

HÅNDBOK FOR ARBEIDS- MILJØ UNDER JORD



NFFs tekniske rapporter er utarbeidet av fagpersoner oppnevnt av utviklingskomiteen i NFF. Innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunkt redigering ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme. NFF, forfattere eller fagkomiteen har intet ansvar for eventuelle feil eller mangler i rapporten og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes at rapporten benyttes av kompetente, fagkyndige personer med forståelse for de begrensninger og forutsetninger som legges til grunn.

Forsidebilde: Veidekke

© Norsk Forening for Fjellsprengringsteknikk - NFF

ISBN 978-82-92641-35-4

Grunnlagsmateriale

Håndboken bygger dels på undersøkelser som ble gjennomført og dokumentert fram til år 2000 ved professor Tom Myran, SINTEF Bygg og miljøteknikk, avd. Bergteknikk, dels på data fra oppfølging av arbeidsmiljø i tunneler gjennom de siste årene ved Statens institutt for arbeidsmiljø i samarbeide med entreprenører.

Håndboken inneholder henvisninger til aktuelle lover, forskrifter, håndbøker og tekniske rapporter.

Dersom du har kommentarer til Håndboken, ta kontakt med foreningen på mail: nff@nff.no

Tilrettelegging og produksjon

Helli - Visuell kommunikasjon // www.helli.no

Forord

Håndbok nr. 9 om arbeidsmiljø under jord erstatter foreningen håndbok fra år 2000 over samme tema. Håndboken er ajourført i samsvar med dagens regelverk og dekker også erfaringer og ny kunnskap slik det fremgår ovenfor. I samsvar med praksis er den gitt nytt nr i håndbokserien og det offentlige ISBN registeret. Håndboken er utarbeidet i regi av NFFs utviklingskomité.

Formålet med håndboken er å gi en oppdatert oversikt over utfordringer og mulige tiltak for å ivareta arbeidsmiljøet under jord. Håndboken er rettet mot oppdragsgivere, byggherrer, rådgivere, arbeidsgivere, arbeidstakere og andre aktører i tunnelprosjekter.

Håndboken omhandler fysiske og kjemiske belastninger av betydning for liv og helse ved utførelse av ulike typer arbeid under jord. Håndboken gir anbefalinger til hvordan helse og arbeidsmiljø skal ivaretas i arbeidet, men løsningene må tilpasses hvert enkelt anlegg.

Forhold knyttet til sikkerhet ved arbeider på underjordsanlegg vil bli behandlet av NFF i en ny rapport som for tiden er under utarbeidelse, og forventes ferdigstilt i løpet av 2015.

Håndboken er utarbeidet av en arbeidsgruppe med følgende sammensetning:

John Ivar Fagermo	AF Anlegg
Knut Jarle Rødset	Arbeidsmandforbundet
Bente Ulvestad	STAMI
Tone Hegghammer	Arbeidstilsynet
Jan Erik Lien	Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Hermann Messelt	Veidekke

Takk til arbeidsgruppen for vel utført innsats.

Oslo, mars 2015

Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk
Utviklingskomiteen

Innholdsfortegnelse

Grunnlagsmateriale	2
Forord	3
Innholdsfortegnelse	4
1. Innledning	6
2. Aktørenes ansvar	8
2.1 Ansvar og oppgavefordeling i tunnelprosjekter	9
3. Yrkeshygieniske utfordringer ved ulike typer arbeid under jord	11
3.1 Kjemiske faktorer ved arbeid under jord	11
3.1.1 Gassformige forurensninger og helsefare	13
3.1.2 Partikulære forurensninger og helsefare	14
3.1.3 Andre kjemiske stoffer og forbindelser	16
3.1.4 Farer for kjemisk eksponering i forbindelse med bruk av arbeidsutstyr	17
3.2 Fysiske arbeidsmiljøfaktorer	18
3.2.1 Klimafaktorer og helsefare	19
3.2.2 Støy	20
3.2.3 Vibrasjoner	20
3.2.4 Stråling	22
3.2.5 Belysning	23
3.3 Ergonomi	24
4. Tunnelarbeid, risikoforhold og tiltak	25
4.1 Arbeider foran stuff	25
4.1.1 Langhulls boring fra stuff	25
4.1.2 Injisering	26
4.2 Arbeider på stuff	27
4.2.1 Boring og lading	27
4.2.2 Sjaktdrift med stigorthois	28
4.2.3 Sprengning	29
4.2.4 Lasting og transport	30
4.2.5 Rensk, maskinell og manuell	32
4.2.6 Bolting	33

4.2.7 Sprøytebetong	34
4.3 Bakstufarbeider	36
4.4 Innredningsarbeider	38
4.4.1 Grøftarbeid og vegbygging	39
4.4.2 Vann- og frostsikring, betongelementer og brannsikring	40
4.4.3 Asfaltarbeider	41
4.4.4 Rehabilitering av tunneler med trafikk	43
5. Systematisk yrkeshygienisk arbeid	45
5.1 Kartlegging av arbeidsmiljøfaktorer	45
5.2 Risikovurdering	45
5.2.1 Vurdering av virkning av ulike kjemiske og fysiske arbeidsmiljøfaktorer	47
5.2.2 Vurdering av sannsynlighet for ulike effekter av eksponering	49
5.3 Tiltak	56
5.3.1 Tiltak generelt	57
5.3.2 Tiltak i forhold til ventilasjon:	58
5.4 Avviksbehandling	58
5.5 Helseundersøkelser og oppfølging	59
Vedlegg 1: Målinger	60
Vedlegg 2: Definisjoner, begreper og betegnelser	63
Vedlegg 3: Oversikt over forskrifter og bestemmelser i HMS-regelverk	67
Vedlegg 4: Måleprosedyrer og dokumenter for kontroll av ventilasjonsforhold	70

1. Innledning

For å kunne oppnå best mulig arbeidsmiljø under jord, må man stille krav til HMS-styringen i organisasjonen, slik at det blir mulig å:

- Verne om menneskets liv og helse og forebygge ulykker, skader, sykdom og tap
- Forutsi risiko for skade og uheldige arbeidsmiljøvirkninger, og angripe problemene ved kilden.

Arbeidsgiver er ansvarlig for at

- Arbeidsmiljølovens krav overholdes jfr. AML §2-1
- Det gjennomføres et systematisk HMS-arbeid etter AML §3-1 og §3-2.

HMS er et linjeansvar og lederne skal aktivt og synlig fremme positive og bevisste holdninger.

Arbeidsmiljøloven §2-3 setter også krav til arbeidstakers medvirkningsplikt:

«Arbeidstaker skal medvirke ved utforming, gjennomføring og oppfølging av virksomhetens systematiske helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid. Arbeidstaker skal delta i det organiserte verne- og miljøarbeidet i virksomheten og skal aktivt medvirke ved gjennomføring av de tiltak som blir satt i verk for å skape et godt og sikkert arbeidsmiljø.»

Hensikten med håndboken er blant annet å:

- Beskrive de viktigste fysiske og kjemiske arbeidsmiljøfaktorer ved ulike typer arbeid i tunneler
- Gi informasjon om hvilke effekter påvirkning av arbeidsmiljøfaktorer kan ha på arbeidstakerens helse
- Gi informasjon om grenseverdier
- Gi informasjon om gjennomføring av kartlegginger, målinger og risikovurderinger som ledd i det systematiske HMS-arbeidet
- Beskrive relevante tiltak og god praksis for å ivareta arbeidsmiljøet under jord
- Påvirke planleggere, byggherrer og entreprenører til å sikre best mulig arbeidsmiljø gjennom tilrettelegging og planprosesser, prosjektering, drift og oppfølging
- Bidra til løsninger som gir et best mulig arbeidsmiljø

Arbeidsmiljøet i tunneler i byggefasen er avhengig av blant annet tunnelens utforming, de valgte arbeidsmetoder og utstyr som benyttes, berggrunnens mineralsammensetning, og hvordan arbeidet utføres i praksis.

Støv og gass utgjør en vesentlig forurensing i arbeidsmiljøet ved tunneldriving, og oljetåke kan være en belastning under boring dersom vedlikeholdet på maskiner svikter. Slike påvirkninger kan gi skader særlig på luftveiene, og alvorlig lungesykdom kan i verste fall utvikles over tid, f.eks. kronisk, obstruktiv lungesykdom (kols). Enkelte kjemiske stoffer, for eksempel mineralet kvarts, kan også medføre fare for kreft og andre lungesykdommer på lang sikt.

Stadig forbedret motorteknologi fører, og har ført til, at gassutslipp fra kjøretøyene reduseres. I drivefasen er ofte slik motorteknologi anvendt, men i innredningsfasen benyttes fortsatt utstyr med eldre motorteknologi. Gode rutiner for blant annet vedlikehold og reparasjon av arbeidsutstyr, og riktig bruk av utstyret, vil derfor være et viktig ledd i arbeidsmiljøarbeidet.

Skiftordninger med innarbeiding fører til lange eksponeringstider av de ulike påvirkningene. Effekten av dette er lite kjent, men det er sannsynlig at økt varighet av eksponering gir økt belastning. Slike organisatoriske forhold kan ha vesentlig betydning for påvirkningen arbeidstakerne utsettes for av de ulike kjemiske og fysiske faktorer i arbeidsmiljøet.

Det er også viktig å ta hensyn til at påvirkning av ulike kjemiske og fysiske faktorer både enkeltvis og samlet kan gi ulike helseeffekter. Mennesker har også forskjellige vaner (for eksempel røyking) og arveanlegg (lungeventilasjon tålegrenser), og reagerer derfor forskjellig på kjemiske og fysiske forurensninger. Ved hardt kroppsarbeid kan man også få i seg betydelig mer forurensing enn om man sitter stille fordi man puster inn mer luft.

Tiltak som iverksettes må derfor ta hensyn til både personlige (psykiske) og fysiske forhold, og det er viktig å se på den totale belastningen og samvirkningen av alle de ulike faktorene arbeidstakerne påvirkes av i arbeidsmiljøet.

Det er ut fra dette særlig viktig å drive et aktivt HMS-arbeid for å forebygge helseskader og arbeidsrelaterte sykdommer. Vi håper denne håndboken kan være et hjelpemiddel i dette arbeidet.

2. Aktørenes ansvar

I ulike prosjekter er det flere ulike aktører som har ansvar for å ivareta sikkerhet, helse og arbeidsmiljø. I dette kapittel beskrives de viktigste oppgaver og ansvar for aktuelle aktører, og hvordan arbeidet bør utføres for å ivareta helse og arbeidsmiljø.

Tunnelarbeid og arbeidsmiljø reguleres spesielt av **forskrift om utførelse av arbeid**, kapittel 27 om bergarbeid, men også av annen lovgivning som stiller krav til andre forhold av betydning for sikkerhet og arbeidsmiljø for ansatte. Oversikt over aktuell lovgivning er gitt i vedlegg 3.

For å kunne oppnå et godt arbeidsmiljø under jord, er det særlig viktig å:

- Utvikle den generelle kompetansen og kunnskapen ved å gi enhver byggherre, rådgiver, entreprenør, leder og arbeidstaker opplæring om arbeidsmiljø og helsefare knyttet til arbeidsplass, arbeidsutstyr, og arbeidsoppgaver
- Foreta arbeidsmiljøundersøkelser (kartlegging, måling) og vurderinger, og sørge for at relevante tiltak blir planlagt og iverksatt
- Rapportere uønskede hendelser, overvåke og evaluere arbeidsmiljø- og helseforhold på en systematisk, regelmessig og dokumentert måte

De ulike aktørers ansvar framgår av regelverk, men må også avtales mellom partene i det enkelte utbyggingsprosjekt. Ansvars- og oppgavefordeling mellom de ulike partene i prosjektet bør tydelig framkomme i konkurransegrunnlaget. Det bør stilles konkrete krav til entreprenørene, med tydelig henvisninger til hvordan og hvor disse skal prises. Det bør også framkomme konsekvenser ved manglende oppfyllelse av krav.

I et tunnelprosjekt har f.eks. kvartsinnholdet stor betydning for helsefaren knyttet til støvet i tunnelatmosfæren. Som en del av ingeniørgeologiske undersøkelser bør det derfor gjøres analyser av bergartenes kvartsinnhold, slik at risikoen kan vurderes og tiltak kan forberedes i områder med kvartsrike bergarter. Det må avtales mellom byggherre og entreprenør hvordan ansvaret for å gjennomføre undersøkelser av geologi og arbeidsmiljø skal fordeles. Normalt er det byggherre som utfører forundersøkelser av geologien for at nødvendige forhold knyttet til arbeidsmiljøet og tiltak skal kunne vurderes.

Hvis det ikke utføres slike undersøkelser av byggherre, vil hver enkelt entreprenør få et eget, særskilt ansvar for å bestemme type, finne nivå av forurensninger og iverksette tiltak ved de ulike typer arbeid under jord. Hvem som skal være bærer av slike kostnader bør i så fall framgå av avtalene. Arbeidsgiver har etter at grenseverdiene for eksponering for de ulike påvirkninger er lovfestet, fått et større ansvar for å dokumentere at forurensningene er på et akseptabelt nivå.

Arbeidsgiver skal også sikre at tiltak iverksettes når grenseverdiene overskrides, og vanligvis må målinger gjennomføres for å kunne bestemme eksponeringsfaren. Det er derfor hensiktsmessig at det avklares i prosjektene hvem som skal bære kostnadene av slike undersøkelser, eventuelt hvordan ansvaret skal fordeles.

2.1 Ansvar og oppgavefordeling i tunnelprosjekter

Oversikten nedenfor angir anbefalt fordeling av oppgaver ut fra de ulike aktørenes rolle og ansvar i henhold til krav i arbeidsmiljøregelverket.

