997;4:1–13.
2. P.H. Wong, W.H. Phoon og K.T. Tan. Industrial hygiene aspects of tunnelling work for the mass rapid transit system in Singapore. *Appl Ind Hyg* 1997;3:240–243.
3. W.E. Steiner. Guadalupe corridor transportation project asbestos health risk assessment. *Sci Total Environ* 1990;93:115–124.
4. S.E. Buskin og L.I. Paulozzi. Fatal injuries in the construction industry in Washington State. *Am J Ind med* 1987;11:453–460.
5. E. Holmström, U. Moritz og G. Engholm. Musculoskeletal disorders in construction workers. *Occup Med: State of the Art Reviews* 1995;10:295–312.
6. J.E. Wahlberg. Health screening for occupational skin diseases in building workers. *Berufsdermatosen* 1969,17:184–198.
7. G. Burkhart, P.A., C. Robinson, W.K. Sieber, P. Vossen og K. Ringen. Job tasks, potential exposures, and health risks of laborers employed in the construction industry. *Am J Ind Med* 1993;24:413–425.
8. P.A. Sullivan, K.M. Bang, F.J. Hearl og G.R. Wagner. Respiratory disease risks in the construction industry. *Occupational Medicine: State of Art Reviews* 1995;10, nr. 2:313–334.
9. J.S. Petersen og C. Zwering. Comparison of health outcomes among older construction and blue-collar employees in the United States. *Am J Ind Med* 1998;34:280–287.
10. S. Humerfelt, G.E. Eide og A. Gulsvik. Association of years of occupational quartz exposure with spirometric airflow limitation in Norwegian men aged 30–46 years. *Thorax* 1998;53(8):649–655.
11. A. Blomberg. Inflammatory and antioxidant responses in the airways to oxidative and particulate air pollution. (Doctor dissertation). Umeå: University of Umeå.
12. U. Ulfvarson, R. Alexandersson, M. Dahlquist, U. Ekholm og B. Bergström. Pulmonary function in workers exposed to diesel exhausts: The effect of control measures. *Am J Ind Med* 1991;19:283–289.
13. M.W. Frampton, P.E. Morrow, C. Cox, F.R. Gibb, D.M. Speers og M.J. Utell. Effects of nitrogen dioxide exposure on pulmonary function and airway reactivity in normal humans. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:522–527.
14. A.S. Robertson, D.C. Weir og P. Sherwood Burge. Occupational asthma due to oil mists. *Thorax* 1988;43:200–205.
15. I. Gregg. Epidemiological research in asthma: the need for a broad perspective. *Clinical Allergy* 1986;16:17–23.
16. M.L. Burr, B.K. Butland, S. King og Vaughan-Williams. Changes in asthma prevalence: two studies 15 years apart. *Arch Dis Child* 1989;64:1452–1456.
17. P.S. Bakke. Obstructive airway diseases and occupational airborne exposure: prevalences and risk factors in a Norwegian community [dissertation] . Bergen: University of Bergen, 1991.
18. N.M. Siafakas, P. Vermeire, N.B. Pride et al. Optimal assessment and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Eur Respir J* 1995;8:1398–1420.
19. S.M. Rappaport, R.H. Lyles og L.L. Kupper. An exposure-assessment strategy accounting for within – and between – worker sources of variability. *Ann occup Hyg. Årg. 39* 1995;4:469–495.
20. Nordiska ekspertgruppen för gränsvärdedokumentation. 1993:2. Nr. 106. Krystallinsk silika.

