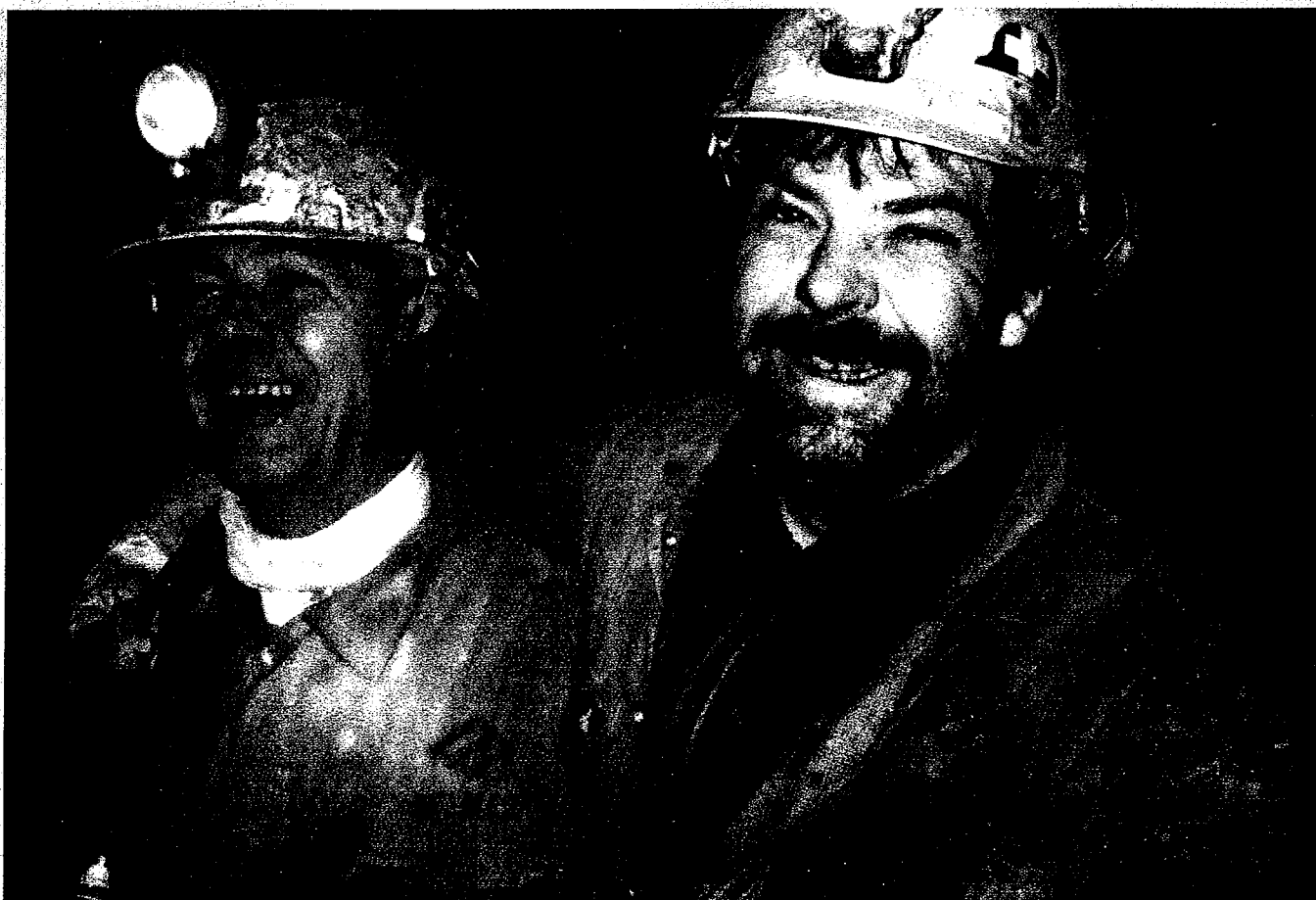


Eksponering og obstruktiv lungesykdom hos anleggsarbeidere

– 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 arbeidsmiljøinstituttts 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 EFFEKTEN 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 forskalingssekkere 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.