Tabell 1: Særskilt ansvar og oppgaver til ulike aktørers i tunnelprosjekter

Aktør / rolle	Ansvar og oppgave(r)
Byggherre, bestiller, oppdragsgiver	Ivareta hensynet til helse, arbeidsmiljø og sikkerhet på anleggsplass, beskrive/hensynta risikoforhold, koordinere arbeidet i utførelsesfasen, og sikre gjennomføring av aktørenes plikter gjennom utførelsesfasen. Utarbeide/oppdatere byggherrens SHA-plan* for det enkelte prosjekt, stille krav om spesifikke HMS – tiltak, systematisk HMS-arbeid og internkontroll hos entreprenør (inngå i HMS-planer**).
Prosjekterende	Risikovurdere SHA - forhold på bygg/anleggsplassen, beskrive nødvendige spesifikke tiltak
Koordinator	Koordinere i henhold til spesifiserte krav (bl.a. i SHA-plan på vegne av byggherre).
Hovedentreprenør/ Hovedbedrift	Følge SHA-plan. Særskilt ansvar for samordning av HMS-arbeidet i utførelsen ved flere firma på samme arbeidsplass, ved bl.a. å dokumentere kompetanse, opplæring og ID. Utarbeide et fungerende internkontrollsystem.
Under-entreprenør	Følge SHA-plan, samordne egen (arbeidsgivers) HMS-plan med krav i SHA-plan. Utarbeide et fungerende internkontrollsystem.
Enmannsfirma	Følge SHA-plan og øvrig arbeidsmiljølovgivning, vurdere faren for egen kjemisk påvirkning (forskrift om utførelse av arbeid gjelder). La seg samordne av hovedbedriftens krav.

Utenlandsk firma/ Arbeidstaker	Sette seg inn i norske arbeidsbetingelser, følge norsk regelverk og følge arbeidsgivers og byggherres anvisninger
Arbeidsgiver	Innarbeide relevante deler av SHA-plan i eget HMS-system, utarbeide egen HMS-plan i forhold til bergarbeid og de aktuelle risikofaktorer ved arbeid under jord i prosjektet, etterleve regelverk.
Bedriftshelsetjenesten	Bistå arbeidsgiver, arbeidstakerne, arbeidsmiljøutvalg og verneombud med å skape sunne og trygge arbeidsforhold.
Arbeidsleder	Leder med HMS-ansvar utfører plikter på vegne av arbeidsgiver
Arbeidstaker	Følge anviste HMS-rutiner som gjelder for ansatte
Verneombud	Ivareta sin påseplikt etter lov og forskrift

*SHA-plan er byggherrens plan for Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljø og utgjør sammen med plan for YM (ytre miljø) byggherrens samlede plan for helse, miljø og sikkerhet.

**HMS-plan er arbeidsgivers plan for HMS for å ivareta det enkelte firmaets ansatte

Det vises for øvrig til Arbeidsmiljølovens kapittel 2 som viser arbeidsgivers og arbeidstakers plikter og Håndbok R763 fra Statens vegvesen kapittel 3.1.2.

Oversikten viser at byggherre har ansvar for å ivareta HMS - arbeidet i utbyggingsprosjekter, mens arbeidsgivere har ansvar for å sikre egne arbeidstakere et forsvarlig arbeidsmiljø. Byggherre må ut fra dette stille de nødvendige krav til arbeidsgivere og selv føre kontroll med at kravene oppfylles.

Dette innebærer at det kreves spesielle tiltak for å ivareta helse og sikkerhet i anbudsinnbydelsen, med konkrete krav til bruk av kompetent personell i arbeidet, organisering av arbeidet, krav til utførelsen av arbeidet og det arbeidsutstyr som skal brukes. I tillegg har alle aktører et felles ansvar for et forsvarlig arbeidsmiljø.

Byggherre har en viktig rolle i å fastsette rammekrav som entreprenører skal følge for at betingelsene skal være i samsvar med arbeidsmiljølovgivningen. Det betyr i praksis å angi hvordan krav i regelverk skal oppfylles gjennom å konkretisere hvilke tiltak som skal iverksettes på grunnlag av risikovurderinger, kunnskap og erfaringer, og angi hvem som har ansvar for gjennomføringen. For at slike krav skal bli forutsigbare og etterlevd av alle, er det normalt nødvendig å tydeliggjøre kravene i anbudsfasen og i konkurransegrunnlaget.

Eksempler på konkretisering av krav kan være følgende:

- Stille spesifikke krav til tiltak for å redusere støvutvikling og eksponering.
- Stille krav om at det brukes arbeidsutstyr som utgjør minst mulig fare ved bruk (eksponering for forurensninger og fare for ulykker)
- Angi faresoner ved arbeid som medfører risiko ut fra arbeidets art og bruk av spesielt arbeidsutstyr (f.eks. ved boring, injeksjonsarbeid, mv.)

3. Yrkeshygieniske utfordringer ved ulike typer arbeid under jord

I en tunnel kan det foregå mange typer aktiviteter samtidig, og arbeidstakerne blir påvirket i mer eller mindre grad av de samme arbeidsmiljøfaktorer. I dette avsnitt beskrives kjemiske og fysiske faktorer i arbeidsmiljø under jord generelt, og de gassformige og partikulære forurensninger spesielt.

3.1 Kjemiske faktorer ved arbeid under jord

I tabellen nedenfor er vist de viktigste kjemiske miljøfaktorer som kan forekomme ved tunnelarbeid:

Tabell 2: Oversikt over kjemiske arbeidsmiljøfaktorer under jord

Kjemiske arbeidsmiljøfaktorer		Grenseverdier (enkelte)
Forurensinger i ulike former: Gass (G) Partikulære (P)	Gasser (G)	Avhengig av type gass
	Støv/aerosol (P)	Sjenerende støv: 10 mg/m ³ Respirabelt støv 5 mg/m ³
	Mineralstøv/fiber (P)	Avhengig av type støv, ellers
	Asbest	0,1 fiber/ml
	α – kvarts (krystallinsk) (P)	Totalstøv: 0,3 mg/m ³ , Respirabelt: 0,1 mg/m ³
	Betongstøv (P)	Sjenerende støv
	Oljetåke (aerosol, P)	1 mg/m ³
	Dieseleksos (G, P)	Grense for dieselpartikler vurderes
	Sveiserøyk (G, P)	5 mg/m ³

Disse arbeidsmiljøfaktorene og risikoen forbundet med disse vil beskrives nærmere under hver type arbeid under jord i avsnitt 4.1 – 4.8.

Generelle tiltak for reduksjon/begrensning av kjemiske arbeidsmiljøfaktorer:

- Tiltak ved kilden:
 - Type sprengstoff
 - Type arbeidsutstyr
- Organisatoriske tiltak:
 - God planlegging, organisering og tilrettelegging av arbeidet
 - Utføre forurensende arbeid i ventilerte områder, eller sørge for mobile avsug
 - Begrense hvem/hvor mange som påvirkes
 - Organisere rekkefølgen av arbeidet
 - Begrense samtidig arbeid, arbeidstid og opphold i forurensede soner, m.v.
 - Rutiner for drift, vedlikehold, mv.
 - Sertifisert og dokumentert opplæring
 - Beredskap ved hendelser
- Kollektive fysiske tiltak
 - Ventilasjon og prosessavsug
 - Vanning av røys
 - Inneslutning av prosess (f.eks. sveising i eget ventilert avlukke)
- Personlige tiltak som personlige verneutstyr, mv. (erstatte ikke fysiske tiltak)

Klimaforhold og stråling er fysiske forhold i tunnel som det ofte er begrenset mulighet for å gjøre noe med, men disse faktorene må likevel tas med i vurderingen av den totale arbeidssituasjonen for ansatte, og de kan i noen grad påvirkes av bedre tilrettelegging på arbeidsplassen og gjennomføring av tiltak i forhold til de øvrige forurensningene.

3.1.1 Gassformige forurensninger og helsefare

Tabell 3 nedenfor viser en oversikt over de vanligste gasser og hvor de normalt dannes.

Tabell 3. Gasser – forekomst og kjennetegn.

Gass	Kilder	Kjennetegn	Grenseverdi [ppm]
Nitrogendioksid (NO ₂)	Dieseleksos og sprenggass fra nitrogenholdig sprengstoff	Rødbrun gass med stikkende lukt, brunrød,	0,6
Karbonmonoksid (CO)	Dieseleksos og sprenggasser	Fargeløs gass og luktfri	25
Ammoniakk (NH ₃)	Sprenggasser og ved nitrogenholdig sprengstoff i kontakt med sement	Fargeløs gass med irriterende og stikkende lukt	15 50 (S)*
Radon	Berggrunnen	Luktfri, fargeløs og tung gass	100 Bq/m ³ (døgnmiddel innemiljø)
Svoveldioksid (SO ₂)	Sprenggasser, sveising, skjærbrenning	Fargeløs gass med skarp lukt	0,8

*(S)=Kortidsverdi

Det finnes utstyr for kontinuerlig overvåking av de viktigste gassene. Slikt utstyr kan installeres for registrering av gassnivå gjennom hele byggeperioden, inkludert eventuelle innredningsfaser. Det er naturlig at krav om slike kontinuerlige målinger kommer fra byggherren. For spesielt utsatte arbeidsoppgaver kan supplerende målinger med personlige gassmålere utføres. Det bør utarbeides aksjonsplaner for å ivareta situasjoner med overskridelser av grenseverdier.

Typiske tiltak for gassreduksjon er:

- Valg av emulsjonssprengstoff (NO₂ reduseres)
- Bruk av elektrisk drevet utstyr (reduserer utslipp av dieseleksos)
- Unngå opphold i skyteproppen
- Rutiner for drift, vedlikehold og reparasjon av dieseldrevet utstyr
- Moderne motorteknologi
- Ventilasjon
- Effektiv utlasting og transport
- Åndedrettsvern

Når det gjelder bruk av personlig verneutstyr gjøres oppmerksom på at for enkelte gasser (f.eks. CO) finnes ikke annet egnet åndedrettsvern enn friskluftsutstyr. Vi viser for øvrig til **NFF's tekniske rapport nr. 7, Dieseldrift under jord.**

3.1.2 Partikulære forurensninger og helsefare

Partikulære forurensninger som mineralstøv, organiske og uorganiske partikler er viktige arbeidsmiljøfaktorer ved bergarbeid. Helseeffekten av disse er avhengig av sammensetning, type (herunder partikkelform og -størrelse), konsentrasjon og eksponeringstid.

Tabell 4. Aerosoler og forekomst

Aerosoler	Kilder
α-kvarts i respirabelt støv	Berggrunnen og vegfylling
Asbestfiber	Berggrunnen
Betongstøv	Sprøyting av våt betong
Sementstøv	Injeksjons- og gysarbeid
Dieselpartikler	Dieseldrevet maskiner og utstyr
Sveiserøyk	Sveising
Oljetåke	Hydrauliske motorer, olje i trykkluft

Diesel eksos er av International Agency for Research on Cancer (IARC) klassifisert som et gruppe 1 kreftfremkallende stoff. Krystallinsk kvarts er kreftfremkallende partikulære forurensninger. Det kreftfremkallende mineralet asbest kan også forekomme i enkelte bergarter. Også sveiserøyk kan inneholde kreftfremkallende metallforbindelser (uorganiske oksider). Dette utgjør imidlertid kun fare hvis det foregår sveising av rustfritt stål. Rustfritt stål inneholder krom og nikkel som i tillegg til å gi kreftfare kan være allergifremkallende.

For informasjon om sveising se **Arbeidstilsynets brosjyre med bestillingsnr. 581.**

For generell informasjon om asbest se

<http://www.arbeidstilsynet.no/fakta.html?tid=78164>

Aerosoler er finfordelte partikler av fast stoff, væske eller en blanding av fast stoff og væske i luft. *En aerosol omfatter følgelig alle typer partikulær luftforurensninger som støv, røyk, tåke, etc.* Røyk er betegnelse på aerosoler av meget små faste partikler som er dannet fra fysiske og kjemiske prosesser.

Skyteproppen inneholder både aerosoler og gasser. Opphold i områder som er eksponert for skyteproppen bør unngås.

Aerosoler kan dannes ved:

- Mekanisk nedbrytning av faste materialer
- Oppvirvling av allerede dannede partikler
- Dannelse av tåkepartikler gjennom oppdeling av væske via dyser, lekkasjer, sprut av væsker under trykk, mv)
- Kondensasjon fra forbrenning, sveising, lodding, avfetting, etc.

Tiltak for å redusere eksponeringen for aerosoler kan være:

- Ventilasjonspause før lasting og transport starter etter salveskyting
- Optimalisere sprengningsplan for å gi minst mulig sprenggasser

Støv er en samlebetegnelse på partikler som dannes ved mekanisk påvirkning av fast stoff. Dette skjer gjennom ulike aktiviteter og arbeidsprosesser som for eksempel:

- Sprengnings- og borearbeid
- Tipping av steinmasser
- Ulike former av bearbeiding av steinmateriale (nedknusing av masser, etc.)
- Lasting- og transportoperasjoner
- Arbeide med sement, f.eks. injeksjon og gysing
- Betongsprøyting

I tillegg vil luftbevegelser gi stempeleffekter som kan gi spredning av støv.

Respirabelt støv er partikler < 5 mikrometer (μm), som er så små at de trenger lengst ned i lungene til de fine lungeblærene (alveolene). Det potensielt helsefarlige fine støvet, dvs. partikler under $5 \mu\text{m}$, kan holde seg svevende i lang tid og transporteres med luft over lange avstander. Jo mindre partikkelstørrelsen er, jo flere timer/dager tar det før disse faller til bakken, og disse kan også lett virvles opp. Faren med det fine støvet er også at det ofte ikke kan sees, med mindre det benyttes lyskilder som viser forurensningene. Man kan således ikke vurdere forurensningsnivået gjennom å lukte eller se komponentene.

Gasser kan adsorberes (bindes) til overflaten på støvpartikler. På denne måten kan de lettløselige gassene transporteres lengre ned i luftveiene enn de vanligvis ville gjort.

Fiber er partikler med lengde $> 5 \mu\text{m}$, diameter $< 3 \mu\text{m}$ og med et forhold mellom lengde og diameter > 3 : 1. Med disse fiberkriterier finnes til sammen 250 mineraler som kan være fiberdannende. Av disse er det imidlertid asbest som i noen grad kan utgjøre risiko ved arbeid under jord. Asbestfiber finnes i form av mineralene krysotil, krokidolitt, amositt, antofyllitt, tremolitt, og aktinolit som har ulik farlighetsgrad, blant annet ut fra løselighet og fiberform.

Helsefaren med støv generelt er således knyttet til hva støvet består av, samt støvets form, egenskaper og partikkelstørrelse. Dette må derfor tas hensyn til når risikovurdering av eksponering skal foretas.

Ulike typer tiltak må iverksettes ut fra type og grad av påvirkning av de ulike forurensningene.