21. Nordiska ekspertgruppen för gränsvärdedokumentaton. 1985:13. Nr. 57. Oljedimma.
22. Nordiska ekspertgruppen för gränsvärdedokumentaton. 1983. Nr. 29. 1–97. Polyaromatiska kolväten.
23. Nordiska ekspertgruppen för gränsvärdedokumentaton. 1980:8. Nr. 12. Kolmonoxid.
24. Nordiska ekspertgruppen för gränsvärdedokumentaton. 1983:28. Nr. 45. Nitroösa gasser.
25. Nordiska ekspertgruppen för gränsvärdedokumentaton. 1982:27. Nr. 37. Formaldehyd.
26. D.L. Holness, J.T. Purdham og J.R. Nethercott. Acute and Chronic Respiratory Effects of Occupational Exposure to Ammonia. *Am Ind Hyg Association J.* 50(12):646 (1989).
27. R.B. Swotinsky og K.H. Chase. Health Effects of Exposure to Ammonia: Scant Information. *Am Journal of Ind Med* 17:515–521 (1990).
28. Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to carbon dioxide. National Institute of Occupational Health, USA. 1976. Nr. (NIOH) 76 – 19.
29. M.E. Birch og R.A. Cary. Elemental carbon-based method for occupational monitoring of particulate diesel exhaust: methodology and exposure issues. *Analyst* 1996;121:1183–1190.
30. R.K. Bentsen, H. Notø, K. Halgard og S. Øvrebø. The effect of dust-protective respirator mask and the relevance of work category on urinary 1-hydroxypyrene concentration in PAH exposed electrode paste plant workers. *Ann occup Hyg.* 1998;42:135–144.
31. T. Woldæk og M. Brendeford. Vurdering av FTIR som analysemetode for prøver av oljetåke og oljedamp i arbeidsatmosfæren. 42. Nordiske Arbeidsmiljømøtet 1993;133–134. Abstract på norsk.
32. E. Bye, G. Edholm, B. Gylseth og D.G. Nicholson. On the determination of crystalline silica in the presence of amorphous silica. *Ann occup Hyg.* 1980;23:329–334.
33. E. Melbostad, W. Eduard og P. Magnus. Chronic bronchitis in farmers. *Scand J Work Environ Health* 1997;23:271–280.
34. P. Bakke, A. Gulsvik, G.E. Eide og R. Hanao. Smoking habits and lifetime occupational exposure to gases or dusts, including asbestos and quartz, in a Norwegian community. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:195–202.
35. M.S. Jaakkola, J.J.K. Jaakkola P. Ernst et al. Ventilatory lung function in young cigarette smokers: a study of susceptibility. *Eur Respir J* 1991;4:643–650.
36. American Thoracic Society. Standardization of spirometry–1987 update. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:1285–1298.
37. P.H. Quanjar, G.J. Tammeling og Cotes. Standardized lung function testing. *Eur Respir J* 1993;10:1683–1693.
38. D.W. Cockcroft: Bronchial inhalation tests. Measurement of non-allergic bronchial responsiveness. *Ann of Allergy* 1985;55:52738.
39. S. Kharitonov, K. Alving og P.J. Barnes. Exhaled and nasal nitric oxide measurements: recommendations. *Eur Respir J* 1997;10:1683–1683.
40. P.G. Djupesland, W. Qian, H. Furlott, P. Graf, H. Hallén, J. Kramer et al. Acoustic rhinometry in the diagnosis of nasal obstruction – practical aspects. *Allergy (suppl.)* 1999; Abst 07: 5.
41. P.G. Djupesland, O. Skatvedt og A.K. Jansen. Relief of severe nocturnal nasal obstruction by external dilation objectively improves sleep quality in heavy snorers. (manuskript sendt *Sleep* 1999)
42. J. Chatkin, P.G. Djupesland og W. Qian: Nasal nitric oxide is independent of nasal cavity volume. *Am J Rhinol* 1999 (Under trykking)
43. N.E. Eriksson. Allergy screening with Phadiatop and CAP Phadiatop in combination with questionnaire in adults with asthma and rhinitis. *Allergy* 1990; 45:285–292.

44. *Guidelines for the use of ILO international classification of radiographs of pneumoconiosis*. Revidert utg. 1980, International Labour Office, Geneva.
45. P.S. Bakke, V. Baste, R. Hanao og G. Gulsvik. Prevalence of obstructive lung disease in a general population: relation to occupational title and exposure to some airborne agents. *Thorax* 1991;46: 863–870.
46. D.W. Hosmer og S. Lemeshow. *Applied Logistic Regression*. Jon Wiley 1989.
47. G.E.P. Box, W.G. Hunter og J.S. Hunter. *Statistics for Experimenters*. Jon Wiley 1978.
48. W. Eduard og B. Bakke. Experiences with task-based exposure assessment in studies of farmers and tunnel workers. *Norwegian J Epidemiol* 1999;9(1):29–34.
49. R.S. Stanevich, P. Hintz, D. Yereb, M. Docemeci. Elemental carbon levels at a potash mine. *Appl Occup Environ Hyg* 1997;12:1009-1012.
50. W.M. Marine, D. Gurr og M. Jacobsen. Clinically important respiratory effects of dust exposure and smoking in British coalminers. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:106–112.
51. R.L. Cowie og S.K. Mabena. Silicosis, chronic airflow limitation, and chronic bronchitis in South African gold miners. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:80–84.
52. D.W. Dockery, F.E. Speizer, B.G. Ferris jr. et al. Cumulative and reversible effects of lifetime smoking on simple tests of lung function in adults. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:286–292.
53. F. Kauffmann, D. Drouet, J. Lellouch et al. Occupational exposure and 12-year spirometric changes among Paris area workers. *Br J Ind Med* 1982;39:221–232.
54. Q.T. Pham, A.M. Benis, A.M. Mur et al. Follow-up study of construction workers with obstructive lung disease. *Scand J Respir Dis* 1977;58:215–226.
55. D. Heederik, H. Kromhout og D. Kromhout. Relations between occupation, smoking, lung function, and incidence and mortality of chronic non-specific lung disease: The Zutphen Study. *Br J Ind Med* 1992;49:299–308.
56. D. Heederik, H. Pouwels, H. Kromhout et al. Chronic non-specific lung disease and occupational exposures estimated by means of a job exposure matrix: The Zutphen Study. *Int J Epidemiol* 1989;18:382–389.



*Statens
arbeidsmiljøinstitutt*

- skaper
- bruker
- formidler

kunnskap om arbeid og helse

Postadresse: Besøksadresse: Telefon: 23 19 51 00 E-post: Internett:
Pb 8149 Dep. Gydas vei 8 Telefaks: 23 19 52 00 stami@stami.no <http://www.stami.no>
0033 Oslo Majorstua