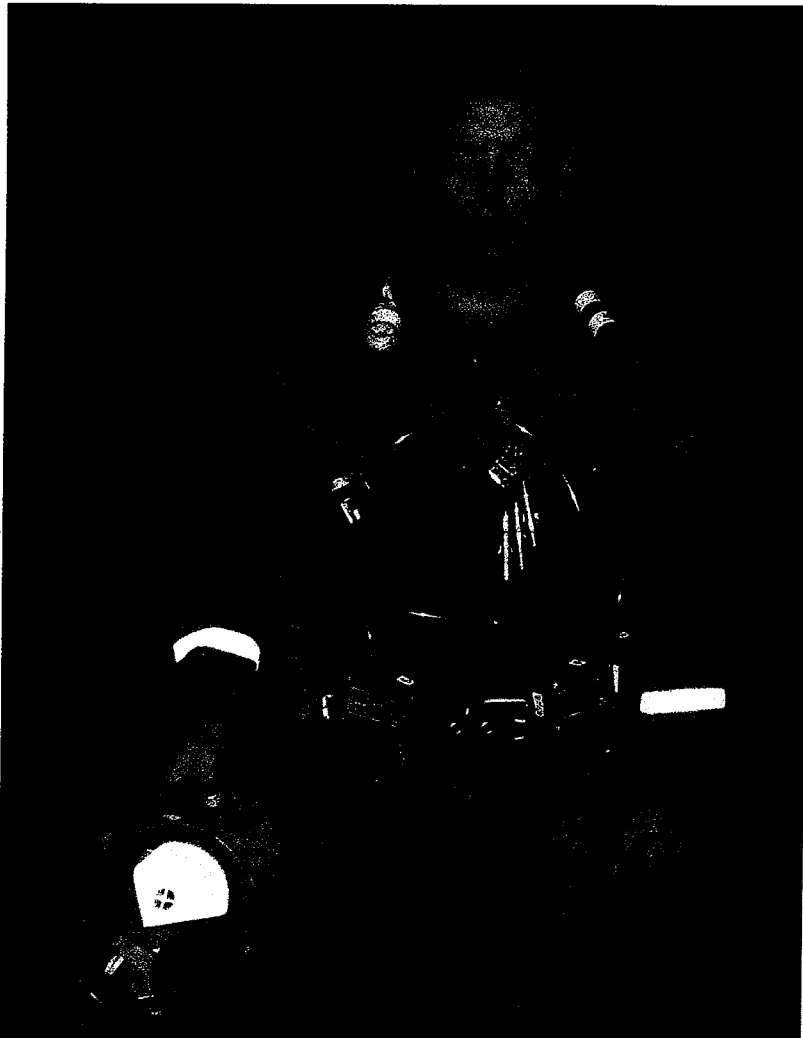
Kjemiske komponenter

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 stoff (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 knemater, 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 -kvarts (betongsprøyting)
- Deseleksos (sprøyterigg, betongbil)
- Oljetåke og oljedamp (forskalingsolje, 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 stuffen og 3) utføre forskjellige former for sikringsarbeid som deking av rasfarlig fjell med betong (betongsprøyting) og festing av rasfarlig fjell med stålbolter mens drifvingen pågår.

- Totalstøv, respirabelt støv og α -kvarts (boring, betongsprøyting)
- Deseleksos (bakstufbil, andre anleggsmaskiner.)
- Oljetåke og oljedamp (forskalingsolje, 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 -kvarts (riving av forskaling, pussing av betong, sandblåsing)
- Deseleksos (betongbil, andre anleggsmaskiner)
- Nitrogendioksid, karbonmonoksid (deseleksos)
- Oljetåke og oljedamp (forskalingsolje, 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 -kvarts (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 filterne 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 filterne 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 filterne ble justert til 2,0 l/min [29].