Typiske tiltak for støvdemping/støvreduksjon er:

- Tilpasset ventilasjon
- Tilførsel av vann:
 - Spyling av røys
 - Vannspyling montert på piggemaskin og lastemaskin
 - Vanning av tunnelveggene
 - Våt boring
- Vedlikehold av veggbane, salting
- Fungerende veggrofter og drenert veggbane
- Gode arbeids- og vedlikeholdsrutiner på dieseldrevne anleggsmaskiner og transportutstyr
- Rutiner for bruk av verneutstyr (riktig utstyr, riktig bruk)

3.1.3 Andre kjemiske stoffer og forbindelser

Det kan også anvendes andre kjemiske stoffer/komponenter i tunneler enn de som er omtalt over. Sikkerhetsdatablad for de enkelte produktene som brukes skal være tilgjengelig på arbeidsplassen, jfr. kravene i Arbeidsmiljøloven §3.2: *Arbeidstakere skal gjøres kjent med innholdet i disse, før stoffene tas i bruk.*

3.1.4 Farer for kjemisk eksponering i forbindelse med bruk av arbeidsutstyr

Under ulike typer arbeid benyttes forskjellige typer arbeidsutstyr (maskiner) som er elektrisk eller dieseldrevne. Det kan ikke brukes bensindrevne kjøretøy eller maskiner under jord, unntatt ved renovering av tunneler hvor samtidig renovering og trafikk tillates (se avsnitt 4.7).

Dieseleksos

Forurensinger fra dieseldrevet arbeidsutstyr utgjør helserisiko. Dieselavgasser består ved fullstendig forbrenning i hovedsakelig av mindre helseskadelige komponenter som karbondioksid, nitrogen, vanndamp og oksygen. Når det gjelder potensiell helsefare knyttet til diesel fokuseres i dag spesielt på NO₂ og sot. Dieseleksos er klassifisert som kreftfremkallende.

Vi viser for øvrig til NFF's tekniske rapport nr 7, Dieseldrift under jord.

Avgassutslippet fra en dieselmotor påvirkes av motorteknologi, vedlikehold og drivstoffkvalitet. I tillegg øker forbruket ved dårlig vegbane, bratt vegbane og motorens turtall. Elementært karbon er en indikator på konsentrasjonen av dieselavgasser og bestemmes med egnet prøvetakingsmetode og analyse.

Dieseldrevet utstyr benyttes mest i forbindelse med lasting og transport, og tiltak i forbindelse med dette arbeid (bruk av arbeidsutstyret) er nærmere beskrevet i avsnitt 4.2.4 nedenfor.

Ventilasjon av bergrom har stor betydning for luftkvaliteten i forbindelse med arbeidet og bruk av arbeidsutstyr (maskiner og kjøretøy). Tidlig montasje av permanent ventilasjonsutstyr og størst mulig bruk av elektrisk utstyr har også positiv effekt på arbeidsmiljøet i innredningsfasen.

Tiltak for å redusere eksponering for dieseleksos:

- Velge alternativer til dieseldrift (substitusjon)
- Vedlikehold av dieselmotorer
- Bruke nyeste motorteknologi/arbeidsutstyr i alle faser av utbyggingen
- God ventilasjon også i innredningsfasen, og særlig i områder hvor dieseldrevet utstyr brukes
- Redusere antall aktører/personer i utsatte områder

Oljetåke

Høye konsentrasjoner av oljetåke forekommer hovedsakelig i forbindelse med feil ved trykkluftsystemer og lekkasjer i hydraulikksystemer. Høye konsentrasjoner kan også oppstå lokalt ved påføring av slippolje på betongutstyr, eller ved feil oljedosering ved f.eks. nakkesmøring på bormaskiner.

Tiltak mot oljetåke er blant annet de samme som for reduksjon av dieseleksos; vedlikehold av utstyr for å begrense kilder til dannelse av oljetåke og bruk av maske ved opphold nær bormaskiner i drift. Det er også viktig å gi arbeidstakere god informasjon og kunnskap om oljetåke, hvordan unngå den eller få redusert nivå av eksponering.

Tiltak for å redusere eksponering for oljetåke

- Unngå unødig opphold nær bormaskiner i drift
- Bruk støvmaske
- Vedlikehold av trykkluftssystemer
- Informasjon til alle involverte om farene
- Ved påføring av slippolje må man bevege seg bort fra oljetåken
- Valg av oljetype som ivaretar arbeidsmiljøet best mulig

3.2 Fysiske arbeidsmiljøfaktorer

I tabellen nedenfor er vist de viktigste fysiske arbeidsmiljøfaktorer som kan forekomme ved tunnelarbeid:

Tabell 5: Fysiske arbeidsmiljøfaktorer med tilhørende tiltaksgrenser/grenseverdier

<i>Fysiske faktorer</i>		<i>Tiltaks og grenseverdier (enkelte)</i>
Klima	Luftfuktighet (RF)	Anbefalt: $20 < RF < 60 \%$
	Luftfartighet (trekk)	Anbefalt: $< 0,15 \text{ m/s}$, avhengig av temperatur / aktivitet
	Temperatur (T)	Avhengig av aktivitetsnivå, m.m. (min 10°C)
	Overspylende vann	Vanntette klær, vådrakt
Støy	Støynivå, frekvenser	Tiltaksverdi: Nedre 80dB, øvre 85dB ($L_{EX,8t}$) Grenseverdi: 85dB ($L_{EX,8t}$)

Vibrasjoner	Helkropp	Tiltaksverdi $0,5 \text{ m/s}^2$, Grenseverdi $1,1 \text{ m/s}^2$
	Hånd/arm	Tiltaksverdi $2,5 \text{ m/s}^2$, Grenseverdi 5 m/s^2
Belysning	Lys- og siktforhold	Anbefalte normer, ulike lokaler/arbeid (lux)
Stråling	Ioniserende stråling	20 mSv (årsmiddel)
	Radon (radondøtre)	Statens strålevern: Grenseverdi: 200 Bq/m^3 Tiltaksverdi: 100 Bq/m^3 (årsmiddel for begge)
Ergonomi	Arbeid med hender over skulderhøyde	Sammenhengende arbeide Hyppig gjentakende arbeide
	Ensidige arm- og håndbevegelser Ensformig arbeid	Mange ganger gjentakelse per minutt Hyppige gjentakelser over hele arbeidsdagen eller ved ubekvemme arbeidsstillinger

Tabellen viser verdier ved 8 timers arbeidsdag.

3.2.1 Klimafaktorer og helsefare

Temperatur, fuktighet og trekk er "komfort faktorer" som påvirker arbeidstakerens opplevelse av sitt arbeidsmiljø.

Atmosfæren i tunneler er korrosiv. Dette skyldes kondenseringen av vann fra varm, fuktig luft, og salt. Vann og fuktig luft i tunnelrommet kan være svakt surt på grunn av salpetersyring og salpetersyre fra nitrose gasser i dieseleksos. Innånding av slik forurenset luft vil kunne gi irritasjon av luftveiene.

Trekk kan føre til lokal avkjøling av kroppen. Maksimal komfortmessig lufthastighet på arbeidsplassen i en tunnel, bør ikke overstige 2 - 3 m/s. Økt hastighet kan også føre til uttørring og økt støvdannelse. Foruten ubehag, kan trekk føre til muskelstivhet, gikt eller andre helsemessige ulemper. Trekkfølelse er avhengig av lufthastighet og temperatur.

Vanninnbrudd kan føre til kraftig nedkjøling ved direkte spyling mot personell. Nedkjøling kan føre til en paralyserende tilstand. Beskyttelse mot nedkjøling av hodet er særlig viktig.

Ventilasjonen bør justeres etter behovene i tunnelen, og generelt justeres ned når avgasser fra salvekjøring er evakuert ut av tunnelen.

Tiltak

- Tilpasset arbeidsbekledning, f.eks. ull undertøy
- Våtdrakt ved langvarig opphold i kalt vann.
- Ventilasjon med tilpasset luftstrøm

3.2.2 Støy

Støy er den mest belastende arbeidsmiljøfaktor under jord. Støyforholdene i tunneler oppfattes også som verre enn ved arbeid i dagen på grunn av lydrefleksjon fra harde overflater i bergrom.

Øret er et meget følsomt organ, og unge mennesker kan oppfatte lyd mellom 20 til 20.000 Hz. Hørselen blir imidlertid dårligere med alderen, spesielt evnen til å oppfatte lyd med høye frekvenser (over 10000 Hz). Hørselskader kan oppstå ved lydnivåer over 85 dB (A).

Effekter av eksponering for høyfrekvent støy er hørselskader ved høyt lydnivå, psykiske og mentale reaksjoner, stress (nervøse lidelser), påvirkninger av arbeidsprestasjon og trivsel.

Fysiologiske virkninger av eksponering for lavfrekvent støy kan oppstå ved lydnivåer på 40-60 dB(A), og effekten øker med lydnivået (økt blodtrykk, økt pulsfrekvens, hodepine, tretthetsfølelse og slapphet, mageproblemer).

En viktig huskeregel er at en 3 dB reduksjon i støynivået = halvering av lydnivået!

Støy utgjør også en sikkerhetsrisiko ved at lydsignaler ikke oppfattes eller reduseres.

3.2.3 Vibrasjoner

Vibrasjoner er hurtige, periodiske bevegelser som overføres til ulike deler av kroppen, og de deles derfor inn i helkroppss- og hand/armvibrasjoner ut fra de deler av kroppen vibrasjonene påvirker.

Helkroppsvibrasjoner

Helkroppsvibrasjoner er mekaniske vibrasjoner som overføres til hele kroppen og medfører risiko for helseskade, særlig i ryggraden.

Faktorer knyttet til vibrasjoner som påvirker helsen er:

- Vibrasjonens frekvens
- Vibrasjonenes intensitet (amplitude, hastighet eller akselerasjon)
- Eksponeringstiden
- Kroppsstillingen og kroppsflatens kontakt mot det vibrerende underlag;
- Vibrasjonens retning

Vibrasjonsnivået for en operatør er en konsekvens av:

- Kjørestil som f.eks. fart
- Maskintype
- Førersete og fjæring
- Vegbane/underlag

Det er store forskjeller mellom ulike maskiner, også innen samme type. Uheldig seteutforming kan gi resonans og forsterke vibrasjoner.

En halvering av eksponeringsnivå gir en reduksjon av påvirkningen på 50%, mens en halvering av eksponeringstiden gir en reduksjon på 30%.

Godt vedlikehold av vegbane i anleggsperioden vil redusere vibrasjoner i forbindelse med transport, og bidra til bedre arbeidsmiljø.

Tiltak

- Vibrasjonsdempende førerhytte
- Sete med gode tilpasningsmuligheter og dempeegenskaper
- God vegbane/jevn underlag ved lasting
- Fartstilpasning
- Jobbrotasjon ved langvarige belastninger

Hånd/arm-vibrasjoner

Hånd- og armvibrasjoner er mekaniske vibrasjoner som overføres fra arbeidsutstyr til hånd og/eller arm og medfører risiko for skade på blodkar, skjelett, ledd, nerver eller muskler.

Vibrasjoner av hånd/arm utgjør risiko ved bruk av vibrerende arbeidsutstyr eller hvor deler av utstyret vibrerer (f.eks. styreenheter). Dette er aktuelt i de tilfeller det benyttes håndholdt utstyr som vibrerer (f.eks. boreutstyr).

Leverandører skal informere om vibrasjonsnivået for hvert verktøy. Nivået indikerer hvor lenge varigheten kan være for bruk av de enkelte verktøyene. Eksponering kan beregnes med en vibrasjonskalkulator. Belastning ved bruk av flere ulike verktøy må summeres opp

Tiltak

- Alternative arbeidsmetoder for å unngå bruk av vibrerende verktøy
- Bruk vibrasjonssvakt verktøy
- Pauser eller jobbrotasjon ved langvarige oppgaver
- Vibrasjonsdempende håndtak på verktøy
- Vedlikehold og service på verktøy
- Unngå kulde og fuktighet kombinert med vibrerende verktøy
- Variere mellom høyre og vestre hånd
- Unngå at håndleddet er helt utstruktet eller helt bøyd.
- Arbeid med verktøyet kroppsnært

3.2.4 Stråling

Tunnelarbeidere er utsatt for ioniserende stråling, blant annet fra sideberget. Dette skyldes forekomst av radioaktive grunnstoffer i bergartene, som bl.a. radon og radondøtre. Radon er en tung radioaktiv gass som finnes naturlig i alle berg- og jordarter. I Norge er det høye radonkonsentrasjoner, og radon er den nest viktigste årsaken til lungekreft og har således stor betydning for helsen.

Radonkonsentrasjonen er avhengig av:

- Bergart/sideberg (størst fra granittiske bergarter og skifre)
- Nedknusningsgrad av bergarter og mineraler (spesifikk overflate)
- Tilsig av radonholdig vann
- Ventilasjon

Tiltak

- God ventilasjon, særlig i groper/grøfter gjennom alle faser i byggingen.
- I bergrom uten ventilasjon f.eks. bak tunnelinnredning bør det utføres målinger av radoninnhold før personell går inn i rommet.

3.2.5 Belysning

God belysning skaper et tryggere og mer sikkert arbeidsmiljø. Ved planleggingen av belysning bør det ta hensyn til følgende faktorer:

- Tilstrekkelig arbeidslys, dvs. at belysningsstyrken på arbeidsstedet er stort nok for de arbeidsoppgavene som skal utføres (bruk av lux tabeller/ tilrådte verdier som funksjon av alder/ forventet slitasje og tilsmussing av lysarmatur)
- Overgangen fra lys til mørke
- Luminansfordeling (fordelingen av ulike flater/områders lyshet)
- Ansattes alder

Øyets evne til å regulere overgangen fra lys til mørke (også kalt adaptasjon) tar forholdsvis lang tid. For å forhindre at ulykker skjer, er det viktig å sette krav til belysningsforholdene slik at luminansforskjeller er minst mulig.

Under jord kan luminansforskjellene være store, og på bakstøff kan belysningen være noe utilstrekkelig. Ved arbeidsoppgaver som krever mye bevegelse ut/inn av tunnelen, kan tunnelarbeiderne bli utsatt for fysiologisk og psykologisk blinding. Disse faktorene kan virke trettende og påvirker derfor de ansattes reaksjonstid og prestasjoner.

Sikten i tunnelen kan også reduseres av vanndamp og partikler. Siktreduksjonen er en funksjon av lysabsorpsjon og lysspredning, som er påvirket av partiklenes størrelse og struktur. Under jord er det bedre sikt vinterstid enn sommerstid fordi varm inngående luft gir mer vanndamp i bergrommet enn kald inngående luft.

Tiltak for bedre belysning:

- God belysning på alle faste arbeidsområder.
- God belysning på alle arbeidsmaskiner og transportenheter, også ryggelys
- Arbeidsmaskiner og utstyr bør være utstyrt med godt lys for å sikre at sporadiske arbeidsområder er tilstrekkelig opplyst.

Statens vegvesen krever lyskilder med 800 lumen plassert med 10 m innbyrdes avstand i hele tunnallengde og gjennom alle faser i byggingen.

3.3 Ergonomi

I blant annet innredningsfasen på samferdselsprosjekter utføres monteringsarbeid som krever mange gjentakende arbeidsoperasjoner, ofte med hendene hevet, eller langt fra kroppen. Arbeidet utføres vanligvis fra en arbeidsplattform, med begrenset mulighet for å variere arbeidsstilling og bevegelsesmønster. Slike arbeidsoperasjoner kan gi økt belastning på muskler og sener. Særlig utsatt er hender, arm, skulder og nakke, og senebetennelse kan bli resultatet.

Dersom arbeidet utføres med albue over skuldernivå øker belastningen betydelig. Ofte medføre arbeid med hendene hevet, at hodet bikkes bakover slik at musklene i nakken blir stramme. Senebetennelse i skuldre og plager med nakke og hodepine kan bli resultatet.

Vær oppmerksom på at tungt arbeid som utføres i forurensende miljø kan også medføre økt opptak av kjemiske stoffer via luftveiene. Åndedrettsvern med frisklufttilførsel kan i noen situasjoner derfor være nødvendig.

Tiltak

- Legg til rette for jobbrotasjon, særlig ved lange arbeidsperioder
- Sett av tilstrekkelig tid til å utføre arbeidet
- Tilpass arbeidsplattformen slik at høyden til montasjearbeidet blir minst mulig
- Unngå langvarig arbeide med armene langt ut fra kroppen
- Velg verktøy som er lettest mulig
- La montasjearbeideren delta i planleggingen av arbeidet.
- Korte avbrekk fra arbeid med albue over skulderhøyde gir stor positiv effekt
- Forsøk å variere arbeidsstillingen

4. Tunnelarbeid, risikoforhold og tiltak

Dette kapittelet omhandler de enkelte hovedaktiviteter i forbindelse med tunnelarbeid, og beskriver utfordringer og tiltak for hver enkelt aktivitet.

4.1 Arbeider foran stuff

Arbeid foran stuff er prosesser som utføres for å gjennomføre undersøkelser av berget foran stuff, eller for å tette og/eller forsterke berget foran stuff.

4.1.1 Langhullsboring fra stuff

Kjerneboring for å undersøke bergkvaliteten foran stuff gjennomføres i tilfeller der det er behov for nærmere avklaring av bergkvalitet eller spenningsforhold. Kjerneboring utføres vanligvis med små dieseldrevne borerigger, som krever ventilasjon. Ventilasjonsbehovet er vanligvis vesentlig mindre enn ved den øvrige tunneldriften, og ventilasjonen bør tilpasses behovet, slik at unødig trekk unngås. Håndtering av borstenger og utborede kjerner er tungt arbeide. Det bør etableres et riggområde ved boreriggen som sikrer gode faringsveger og reduserer risikoen for unødig belastning ved håndtering av stenger.

Ved langhullsboring med bruk av tunnelrigg for sonder- eller injeksjonsboring må det monteres inn og ut stenger i borstrengen. Dette arbeidet er tungt og krever opphold inne i faresonen til boreriggen, nær bormaskiner som er i drift. Det bør derfor søkes benyttet utstyr for å automatisere prosessen med skifte av borstenger. Arbeidsoppgaven er utsatt for høyt støynivå fra bormaskiner, sprut fra spyle- og lekkasjevann og oljetåke fra nakkesmøringen på bormaskinene.

Tiltak

- Mekanisk stanghåndtering
- Hørselvern med høyeste demping, gjerne kombinert med øreplugger
- Unngå opphold nær bormaskiner i drift
- Åndedrettsvern ved opphold nær bormaskiner i drift
- Vernebriller
- Vedlikehold av bormaskiner og trykkluftbasert smøring

4.1.2 Injisering

Forinjeksjon er normal tettemetode under tunneldriving. For arbeidstakere som utfører injisering under jord, er det fare for eksponering fra injeksjonsmidler ved håndtering av injeksjonsmidler, samt ved bruk, renhold, vedlikehold og reparasjoner av arbeidsutstyret. Helsefaren ved eksponering er størst under påfylling av sement, ved blanding og ved pumping av kjemikaliene. Både injeksjonssement, ferdig blandet injeksjonsmasse og resirkulert tunnelvann er sterkt basisk (pH 11-14). Kjemikaliene som benyttes kan være allergifremkallende, med fare for utvikling av astma og allergi, særlig ved lang tids påvirkning.

Som følge av at injeksjonsvæske pumpes med trykk opp til 100bar, er det også fare for sprut av injeksjonsvæske med høyt trykk.

Tiltak mot eksponering:

- Hindre eksponering gjennom sikker håndtering av kjemikalier, gode arbeidsrutiner, tiltak på stedet som f.eks. tilpasset ventilasjon/avsug
- Unngå øye- og hudkontakt ved å benytte vernebriller, åndedrettsvern og hansker
- Leveranse av sement i bulk reduserer risikoen for sementstøv ved fylling
- Sikker håndtering av injeksjonsutstyr krever opplæring på injeksjonsutstyret
- Bruke informasjonen i sikkerhetsdatablad for kjemikalier som benyttes, herunder også rengjøringsmidler

Se også NFF håndbok nr 06, 2010: Praktisk berginjeksjon ved underjordsanlegg



Bilde 1: Påfylling av sement i storsekk på injeksjonsrigg. Foto: Veidekke

4.2 Arbeid på stoff

På stoff utføres salve- og bolteboring, lading, sprenging, lasting, mekanisk og maskinell rensk, bolting og sprøyting. Enkelte av disse arbeidsoperasjonene utvikler store mengder støv og støynivået er generelt høyt. Arbeidet utgjør stor sikkerhets- og helserisiko som krever vurdering av bergartenes mineralsammensetning, risikoforhold, sikkerhetstiltak, gode rutiner og løpende overvåking.

4.2.1 Boring og lading

Ved boring for bolter og tunnelsalver er faktorer som påvirker arbeidsmiljøet hovedsakelig støy og eventuelt oljetåke fra lekkasjer på hydraulikksystem eller fra nakkesmøring. (Se under avsnitt 3.1.4 om oljetåke). Undersøkelser STAMI har utført i 2012 viser at eksponering for oljetåke kan være stor på stoff fra nakkeolje på borerigg, dersom vedlikeholdsrutiner ikke fungerer tilfredsstillende.

Lading av salven foregår normalt etter at boring på stuff er avsluttet og maskiner er stanset. Bruk av emulsjonssprengstoff dominerer i dag ved underjordsanlegg. Sprengstoffet pumpes gjennom ladeslanger på boreriggen og inn i salvehullene. Emulsjonssprengstoff er etsende og det er viktig at alle involverte er kjent med informasjonen om stoffet i sikkerhetsdatabladet.

En liten andel av sprengstoffet som benyttes (ofte under 1%) inneholder nitroglyserin og nitroglykol. Disse stoffene kan tas opp gjennom huden ved arbeid med patronerte sprengstoffer, og gi hodepine.

Tiltak

- Ventilasjon med tilpasset kapasitet
- Hørselvern med høy demping
- Unngå unødig opphold nær bormaskiner i drift
- Vernebriller må benyttes ved lading av emulsjonssprengstoff
- Øyeskyllemiddel bør være lett tilgjengelig i tilfelle sprut på øyne
- Hansker benyttes ved ladearbeidet
- Vedlikehold av maskiner og utstyr

4.2.2 Sjaktdrift med stigortheis

Ved kontroll av arbeidsmiljø er de høyeste nivåer av oljetåke og støv målt under sjaktdriving med stigortheis (Alimak). Det ble målt opptil 15 mg/m^3 oljetåke under boring (tiltaksverdi 1 mg/m^3) og svært høyt støvinnhold. Denne metode anses ut fra dette lite akseptabel å benytte ved sjaktdriving, blant annet fordi det ikke er mulig å gi operatør tilstrekkelig beskyttelse mot eksponering gjennom egnet verneutstyr. Metoden er i tillegg meget fysisk belastende for operatør, og utgjør også en betydelig sikkerhetsrisiko. En samlet vurdering av metoden tilsier at det i størst mulig grad bør legges til rette for andre metoder for sjaktdrift. Arbeidsgiver (og byggherre) må således vurdere arbeidstakeres samlede belastning, ikke bare den enkelte arbeidsmiljøfaktor ved valg av arbeidsmetoder og arbeidsutstyr.

Tiltak

- Benytte en annen drivemetode for sjaktdriving
- Vedlikehold av trykkluftsutstyret
- Åndedrettsvern
- Støvdemping

4.2.3 Sprengning

Ved salvesprengning dannes store mengder gass og støv. Hvis innhold av kvarts er høyt i en bergart, er det større risiko fordi at kvartsstøv er særlig aggressivt når det frigjøres ved mekanisk bearbeiding, som ved sprengning og knusing.

Ingeniørgeologiske rapporter beskriver ofte bergartssammensetninger i underjordsprosjekter. Kvartsinnholdet i de ulike bergartene er kjent, men store variasjoner kan forekomme innenfor hver bergartstype og i tillegg kan det være høye kvartskonsentrasjoner i gangbergarter som er vanskelige å kartlegge nøyaktig. Ingeniørgeologisk rapport bør benyttes til å legge fram estimater på kvartsinnhold i bergmassene som skal sprenges. Eventuelt tiltak for håndtering av støv bør framkomme i beskrivende tekst.



Bilde 2: Vannspyling på røys. Foto: Veidekke

Innføringen av emulsjonssprengstoff under jord har bedret arbeidsmiljøet i tunneler betydelig. Konsentrasjoner av nitrose gasser har blitt vesentlig lavere.

Gass og støvmengde varierer betydelig avhengig av salveplanen og detonasjonen av sprengstoffet.

Effektiv vanning av sprengsteinen for støvdemping, vil redusere støvmengden betydelig og faren for kjemisk eksponering begrenses tilsvarende. For å oppnå effektiv støvdemping ved tilførsel av vann, viser erfaring at røysa bør tilføres en vannmengde som tilsvarer minimum 1% av salvevolumet.

Effektiv ventilering med stort luftvolum fram til stuff vil også bidra til å redusere eksponeringen. Dersom emulsjonssprengstoff erstattes av andre typer sprengstoff, som f.eks. ANFO eller Nitroglycolholdige, vil de skadelige sprenggassene øke i omfang og utgjøre en betydelig større negativ faktor for arbeidsmiljøet.

Tiltak

- Ventilasjon med stor volumstrøm og ventilasjonsduk ført fram til stuff.
- Kontroll av luftmengde, vedlikehold av ventilasjonsduk
- Vannspyling på røys med stor vannmengde
- Optimalisering av bore-, lade- og tennplan
- Unngå unødig opphold i skyteproppen.
- Åndedrettsvern ved opphold i skyteproppen.
- Tette hytter på kjøretøy og maskiner som befinner seg i proppen.

4.2.4 Lasting og transport

Under lasting av tunnelsalver frigjøres mye støv, og vanddemping på røys er et viktig tiltak for å redusere støvspreddning. Dette må skje løpende og inngå i faste rutiner. Valg av riktige maskiner, vedlikehold og gode arbeidsrutiner er også viktig for å begrense eksponering under lastingen. Transportkjøretøy som frakter stein fra stuff utsettes for sprenggasser og støv i lengre perioder. Førers eksponering ved kjøring gjennom skyteproppen er imidlertid avhengig av kjøretøyets tilstand og rutiner i forbindelse med transporten. Fører må få informasjon om faktorene som påvirker arbeidsmiljøet. Erfaring har vist at mangelfull kjennskap til risikoen har ført til at eksponeringen for støv og gass har vært unødvendig høy for sjåfører. Kjøretøyene bidrar i seg selv til å virvle opp støv, så det er viktig at unødvendig opphold av andre i forurensede soner begrenses. Støvdempende tiltak på vegbane bør om nødvendig gjennomføres.

Innføringen av diesel med lavt svovelinnhold, og strenge krav til motorteknologi, har gitt mindre fare forbundet med diesel, men transporten bidrar fortsatt til forurensning av tunnelatmosfæren med dieseleksos (gass og sot).

Lasting av tunnelsalver kan være en svært energikrevende oppgave, som gir store belastninger på maskiner og personell. Lastemaskinen bør derfor være utstyrt med godt støtdempet sete.

Tiltak

- Ventilasjon med tilstrekkelig kapasitet
- Vannspyling av tunnelrøys for demping av støv
- Utstyr med moderne motorteknologi og drivstoff av høy kvalitet
- Elektrisk drevet utstyr
- Vinduer holdes lukket, og inntak av luft lukkes ved transport gjennom proppen.
- Kontroll av gassnivå i førerhytte
- Service- og vedlikeholdsrutiner, som hyppig rengjøring og skifte av luftfiltre
- God vegbane / jevnt underlag og effektive kjørerutiner
- Støtdempet fører sete

Vi viser også til NFF's tekniske rapport nr 7 Dieseldrift under jord.



Bilde 3: Lasting på stoff uten støvdannelse. Foto: AF Gruppen

4.2.5 Rensk, maskinell og manuell

Maskinell rensk med pigghammer medfører produksjon av støv, høyt støynivå, samt vibrasjoner (støt). Pigghammer bør utstyres med vannspyling for å dempe støvet. Førerplassen bør tilpasses ergonomisk med f.eks. justerbar hytte, slik at belastning på nakke og skuldre minimeres. Maskinell rensk produserer støv og innebærer fare for nedfall av blokk og sprut fra knust berg. Førerplassen må beskyttes mot støv, støv og steinsprang.

Tiltak

- Godt lys på renskemaskin
- Tett og støydempet hytte
- Tiltbar hytte
- Hørselvern, vernebriller og støvmaske ved opphold nær renskemaskin

Manuell rensk i høyden utføres vanligvis fra arbeidsplattform montert på hjullaster, eller fra godkjent personløfter. Manuell rensk bør utføres med to personer i arbeidsplattformen, og utgjør i de fleste tilfeller et supplement til maskinell rensk. Erfaring og kjennskap til bergets egenskaper er nødvendig for å kunne utføre arbeidet sikkert. Det må være tilstrekkelig belysning for å kunne utføre arbeidet på en sikker måte. Sprut fra renskespett kan forekomme og krever bruk av vernebriller. Ved langvarig rensk vil det være anstrengende for maskinføreren å holde øye med personellet i korga. Bruk av internkommunikasjon i hørselvernet kan da være et godt hjelpemiddel for å avlaste maskinføreren.

Dersom bergforholdene er uoversiktlige og dårlige, slik at manuell rensk kan gi nedfall på personell, skal manuell rensk avsluttes.

Tiltak

- Godt lys
- Begrenset støy for å kunne vurdere lydsignalene fra berget
- Intercom ved langvarig bæring av korg

4.2.6 Bolting

Ved bolting kan arbeidstakere eksponeres for en del kjemikalier og sementmørtel for liming eller gysing av bolter.

Kortidsmålinger av partikulære forurensninger ved blanding av sement for gysing av bolter og forinjisering, har vist høye verdier. Stedet hvor slik blanding foregår må derfor være særskilt godt ventilert for å redusere innånding av støv. Blandekar bør plasseres slik at sementstøv driver bort fra personell. Hudkontakt av irriterende sementstøv unngås ved bruk av egnede hansker og arbeidstøy.



Bilde 4: Bolting av heng. Foto: AF Gruppen

Tiltak

- Avsug fra blander eller plassering slik at støv driver bort fra personell
- Åndedrettsvern ved blanding av sement
- Vernebriller
- Hansker

4.2.7 Sprøytebetong

Sprøytebetong i tunnel benyttes til stabilitetssikring på og bak stuff, og til brannbeskyttelse av PE-skum i innredningsarbeidet. Ved betongsprøyting kan eksponeringen for aerosol bli stor og støynivået høyt, avhengig av hvilke typer utstyr og materialer som benyttes og rutine ved utførelse av arbeidet. I tillegg har målinger vist høye verdier av aerosoler ved påsprøyting av olje for å beskytte maskiner og utstyr mot betongsøl.

Sprøytebetong kan utføres både som våtsprøyting og tørrsprøyting. Våtsprøyting er metoden som brukes i alle tunneler og bergrom der en kommer til med sprøyterigg. Tørrsprøyting brukes i sjakter og der hvor det er vanskelig å komme til med større utstyr. Ved tørrsprøyting blandes vått og tørt sammen på sprøytestedet, derfor støver det mer av tørrsprøyting.

For både våt- og tørrsprøyting gjelder at sprøytebetongen tilsettes akselerator i sprøytespissen, altså under sprøyting. Ved inngangen til sprøytespissen tilsettes også trykkluft for å gi betongen fart til å bli en stråle som kan styres mot vegger og heng. Trykklufta gjør at lufta blir full av betongstøv og forstøvet akselerator. Det bør derfor benyttes vernebriller, støvmaske og hansker ved sprøyting. Enkelte sprøyteroboter er utstyrt med førerhytte. Slik hytte vil gi bedre arbeidsmiljø for operatøren, men kan utgjøre et sikkerhetsproblem ved eventuelt nedfall fra tunneltaket. Mange operatører foretrekker derfor sprøyteroboter uten førerhytte.

Akseleratorer som brukes i dag er stort sett av typen alkalifri, med pH-verdi i området 1,5-3, altså syre. Fram til siste halvdel av 1990 var alkalisk akselerator basert på Na-silikat (kjent som vannglass) enerådende. Vannglass har pH ca. 11,5, og er altså sterkt basisk. Helsefaren for begge typer er at de er etsende på hud, øyne og slimhinner. Dråper på øyet kan medføre varig skade. Ved påfylling og annen håndtering av akselerator bør en derfor bruke briller og hansker.

PP mikrofiber benyttes som tilsetning til betongen ved brannsikring, og er så finfibret (18 mikrometer tykk, 6 mm lang) at motorfiltre tettes etter få timer i tunnel. Innånding av forstøvet mikrofiber kan utgjøre helserisiko.

Tiltak for godt arbeidsmiljø ved betongsprøyting:

- Våtsprøyting
- Tett sprøytekabin (her må man være obs på andre farer som faren for ras på bom, og redusert oversikt fra hytta)
- Benytte åndedrettsvern, ansiktsvern og hudvern ved arbeid med eller i nærheten av betongsprøyting.
- Rutiner for forsvarlig håndtering av kjemikalier
- Unngå unødig opphold av personer i forurenset atmosfære (under og like etter sprøyting)
- Fjernstyring av riggen ved sprøyting



5: Sprøyterobot betjent med fjernstyring. Foto: AF Gruppen

4.3 Bakstuffarbeid

Ved arbeid bak stuff er arbeidstakerne spesielt eksponert for støv, gass og røyk da forurenset luft fra stuff passerer bakover mot tunnelåpningen. Nivået av ulike gasser reduseres raskere enn partikulære forurensninger, men gjentatte og nye kilder til dannelsen av forurensninger, spredning av disse, og oppvirvling av støv som har sedimentert, kan sammen bidra til kontinuerlig forurensning av lufta. NO_2 fra dieselkjøretøy akkumuleres blant annet bakover fra stuff. Langsiktige effekter av slik eksponering over tid er ikke kjent, men blant tunnelarbeidere er det generelt påvist risiko for å utvikle kols. Arbeidet bak stuff utføres ofte i dårlig opplyste områder, med liten luftgjennomstrømning og arbeidsoperasjonene kan være fysisk tunge. Lager og verksteder som plasseres inne i tunnel må ha tilstrekkelig ventilasjon til at forurenset luft fra tunnelen ikke trenger inn. Generelt vil utstyr og materiell være tilslammet fra transport og avgi mye støv ved behandling.

Tiltak for godt arbeidsmiljø ved bakstufarbeid:

- Vannspyling av røys
- God ventilasjon for effektiv utlufting av gasser også i lagerområder
- God opplyst i lagerområder
- Del på tunge arbeidsoperasjoner
- Om mulig unngå ferdsel i tunnel når steintransport pågår
- Vannspyling ved eventuell boring i berg
- Renhold av maskiner og utstyr
- Sveising bør i størst mulig grad utføres utenfor tunnelen, alternativt i godt ventilert område av tunnelen
- Unngå tomgangskjøring
- Beskytte lager mot tilslamming

Sveiserøyk

Sveising er ikke en aktivitet typisk for tunneldrift, men den kan forekomme, spesielt i tilfelle hvor mindre skader på arbeidsutstyr og annet utstyr eller innredninger blir reparert. Sveising kan forurense både i form av gass, støv og røyk. Sveiserøyk er dannet ved kondensasjon fra en varm prosess og er består derfor vesentlig av kulerunde submikron partikler (partikler under 1 µm), og aerosolen er således respirabel. Det stilles særlige krav til ventilasjon av områder som benyttes til sveising.

Se Arbeidstilsynets brosjyre med bestillingsnr 581, arbeidsplassforskriftens §7-1 til §7-3 og <http://www.arbeidstilsynet.no/artikkel.html?tid=79455>

Arbeid under jord med varmt arbeid som skjærebrenning og sveising kan kun utføres etter en vurdering av faren for brann og eksponering for forurensninger. Slikt arbeid skal være underlagt særskilte tiltak for vern av arbeidstakernes sikkerhet og helse, og forurensningene som dannes under sveising skal fjernes i henhold til Arbeidsplassforskriftens §7-1 til §7-3. Det betyr at det må tilrettelegges spesielt i forhold til slikt arbeid. Vær spesielt klar over av sveising av krom og nikkelholdig syrefast stål avgir kreftfremkallende aerosoler.

Tiltak

- God ventilasjon av området der sveising pågår
- Forurenset luft må ikke passere andre arbeidsområder
- Egen risikovurdering ved langvarige varme arbeider
- Sveisebriller eller maske
- Åndedrettsvern
- Brannvern

4.4 Innredningsarbeid

Innredningsarbeider omfatter i denne forbindelse grunnarbeider i tunnel, innredningsarbeider for vann- og frostsikring, støp av rekkverk/bankett og asfaltarbeider. Det er utført få analyser av arbeidsmiljøet ved gjennomføring av innredningsarbeider. Håndboken kan av den grunn bare komme med anbefalinger til tiltak for godt arbeidsmiljø, basert på enkelte målinger og vurderinger knyttet til dem. En stor utfordring ved innredningsarbeider i samferdselsprosjekter er den korte byggetiden og behov for å gjennomføre mange samtidige (parallelle) aktiviteter. Det vil ofte være vanskelig å styre ventilasjonen etter gjennomslag i tunnelen, siden værforholdene på utsiden av tunnelen i stor grad bestemmer ventilasjonsretningen gjennom tunnelen.



Bilde 6: Støp av rekkverk. Foto: AF Gruppen

4.4.1 Grøftearbeid og vegbygging

Arbeidet består ofte av boring og sprengning for grøft og eller kummer. Sprenggasser og støv må evakueres fra arbeidsområdene før videre arbeid kan igangsettes. Korte tidsfrister fører til at innredningsarbeid organiseres med arbeid på flere angrepspunkt samtidig. Gasser og støv fra et arbeidssted ledes da videre med ventilasjonen til andre arbeidslag. Det er derfor svært viktig med god ventilasjon ved mange samtidige aktiviteter. Det kan også være behov for seksjonering av arbeidsområder slik at forurenset luft ikke trenger inn på et annet arbeidsområde. Slik seksjonering kan oppnås ved å bygge luftsperrer i form av midlertidige vegger. Lokal ventilasjon ved bruk av mobile vifter kan sammen med seksjonering av tunnelen gi god effekt. Arbeide i grøfter kan gi eksponering for tunge gasser, f.eks. radongass. I områder med kjent forekomst av radongass bør målinger gjennomføres underveis i grøftearbeidet, dersom det ved ventilasjon ikke oppnås god utskifting av luft i grøften.

Også utlegging av kvalitetsmasser og materialer som benyttes til bl.a. drenering, vegoppbygning og frostsikring har betydning i forhold til støvutvikling og eventuell fare for støveksponering. Kvalitetsmasser til vegbygging kan ha høyt kvartsinnhold og i tunneler med lite vannlekkasje kan god ventilasjon føre til uttørring av masser og støvdannelse ved transport. Tilsetting av vann kan være nødvendig for å dempe støvdannelsen. Tidlig montasje av vifter med stor leveransekapasitet anbefales i vegprosjekter.

Tiltak

- Legge til rette for tidlig montasje av vifter i vegtunneler
- Lengre byggetid for å unngå mange samtidige arbeidsoperasjoner
- Lokal ventilasjon ved mobile vifter
- Seksjonering av arbeidsområder med bruk av luftsperrer
- Bruk av forskjøvet arbeidstid for å hindre at de mest forurensende aktiviteter forurenses for andre aktiviteter
- Støvbinding av vegbane
- Sprengning av grøfter bør i størst mulig grad utføres på stoff
- Avstand mellom aktiviteter som går parallelt

4.4.2 Vann- og frostsikring, betongelementer og brannsikring

Til vann- og frostsikring av tunneler benyttes ulike materialer og elementer. Til inntransport, intern transport og montasje av elementer benyttes ulike maskiner og lifter. Dette utstyret er ofte dieseldrevet med industrimotorer med gammel motorteknologi som ikke er tilpasset arbeid i tunnel. Avgasser fra montasjearbeid krever dermed god ventilasjon. Også her vil samtidige arbeidsoperasjoner være utfordrende med tanke på at andre arbeidslag blir utsatt for forurensningen fra montasjearbeidet. PE-skum er et vanlig benyttet materiale for vann- og frostsikring. PE-skum monteres til tunneltaket med bolter, men må dekkes med sprøytebetong for å gjøre konstruksjonen brannsikker. Montasje av bolter, PE-skum og armeringsmatter utgjør et betydelig arbeide som i stor grad utføres med hendene over hodet. Det er viktig at ergonomiske forhold ivaretas for montasjearbeiderne (se kap 3.2 om tiltak).

Påføring av brannsikring i form av sprøytebetong med PP mikrofiber utgjør en betydelig støv- og fiberkilde. Arbeide med brannsikring bør derfor utføres til

egne tidsrom uten annen aktivitet i tunnelen. Plastmaterialer benyttes både i membraner, rør og kabler (PVC), og i isolasjonsmaterialer (PE- og PS-skum). Montasje i forhold til denne type materiale, samt av ferdige betongelementer, representerer i hovedsak ulykkesrisiko, og særlig i tilfelle brann. Det vises til **NFF's tekniske rapport nr. 04, Plastmaterialer i tunneler og bergrom.**

Ved normalt montasjearbeid av slike materialer er det liten risiko for kjemisk eksponering, men det må sikres at plastmaterialene ikke utsettes for varme i form av oppvarmet materiale, belysning, utstyr, mv.

Tiltak for godt arbeidsmiljø

- Byggetid som er tilpasset utfordringene for arbeidsmiljøet i innredningsfasen
- Tidlig montasje av ventilasjonsvifter
- Lokal ventilasjon med mobile vifter
- Forskjøvet arbeidstid, slik at de mest forurensende aktivitetene utføres til separate tider av døgnet
- Etablering av midlertidige vegger for å styre ventilasjon, seksjonering
- Overvåking av gasser og støv og aksjonsplaner ved overskridelser av tiltaksverdier
- Tiltak for bedret ergonomi er beskrevet i kapittel 3.2.6

4.4.3 Asfaltarbeid

Asfaltarbeidere kan eksponeres for støv, oljetåke, PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) og nitrogenoksider. En studie fra Statens arbeidsmiljøinstitutt har vist økt forekomst av yrkesrelatert kronisk obstruktiv lungesykdom (kols) hos asfaltarbeidere: <http://www.stami.no/okt-forekomst-av-yrkesrelatert-kols-hos-asfaltarbeidere>. Flere studier har rapportert om økt dødelighet hos asfaltarbeidere grunnet kols.



Bilde 7: Legging av asfalt. Foto: AF Gruppen

Eksponering for asfalterøyk vil være større i tunnelrom enn utendørs, og særskilte tiltak og rutiner er nødvendig ved asfaltering i tunnel.

Undersøkelser har vist at asfalt produsert ved 20 – 40 grader lavere temperatur, kan gi en reduksjon i asfalterøyk på over 70 %. Ellers er tilrettelagt ventilasjon nødvendig tiltak ved asfalt i tunnelatmosfære.

Tiltak

- Benytte asfalt produsert ved lavere temperatur.
- Gjennomføre asfaltarbeider i tidsrom uten samtidige aktiviteter i tunnelen
- Sikre god luftgjennomstrømning

4.4.4 Rehabilitering av tunneler med trafikk

Yrkeshygieniske undersøkelser ved rehabilitering av Freifjordtunnelen i Møre og Romsdal, samtidig som den var påsatt trafikk, ble foretatt av Arbeidsmedisinsk avdeling ved St Olavs Hospital i Trondheim i 2009.

Undersøkelsen viste blant annet høy eksponering for kvarts fra tilsatsmateriale ved fjerning (oppfresing) av gammel asfalt. Målinger viste også at arbeidstakerne var utsatt for annet støv og gass i ulike deler av renoveringsarbeidet. I tillegg er ansatte utsatt for ulykkesrisiko, og flere typer belastninger samtidig som f.eks. tungt arbeid, lange skift, nattarbeid, støy, kjemisk forurensning, og korte tidsfrister i løpet av skiftene. Ferdige (spesielt korte) tunneler vil imidlertid ha bedre luftgjennomstrømning enn en tunnel under driving, men det er stor forskjell på hvor godt ventilert tunnelene er.

Hva tunnelrenoveringsarbeid typisk kan omfatte (eksempel fra renoveringen av Freifjordtunnelen):

- Trafikksikring
- Strossing av nisjer
- Sikring av berg
- Montering av midlertidig belysning og kommunikasjon
- Fjerning av deler av støpt sideareal
- Støping av nytt betongrekkverk (betongarbeider)
- Legging av nye trekkør og masse bak betongrekkverk
- Fjerning av gamle vifter
- Boring av hull og montering av bolter for vannsikring
- Montering av vannsikring
- Støping og innredning av tekniske bygg
- Montering av nye vifter, skilt, lys og elektrisk anlegg
- Fresing av asfalt og legging av ny asfalt

Ved renovering av tunneler må de ulike typer arbeid risikovurderes med hensyn til hvilken påvirkning de som utfører arbeidet utsettes for. I undersøkelsen til St. Olavs Hospital ble det foretatt målinger og vurdert eksponering ved mange av de arbeidene som ble utført.

Kvartseksponeringen ved fresing og legging av ny asfalt har vist å være særlig stor, og må overvåkes. Kvartsen stammer fra tilsatsmaterialet i asfalt. Det ble videre utført tørrboring som også viste høye eksponeringsverdier for støv. Tiltak må iverksettes ved slikt arbeid (ikke foreta tørrboring, foreta støvdemping, bl.a. ved manuell handtering av sement).

Målinger av dieselpartikler, oljetåke, oljedamp og PAH har vist lave verdier, det samme gjelder NO₂ og CO (med unntak av enkelte toppeksponeringer), men dette vil kunne variere fra sted til sted, avhengig av forholdene på arbeidsplassen og hvilke tiltak som iverksettes.

Arbeidstakerne har flere belastninger ved tunnelrenovering enn ved tunneldriving. Dette tilsier større behov for vurderinger av den totale belastningen for disse arbeidstakerne, og flere tiltak i forhold til alle de risikoforhold de er utsatt for.

5. Systematisk yrkeshygienisk arbeid

5.1 Kartlegging av arbeidsmiljøfaktorer

Kartlegging av arbeidsmiljøet er nødvendig for å sikre helse og arbeidsmiljø. Målinger gir ikke alene grunnlag for en absolutt fullstendig vurdering av alle forhold knyttet til arbeidsmiljøets kvalitet. Arbeidsmiljøet er for sammensatt og komplisert til at et entydig svar på potensiell risiko kan gis gjennom målinger. Målinger er imidlertid et hjelpemiddel for å identifisere, vurdere, forebygge ved tiltak, og overvåke helseskadelige arbeidsmiljøfaktorer. Gjennom målinger kartlegges type og nivå av forurensningene ved tunnelarbeid.

Metoder for kartlegging og målinger som benyttes i dag er beskrevet i **Arbeidstilsynets brosjyre «Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske stoffer og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren» (bestillingsnr. 450)**. Denne beskriver de viktigste prinsipper for kartlegging, målinger og vurdering av risiko forbundet med kjemiske og biologiske påvirkninger i arbeidsmiljøet, og er basert på en rekke internasjonale standarder.

Målinger må utføres av personell med yrkeshygienisk kompetanse som blant annet skal finnes i bedriftshelsetjenesten. Dette fordi prøvetaking er underlagt en del usikkerhet med fare for feil målinger, resultater og tolkninger. Prosessen må av den grunn kvalitetssikres av kyndig personell. Se vedlegg 1 for oversikt over de målemetoder som normalt benyttes. Resultater av målinger bør kunne danne grunnlag for vurderinger og planlegging av nye prosjekter.

Risikovurderinger skal dokumenteres. Dokumentasjonen skal vise at forholdene er vurdert, resultat av vurderingene og eventuelle tiltak.

5.2 Risikovurdering

Krav til risikovurdering av kjemiske, biologiske og fysiske arbeidsmiljøfaktorer er fastsatt i arbeidsmiljølovgivningen, nærmere bestemt i **Arbeidstilsynets forskrift om utførelse av arbeid** kapittel 3 (kjemiske faktorer), 14 (støy og vibrasjoner) og i 15 og 16 (ulike former for stråling).

Risiko bestemmes gjennom vurdering av konsekvenser av en påvirkning, og sannsynligheten for at konsekvensene skal skje. Kombinasjon av alvorlighetsgrad av konsekvenser, og sannsynligheten for de ulike konsekvenser, avgjør risikoen.

Felles for eksponering for kjemikalier og forurensninger, og fysiske faktorer som støy, vibrasjoner og stråling er at virkningene av disse må kartlegges og vurderes.

I tunnelprosjekter har alle aktører ansvar for (og verneombud for å bidra i) gjennomføring av kartlegging, risikovurdering og tiltak:

a) Byggherrens SHA-plan

Byggherrens SHA-plan skal baseres på kartlegging og vurdering av alle risikofaktorer som kan forekomme ved tunnelarbeid. Byggherre skal særlig risikovurdere følgende ut fra kravet om tiltak i **byggherreforskriften** §8 tredje ledd, bokstav c, og punkt 13 - 16):

- Arbeid som innebærer fare for helseskadelig eksponering for støv, gass, støy eller vibrasjoner
- Arbeid som utsetter personer for kjemiske eller biologiske stoffer som kan medføre en belastning for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø, eller som innebærer et lov- eller forskriftsfestet krav til helsekontroll
- Arbeid med ioniserende stråling som krever at det utpekes kontrollerte eller overvåkede soner
- Arbeid som innebærer brann- og eksplosjonsfare.

Forholdene på arbeidsplassen skal også vurderes, f.eks. orden og hygiene og behov for tiltak i forhold til dette.

De risikoforholdene som avdekkes under planlegging og prosjektering skal også innarbeides i konkurransegrunnlaget (jf. byggherreforskriftens § 5 andre ledd bokstav b og § 6 om risikoforhold). Dette innebærer at alle risikoforhold som entreprenører må følge opp i hvert prosjekt skal være kartlagt.

Byggherren skal i henhold til Byggherreforskriften, § 8 andre ledd, også sørge for å oppdatere SHA-planen fortløpende dersom det oppstår endringer som har betydning for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø. Dette betyr at arbeidsmiljøforhold både med hensyn til sikkerhet og helse skal vurderes løpende med hensyn til farer og risiko, og de skal beskrives konkret i planen.

Byggherren må eksempelvis foreta de nødvendige undersøkelser av geologiske forhold som har betydning for påvirkningen og risikoforholdene (jf. bl.a. forskrift om utførelse av arbeid §27-1 om forundersøkelse ved bergarbeid). På grunnlag av disse foretas vurdering av f.eks. faren for kvartseksponering, noe som må beskrives i SHA-planen og dokumentasjonen denne bygger på.

En SHA - plan skal alltid være basert på en kartlegging og risikovurdering av forholdene i det enkelte prosjekt. Risikovurderingen skal være spesifikk for de aktuelle forhold på stedet hvor utbyggingen skjer, og det må synliggjøres at lokale forhold er vurdert, f.eks. geologien. Alle krav om tiltak i planen skal være begrunnet ut fra reelle farer og risikoforhold som er kjent på forhånd, og de som oppstår i den løpende drift og oppfølging. Dette krever at byggherre løpende er i dialog med entreprenør.

b) Arbeidsgivers risikovurdering av arbeidsmiljø

Arbeidsgiver skal løpende foreta risikovurdering av arbeidsmiljøet til sine arbeidstakere. Det er et gjennomgående krav om at enhver arbeidsgiver (entreprenør) skal gjennomføre risikovurdering basert på kartlegging av arbeidsmiljøfaktorene deres ansatte utsettes for i arbeidet (se forskrift om organisering, ledelse og medvirkning § 7-1).

Arbeidsgiver må også ta utgangspunkt i byggherrens risikovurderinger og SHA-planens beskrivelse av (krav om) tiltak som skal gjennomføres, og må løpende melde fra om forhold som endres under drift og som innvirker på risikoen. I tillegg må entreprenør foreta selvstendige kartlegginger og vurderinger av risiko ut fra sin praksis, sitt utstyr, sine rutiner og sine faktiske måter å arbeide på.

5.2.1 Vurdering av virkning av ulike kjemiske og fysiske arbeidsmiljøfaktorer

Nedenfor beskrives hvilke forhold som særlig må vurderes i en risikovurdering av kjemiske og fysiske arbeidsmiljøforhold.

Kjemikalier og forurensninger

Virkning av kjemikaliene bestemmes av de kjemiske (og eventuelt fysiske) iboende egenskaper de har. Opplysninger om dette framgår av sikkerhetsdatablad

og annen litteratur om stoffer og produkter som brukes eller avgis i forurensende prosesser. For å kunne vurdere virkningen av kjemikalier, må derfor databladene i stoffkartoteket brukes som kilde i risikovurderinger.

Bedriftshelsetjenesten skal også bidra med ytterligere opplysninger og må ofte bistå i risikovurderingene fordi det kreves spesiell kunnskap å vurdere opplysningene på databladene, og eventuell effekt ved påvirkning av flere stoffer samtidig.

I tabellene i håndboken er beskrevet ulike effekter av de ulike typer forurensninger, se for eksempel tabell 3 og 4 om farene med kjemiske faktorer, og de ulike avsnitt om de enkelte forurensningene, gasser og damper, støv og røyk.

Støy, vibrasjon og fysiske faktorer

Virkninger av støy og vibrasjoner bestemmes gjennom undersøkelse av mulige effekter av arbeidstakernes eksponering for disse faktorene. I avsnitt 3.2.2 og 3.2.3 beskrives farene med påvirkning og virkning av støy og vibrasjoner.

I forskriften kreves at følgende virkninger undersøkes:

- Virkningen/konsekvensen av eksponeringen av den enkelte faktor
- Virkning på helsen og sikkerheten til arbeidstakere som er særlig utsatt for risiko
- Enhver virkning på arbeidstakernes helse og sikkerhet som skyldes samvirkning mellom støy og kjemiske stoffer og mellom støy og vibrasjoner i arbeidet
- Støyens virkning på muligheten til å oppfatte varselsignaler eller andre lyder som må kunne høres for å redusere risiko for ulykker
- Vibrasjoner - indirekte virkninger på arbeidstakernes helse og sikkerhet som skyldes vekselvirkninger mellom vibrasjoner og arbeidsstedet eller arbeidsutstyret

Virkninger av stråling

Det er ulik virkning av ulike typer stråling, og i stor grad er konsekvensene av disse kjente, selv om det kan mangle opplysninger om sammenheng mellom eksponering og helseeffekter. Kapittel 3.2.4 beskriver skadene av stråling, se særlig farene med radon.

Ulike faktorer påvirker sannsynligheten for at konsekvensene av de kjemiske og fysiske arbeidsmiljøfaktorene og deres virkning skal skje. Disse er viktigere enn den alminnelige kunnskap om hvilke effekter (konsekvenser) de ulike påvirkningene kan ha.

Virkninger av klimaforhold

Det må vurderes i hvert prosjekt om det kan være uheldige konsekvenser av spesielle klimaforhold. Se beskrivelse i kapittel 3.2.1. Hvilke krav som skal stilles til klimaforhold (akseptkriterier) må beskrives i byggherres SHA-plan og arbeidsgivers HMS-plan. Se veiledende normer i **Arbeidstilsynets veiledning om klima på arbeidsplassen (bestillingsnummer 444)**.

5.2.2 Vurdering av sannsynlighet for ulike effekter av eksponering

Det er svært viktig å vurdere hva som i størst grad påvirker faren for skader, sykdom og helseplager (effekter/ konsekvenser) på arbeidstakernes helse og sikkerhet. Det er f.eks. vel kjent at den menneskelige faktor, dvs hva arbeidstakere gjør (hvordan de planlegger og utfører arbeidet, handterer og bruker utstyret, følger rutiner) har særlig stor betydning for risikoen.

Nedenfor listes opp forhold som er viktig å vurdere i forhold til de enkelte miljøfaktorene. Dette både ut fra hva som er kravene i forskrift, men også ut fra viktig yrkeshygienisk kunnskap om risikovurderinger.

Punktene angir hvilke forhold som påvirker sannsynligheten for de ulike konsekvenser som kan skje av kjemiske og fysiske belastninger ved bergarbeid. Dette er generelle forhold som også benyttes ellers i arbeidslivet.

Sentralt er imidlertid at disse vurderingene må gjøres på grunnlag av kartlegging av alle prosesser, situasjoner og arbeidsoperasjoner ved bergarbeid i tunneler hvor disse arbeidsmiljøfaktorene kan utgjøre et farepotensiale for ulike arbeidstakere og grupper.

Type påvirkninger

Det må avdekkes hvilke typer forurensninger (stoffer, fysiske faktorer) som vil forekomme i arbeidsmiljøet. Arbeidsgiver skal kartlegge og dokumentere forekomsten av kjemikalier, herunder støv med asbestfiber, og vurdere enhver risiko for arbeidstakernes helse og sikkerhet forbundet med disse. I en del tilfeller må det foretas målinger for å finne ut hvilke stoffer som finnes i lufta.

Men en første grunnleggende geologiske undersøkelser må imidlertid gjøres av byggherre, både for å kunne planlegge driften, vurdere sikkerheten, og vurdere faren for påvirkning av skadelige mineraler som eksempelvis kvartsstøv, og i sjeldnere tilfeller asbest.

Forskrift om utførelse av arbeid, § 27-1 om forundersøkelse (kartlegging), krever at geologiske, bergtekniske og andre forhold undersøkes før arbeidet påbegynnes, og i det omfang som er nødvendig for at arbeidet kan utføres på en sikker måte.

På grunnlag av resultatet av slik undersøkelse kan det (om mulig) vurderes om mineralstøvet kan medføre fare for påvirkning av helseskadelig støv. Et begrenset omfang av slike undersøkelser vil imidlertid ikke kunne kartlegge ethvert område under driving, og det er ikke i tilstrekkelig grad kartlagt sammenheng mellom resultat av geologiske undersøkelser og hva som påvises av støvsammensetning i arbeidsluft ved arbeidsmiljømålinger (selv om noen slike undersøkelser har vært foretatt).

Nivå av påvirkningene

Felles for de kjemiske og fysiske eksponeringer er at de normalt kan nivåbestemmes gjennom målinger. **Forskrift om utførelse av arbeid**, § 27-18, krever at mengden og konsentrasjonen av helsefarlige stoffer i luften vurderes ved bergarbeid.

Kjemikalier og forurensninger bestemmes gjennom målinger, enten ved å bestemme nivå av forurensningene på arbeidsplassen, eller nivå av personlig eksponering ut fra hvor mye arbeidstakerne eksponeres. Normalt er det arbeidstakers personlige eksponering som skal bestemmes, og personlige målinger bør derfor tilstrebes.

Dersom forurensningsnivå ikke er kjent, kan det undersøkes om målinger er foretatt av andre i tilsvarende situasjoner og at nivået derved delvis kan angis. Slike vurderinger må imidlertid foretas av kompetent yrkeshygieniskpersonell som kjenner til de ulike faktorer som har betydning for eksponering.

Man kan heller ikke lukte eller se alle forurensninger som finnes i bergrom, og på dette grunnlag vurdere nivå av forurensningene. Det er imidlertid uansett bedre å direkte iverksette tiltak og løse et eksponeringsproblem, enn å bruke mye ressurser på målinger. Som eksempel kan det nevnes at bergrom som har stått uten ventilasjon over lang tid alltid bør behandles som oksygenfrie.

Støy måles både gjennom å bestemme støyen fra kilden eller støydosen som den enkelte arbeidstaker utsettes for. Derved bestemmes nivå (og type) av eksponering. På samme måte bestemmes også belastningsnivå av vibrasjoner.

Når det gjelder støy og vibrasjoner kan det også tas hensyn til produsentens informasjon om støy- og vibrasjonsnivået på arbeidsutstyret ved vurdering av eksponeringsnivå. Da må også samtidig bruken av utstyret vurderes (se eget punkt nedenfor om bruksmåter, mv.)

Det må også undersøkes om støynivået kan hindre arbeidstakernes mulighet til å oppfatte lydsignaler og derved øke risikoen for ulykker på arbeidsstedet. Støy kan således både direkte og indirekte forårsake negative effekter på arbeidstakernes helse og arbeidsmiljø. Også muligheten til å konsentrere seg ved utførelse av risikofylt arbeid ved høye støynivåer i tunnelen, må risikovurderes.

Stråling, f.eks. radon kan nivåbestemmes gjennom egne kort- og langtidsmålinger.

I vedlegg 1 er det beskrivelse av hvordan målinger av de kjemiske og fysiske faktorene foretas og hvordan nivå (mengder) bestemmes.

Varighet og hyppigheten av påvirkningene

For alle de kjemiske og fysiske faktorene må det i tillegg til type og nivå av påvirkning særlig bestemmes hvor lenge påvirkningene varer hver gang (på hvert skift), og hvor ofte de skjer (hvor ofte på skiftet, hvor ofte hver uke, osv)

Dette har stor betydning for sannsynligheten for effekter av eksponeringene. Det vil si jo lengre tid eksponeringen pågår, og jo oftere eksponeringen skjer, desto større kan risikoen være for helseskader på kort og lang sikt. Og jo større påvirkning, og jo verre virkningen av stoffet er, desto større er risikoen.

Gjennom vurdering av type, nivå, hyppighet og varighet av påvirkningene, kan det bestemmes hvilke doser og derved den risiko arbeidstakerne faktisk er utsatt for, og i hvilken grad dette kan utgjøre risiko.

Lengden av skiftene som arbeides har betydning for eksponering og risiko. Ved lange skift øker risikoen for helseskader hvis ikke eksponeringsnivå reduseres. Lange skift bør derfor unngås fordi det i dag ikke finnes kriterier for å vurdere risiko ved eksponering ut over 8 timer som tiltaksverdiene er satt ut fra. Dette gjelder både kjemikalier og de fysiske faktorer. Risikoen for helseskader vil øke

med økt eksponeringstid hvis ikke eksponeringsnivået reduseres. I dag finnes ingen fastsatte kriterier for vurdering av kjemisk eksponering ved lange skift. Lange skift bør derfor risikovurderes, med tilhørende tiltak for å unngå at helseskader kan oppstå. Også på grunn av den store usikkerhet i målinger, vil risikoen være større enn antatt hvis det ikke sikres å holde nivået av kjemikalier godt under tiltaks- og grenseverdiene for de enkelte stoffer (under ¼ av grenseverdiene).

Forholdene på arbeidsplassen der forurensningene forekommer, der påvirkning skjer

Aktuelle forhold som vurderes for kjemiske og fysiske faktorer er:

Kjemisk påvirkning, hvordan arbeidsplassen innrettet for å hindre dette? Fungerer ventilasjonen? Er andre nødvendige tiltak med tilrettelegging på arbeidsplassen utført? Er det iverksatt tilstrekkelige tiltak (f.eks. avsug, renhold) som hindrer at forurensningene spres.

Støy i bergrom, hvordan er støyforholdene? Er det på arbeidsplassen tilrettelagt slik at tekniske innretninger oppstilles og brukes slik at unødig støy ikke oppstår? Foregår det unødvendig kjøring/drift av utstyr? Brukes egnet utstyr? Er det tiltak som demper lydutbredelse gjennom luft, for eksempel ved hjelp av skjermer, innbygging eller lydabsorbenter? Dette er kanskje ikke så aktuelt i bergrom, men viser hvilke typer vurderinger som må foretas på en arbeidsplass med støykilder.

Helkroppsvibrasjoner, hvordan er kjøreforholdene i tunnelen og veienes utforming med hensyn til å redusere helkroppsvibrasjoner? Hvordan er tilstanden av maskiner og utstyr som brukes? Er egnet utstyr valgt? Hvordan reguleres fart og kjøreforhold?

Forhold som har betydning for risiko må vurderes på hver arbeidsplass, for hver arbeidsoperasjon under tunneldrivingen og ved eventuell renovering av tunneler. I tillegg kommer arbeidsgiveres og ansattes egen kunnskap om risikofaktorer knyttet til arbeidet. Det er viktig å bruke egne kunnskaper og erfaringer i HMS-arbeidet ved tunnelarbeid, bl.a. om hvordan påvirkningene skjer.

Hvordan arbeidet utføres, hvordan arbeidsutstyr innstilles og brukes

Dette er spesielt viktig ved risikovurdering av kjemisk arbeidsmiljø. Bruksmåten av kjemikalier må kartlegges for blant annet å vurdere om det forekommer

uforsvarlig handtering av kjemikalier, unødvendig avgassing fra forbrenningsmotorer, sveising uten bruk av avsug, osv.

Utførelse av arbeid i forhold til kilden, gjelder både kjemiske forurensninger og støy, jo kortere avstand til forurensnings/støykilden, jo mer øker eksponeringen.

Hvordan gjennomføres f.eks. bakstufarbeidet? Hvordan påvirkes ansatte av kjemikaliene og de fysiske faktorene? I hvilke situasjoner er spesielle personer og grupper utsatt? Dette må sjekkes gjennom f.eks. vernerunder og løpende målinger.

Produseres unødvendig støy på grunn av måten det arbeides på eller måten utstyret brukes på? Dette er eksempler på hva som bør vurderes mht støy. Ved bergarbeid kan imidlertid sjelden støyen unngås, og desto viktigere blir rutinene for bruk av hørselvern. Dette er viktigste middel til å redusere støyeksponering for den enkelte arbeidstaker. Tiltak på arbeidsplassen, og kontroll med hvordan arbeidet utføres, må imidlertid ikke glemmes.

Det samme gjelder helkroppsvibrasjoner og hånd- og armvibrasjoner – hvordan foregår kjøring på arbeidsstedet, hvordan brukes arbeidsutstyret (hindres overbelastning)?

Alle arbeidsoperasjoner som medfører påvirkning av de enkelte kjemiske og fysiske faktorer risikovurderes enkeltvis og samlet for å få oversikt over den totale risiko arbeidstakerne er utsatt for.

Arbeidsprosessene og arbeidsutstyret som brukes (kvalitet, utforming, egnethet)

Hvilket arbeidsutstyr som brukes, og egnetheten av dette har stor betydning for kjemisk påvirkning.

Tilstanden til kjøretøy og arbeidsutstyr med forbrenningsmotor har betydning for typen og graden av forurensninger som avgis fra utstyret. Undersøkelse og vurdering av vedlikeholdsrutiner kan være viktig ved tilstandsvurdering av utstyr. Alle aktører har ansvar for å vurdere eget utstyr og effekter av dette på det totale arbeidsmiljø under jord. Dette angår ikke kun risikoen for egne ansatte.

Støy fra ulike typer arbeidsutstyr varierer og det må derfor vurderes som det utstyr som benyttes er hensiktsmessig og i forskriftsmessig stand.

Vibrasjoner påvirkes bl.a. av tilstanden til arbeidsutstyret, hvordan er kvaliteten av utstyret med hensyn til vibrasjoner?

Dette er eksempel på viktige forhold som må tas hensyn til i risikovurderingene, og som det så må vurderes tiltak i forhold til.

Andre risikofaktorer og forhold som må vurderes

Mange faktorer innvirker på risikoen ved tunnelarbeid og annet farlig arbeid.

Følgende spørsmål er aktuelle å stille i den forbindelse:

- Hvordan fungerer etablerte rutiner? Følges disse opp av alle arbeidsgivere og byggherre?
- Følges SHA/HMS-planer? Følges dette opp av byggherre/arbeidsgiver?
- Iverksettes de tiltak som er bestemt for å redusere risiko? Reduseres risiko gjennom disse tiltak?
- Meldes, registreres og behandles avvik løpende? (Registreres helseplager, skader/sykdommer av påvirkningene, og brukes kunnskapen/erfaringene i risikovurderingene?)
- Er arbeidet organisert på en egnet og forsvarlig måte?
- Er det forsvarlige arbeidstidsordninger, krav til fremdrift og tempo i arbeidet?
- Ansvarlig medvirkning fra alle parter side? (Plikter)
- Tas det hensyn til spesielt sårbare arbeidstakere? (Tålegrenser kan variere)

Dette er organisatoriske forhold som har betydning for hvordan arbeidet utføres, noe som igjen kan ha betydning for påvirkningen av arbeidsmiljøfaktorene. Dette er også forhold som må undersøkes når risiko skal vurderes, for å få klarhet i om den reelle risiko er vurdert og alle viktige forhold kartlagt.

Ved å foreta risikovurderinger i tråd med punktene over, i samarbeid med de ansatte, oppnås følgende:

- De viktigste forhold som påvirker risiko av eksponering for kjemiske og fysiske faktorer vil være vurdert
- Får ansvarliggjort/involvert alle partene på arbeidsplassen
- Arbeidstilsynets forskriftskrav vil være oppfylt

Oppsummert er følgende undersøkelser sentrale i en risikovurdering, i tillegg til kunnskapen om farene med de enkelte kjemiske og fysiske faktorer:

Tabell 6: Sannsynlighetsfaktorer og konsekvenser

Sannsynlighetsfaktorer	Eksempel
Type påvirkning	Kjemiske og fysiske faktorer Grad av farlighet/giftighet
Eksponeringsnivå	Mengde
Varighet og hyppighet	Varighet og hyppighet
Forholdene på arbeidsplassen	Kan tiltak gi akseptabelt nivå
Hvordan arbeidet utføres	Ergonomi og avskjerming Arbeidspraksis og rutiner
Andre risikofaktorer	Organisatoriske og personlige forhold
Konsekvenser	
Død Forplantningsskader/ arvestoffskader Kreft Lungesykdommer (kols, fibrose) Astma og allergi Hudsykdommer Hørselskader Vibrasjonsskader Stråleskader Muskel- og skjelettplager og slitasjeskader Andre mulige virkninger	

Tabellen viser faktorer som innvirker på faren (sannsynligheten) for helseplager, skader og sykdommer (konsekvenser).

Risikovurderingene kan framstilles i egne beskrivelser og med bruk av skjema. Skjemaer kan gi god oversikt hvis man har mye informasjon og data. I forenklede skjema må det imidlertid henvises til eventuelle kartlegginger, undersøkelser, og målinger som er foretatt, samt akseptkriterier som ligger til grunn i vurderingene.

Det viktige er at alle forhold som er beskrevet ovenfor blir vurdert. Uten å gjøre dette vil ikke den faktiske risiko fastsettes. Uten å ha kontroll med hvordan forholdene på stedet er, hvordan arbeidet foregår (utføres), vil risiko (nivå) ikke kunne angis. Det vil da være høyere risiko for skader og sykdom blant ansatte

enn arbeidsgivers risikovurdering angir. Dette kan igjen gi grunnlag for Arbeidstilsynet å stille spesielle krav om tiltak.

Alle arbeidsoperasjoner som utgjør fare for påvirkning og helseskade eller sykdom på kort og lang sikt må risikovurderes. Ved tunnelarbeid gjelder det blant annet boring, injisering, handtering av sement, betongsprøyting, lasting og transport. I tillegg må ulike typer bakstufarbeid, varmt arbeid og arbeid i forurensede soner, mv. vurderes, med eventuelle tiltak som beskrevet i kapittel 4.

Her er skjematisk oversikt med eksempel på typer opplysninger som kan framgå av risikovurderingene:

Tabell 7: Eksempel på oppsett for risikovurdering

<i>Arbeidsplass/ arbeidssted/ arbeids- operasjon</i>	<i>Vurderte sannsynlighets- faktorer, forhold av betydning</i>	<i>Konsekvens av påvirkningen (potensiell virkning)</i>	<i>Tiltak og kontroll- tiltak (effekt)</i>	<i>Risiko etter tiltak (L,M,S*)</i>
Beskrivelse av prosess, sted, ulike typer bergarbeid	Risikofaktorer beskrevet i tabell 6, Andre faktorer av betydning ved tunnelarbeid	Helseplager, ulykker, skader, sykdommer på kort og lang sikt (uten iverksatte tiltak)	Fysiske, organisatoriske, personlige tiltak	Evt forutsetning for vurderte risiko bør også angis

*L=lav, M=middels, S=stor)

En slik oversikt inneholder tiltaks- (handlings-) plan for HMS (SHA/HMS-plan).

Også opplysninger og data fra bedriftshelsetjenesten må brukes i vurderingen, samt effekten av allerede iverksatte tiltak (ikke personlige).

5.3 Tiltak

I kapitlene 3 og 4 er det angitt ulike typer tiltak som er aktuelle for enkelte kjemiske og fysiske faktorer i ulike sammenhenger (situasjoner, arbeidsprosesser og ved bruk av ulike typer arbeidsutstyr). Tiltakene må gjennomføres på grunnlag av kartlegginger, som er en forutsetning for å kunne foreta risikovurderingene. Resultatet av kartlegginger og målinger er avgjørende for hvilke tiltak som er nødvendig. Tiltakene må også vurderes ut fra hvordan de vil fungere i praksis.

Generelt er f.eks. bruk av verneutstyr for å unngå eksponering av gasser ansett å være et tiltak som ikke må erstatte andre organisatoriske og/eller fysiske tiltak.

Årsaken til dette er at det er for lett for hver enkelt arbeidstaker å slurve med bruken av verneutstyret. Halvmasker brukt av personer med skjegg vil f.eks. heller ikke beskytte godt nok mot forurensninger. Både gjennomføring av, og kontroll av at tiltak fungerer (bl.a. ved internkontroll), er derfor nødvendig. Tiltak som i mindre grad krever ressurser til slik kontinuerlig oppfølging og kontroll er derfor viktig å prioritere, f.eks. god og effektiv ventilasjon som gjør regelmessige (og kostnads- og tidkrevende) målinger unødvendige.

Byggherre har ansvar for at tiltak gjennomføres på grunnlag av risikovurderingen som SHA-planen bygger på.

Forskrift om utførelse av arbeid, § 27-9 inneholder eksempelvis krav om tiltak mot luftforurensning. Det kreves at arbeidsgiver sørger for tilfredsstillende tiltak der det kan oppstå helse- eller sikkerhetsrisiko ved at stoffer avgis til luften. I forhold til de fysiske faktorene kreves også tiltak i de (6) mest sentrale arbeidsmiljøforskriftene.

Forskrift om utførelse av arbeid, § 27-18 om helsefarlige stoffer ved bergarbeid, krever at tiltak iverksettes for å hindre/ redusere påvirkning. I noen tilfeller kan et tiltak være å foreta kontinuerlig overvåking av forurensningsnivå. Når det er sørget for slike tiltak (som trer i funksjon automatisk), skal de målte verdiene registreres, oppbevares og brukes i oppfølgingsarbeidet. Slike rutiner beskrives normalt i HMS-planen.

5.3.1 Tiltak generelt

Forskrift om utførelse av arbeid, § 27-18, stiller krav om tiltak i forhold til helsefarlige stoffer ved bergarbeid. Det skal treffes tiltak for å vurdere mengden og konsentrasjonen av helsefarlige og mulige eksplosive stoffer i luften.

I henhold til § 27 – 9 skal tiltakene fjerne eller samle opp forurensninger ved kilden, eller fortynne forurensningen til et nivå som ikke innebærer risiko for arbeidstakerne. Også **arbeidsplassforskriftens** § 7-1 krever slik fjerning av forurensninger.

For de øvrige arbeidsmiljøfaktorene kreves også at tiltak skal iverksettes hvis de målte nivå overskrider de fastsatte tiltaks- og grenseverdier for de enkelte stoffer

og arbeidsmiljøfaktorer (støy, vibrasjon, stråling). Se forskrift 704 med liste over eksponeringsgrenser.

5.3.2 Tiltak i forhold til ventilasjon:

§ 7- 1 i **arbeidsplassforskriften** krever at alle arbeidsplasser (arbeidslokaler), eller andre områder hvor arbeidstakere har adgang og hvor arbeidet eller prosesser kan medføre forurensing av luften, skal ha mekanisk ventilasjon og prosessstilpasset avsug slik at konsentrasjonen av kjemikalier i arbeidsatmosfæren holdes på et fullt forsvarlig nivå, med hensyn til helse og eksplosjonsfare.

I henhold til § 27 – 9 i **forskrift om utførelse av arbeid** skal ventilasjonssystemer utformes og fungere slik at områder for arbeid eller opphold har tilfredsstillende luftkvalitet. Ventilasjonsparameterne skal måles og registreres regelmessig. Eksempel på måleprosedyrer og dokumenter for kontroll av ventilasjonsforhold som kan benyttes, finnes i vedlegg 4.

På steder hvor det foregår arbeid hvor det ikke er mulig å etablere tilfredsstillende permanente ventilasjonsinstallasjoner, skal det iverksettes særskilte tiltak for å sikre arbeidstakernes sikkerhet og helse, for eksempel midlertidig ventilasjon.

Det er også viktig at de ansatte gis nødvendig opplæring om tiltak for å unngå eksponering for luftforurensning (hvordan de må jobbe for å unngå dette, hvordan arbeidsutstyr må håndteres, og hvordan de selv unngår å spre forurensninger til andre, eller unødig utsetter andre for forurensningene som produseres i arbeidet).

Videre må det være gode rutiner for løpende vedlikehold av ventilasjonsinstallasjoner og duk. Vedlikeholdet må særlig omfatte fjerning av belegg og urenheter i installasjonene som kan innebære fare.

5.4 Avviksbehandling

Enhver virksomhet må ha rutiner for fange opp, registrere, granske, og korrigere (følge opp) uønskede hendelser og arbeidsmiljøforhold, eller krav i regelverket som ikke er/blir tilstrekkelig oppfylt. Dette må ses på som et middel til HMS-forbedringer, som forebyggende tiltak for å unngå gjentakelse, eller for å sikre at forholdene blir rettet opp.

Eksempler på avvik kan være påviste helseskader av påvirkningene som avdekkes gjennom helsekontroller. Dette er også et eksempel på hvorfor resultater av helsekontroller er viktige når risikoforholdene på en arbeidsplass skal vurderes.

Farlige situasjoner som oppstår ved bergarbeid skal meldes Arbeidstilsynet.

5.5 Helseundersøkelser og oppfølging

Helseundersøkelser med fokus på lungefunksjon, luftveissymptomer og hørsel bør gjennomføres hvert 2. til 3. år.

For nærmere informasjon om forurensninger ved tunneldriving og eventuelt behov for helseovervåking vises til **Teknisk rapport nr 13 fra NFF: Luftkvalitet under tunneldriving, helsemessig eksponering og mulige tiltak** (november 2012).

Vedlegg 1: Målinger

Det er i arbeidsmiljøforskrift nr 704 fastsatt tiltaks- og grenseverdier for de enkelte påvirkninger (kjemiske stoffer, støy, stråling, mv.). Måleresultatene vurderes opp mot disse verdiene, og det er viktig at de målte verdiene er representative (mest mulig lik den «sanne» eksponeringsverdi). Selv om de gitte grenser og normer overholdes, er en arbeidstaker ikke sikret mot helsefarlige skader på arbeidsplassen. En bedrift kan også selv bestemme at lavere grenser skal danne grunnlag for evaluering av nye tiltak.

Tabellen nedenfor viser en beskrivelse av målinger av de ulike kjemiske og fysiske arbeidsmiljøfaktorer og typer forurensninger.

Tabell 8. Kjemiske og fysiske arbeidsmiljøfaktorer - hvordan de måles.

Faktor	Målemetoder
Gasser	For gassmåling benyttes normalt elektrokjemiske sensorer eller indikatorrør for direkte avlesning. Det finnes også utstyr for automatisk gassovervåking
Støv/ aerosoler generelt	Støv og aerosoler måles ved oppsamling av støv via pumpe på forhåndsveid filter. Støvet analyseres mhp mengde og eventuell sammensetning. Innhold og mengde av kvarts og metaller på filter bestemmes via spesifikke analysemetoder på laboratorium. Fiber på filter telles med lysmikroskop (el. elektronmikroskop) Støv generelt kan også bestemmes med direktevisende utstyr (partikkeltellere). For å bestemme støvmengde ut fra partikkelstørrelse, benyttes ulike metoder for foravskilling av finere partikler, f.eks. bruk av syklon for bestemmelse av kvarts, respirabel fraksjon. Også annet prøvetakingsutstyr finnes for dette.
Sveiserøyk	Prøvetaking av sveiserøykpartikler gjøres på samme måte som støv generelt. Tungmetaller som for eksempel krom, nikkel, jern, og mangan, kan være aktuelt å bestemme (analytisk). Tungmetaller kan også bestemmes i mineralstøvprøver.
Løsemidler	Løsemidler måles med passive dosimetre med kull som fast adsorbent, eller via aktiv prøvetaking med pumpe hvor damper adsorberes på kullrør. Det kan også foretas direktevisende målinger av enkelte løsemidler (og andre kjemikalier).
Oljetåke og oljedamp	Oljetåke kan være vanskelig å måle fordi aktuelle oljepartikler ofte har en tendens til å fordampe fra filteret både under og etter prøvetakingen. Måling av oljetåke bør gjennomføres en gang året, så lenge man holder seg godt under tiltaksverdi. Det benyttes ulike metoder for prøvetaking av oljetåke (prøvetaker med filter) og oljedamp (kullrør). For prøvetaking av både oljetåke og oljedamp (vanlig) benyttes en kombinasjon av filter og kullrør (oppsamlet med pumpe). Ved prøvetaking av oljetåke er det viktig å få med en prøve av oljen som måles.
Klima- faktorer	Måling av klimafaktorer som luftfuktighet og temperatur er lite aktuelt i tunneler, med mindre det er behov og mulighet for å regulere noen av disse forholdene. Forholdene må imidlertid tas hensyn til i risikovurderingene.
Støy	Støy måles med hjelp av støymålere, med eller uten oktavfiltre (for måling av frekvens). Dosimetre benyttes for bestemmelse av lydnivå over en tidsperiode. Støy måles etter behov, når man vil sjekke om nivåene er innenfor grensene som

	er satt for støypåvirkning. Målingene tas i forskjellige områder i tunneler, også ved kilde, slik at man kan finne en gjennomsnittlig verdi for ekvivalentstøy og eventuelt tegne et frekvensbilde/ frekvenskart. Norsk standard NS 4815 (enkel metode) angir blant annet hvordan måling av støy bør foretas.
Vibrasjoner	Helkroppsvibrasjonsmålinger bør foretas under vanlige driftsforhold under en eller flere arbeidssykluser, f. eks. for en truck: lasting, transport med last, tipping, kjøring tilbake uten last. Vibrasjonsnivåene bør måles i førersetet og/eller der operatøren står. Måling av hånd- og armvibrasjoner skal gjøres i samsvar med NS-EN-ISO-5349-2 (2001). Målingene skal gjøres for hver hånd dersom utstyret må holdes med begge hender.
Stråling generelt	Arbeidstilsynets «Veiledning om stråling fra radon på arbeidsplassen» (best. nr. 605) angir hvordan kartlegginger, målinger og tiltak bør gjennomføres. Statens strålevern er fagmyndighet på område stråling og utgir også relevant materiell for informasjon og veiledning.
Radon/ Radondøtre	Måling av radon og radondøtre gjennomføres etter flere metoder: - <u>Sporfilmmetoden</u> tar utgangspunkt i at tungt ioniserende partikler, som a-partikler, påfører sporfilmen mikroskopiske skader/spor som kan gjøres synlige ved kjemisk eller elektrokjemisk etsing. Integrasjonstiden er vanligvis mer enn en måned. - <u>Aktivt kull metoden</u> ('kullboksmetoden') baserer seg på at aktiv kull absorberer radon fra luft over en periode tid og kan deretter undersøkes. - <u>Scintillasjonsdetektor metoden</u> baserer seg på innsamling av luftens atomære a-partikler fra radondøtre på filter. Disse analyseres med hjelp av scintillasjonsdetektoren. Radonkonsentrasjonen estimeres utfra en anslått likevektsfaktor på 0,5 mellom radon og datterproduktene. Måletiden for denne metoden er noen minutter (cirka 5). Målingen av radon og radondøtre bør gjennomføres minst en gang i året med mindre nivået er kjent og stabilt. Målehyppighet er således avhengig av tidligere måleresultater av radonkonsentrasjoner. Ikke ioniserende stråling, også kalt elektromagnetisk stråling, finnes overalt. Feltene kan være av forskjellige typer og intensiteter (elektriske og magnetiske fra kraftledninger, mikrobølger fra eldre maskiner og motorer, etc.), men denne type stråling er lite aktuelt under jord.
Lysmåling	Måling av lysstyrke og luminans gjennomføres etter behov med hjelp av luxmetre og luminansmålere.

Prøvetaking av kjemiske forurensninger i arbeidsatmosfære foretas normalt av yrkeshygienikere i bedriftshelsetjenestene, mens analyser av prøvene utføres av spesialiserte laboratorier, med unntak av målinger som foretas med direktevisende utstyr. Målinger foretas avhengig av hvilke forurensende aktiviteter som foregår i tunneler og hvor hyppig disse skjer.

Det er særlig viktig at målinger utføres av personell som har kunnskaper om prøvetakingsstrategi, metoder, krav til målinger, gjennomføring av målinger,

feilkilder og vurdering av resultater, samt forhold under målingene som påvirker resultatet.

Måling av forurensninger er vanligvis basert på bestemmelse av gjennomsnittlig konsentrasjon over en 8 timers arbeidsdag (langtidsmålinger), hvor målt verdi sammenlignes med tiltaksverdi for forurensningen som normalt er satt for en hel arbeidsdag. Variasjonen i konsentrasjon i løpet av måleperioden fanges da ikke opp, heller ikke hva som er årsaken til variasjonene. Det vil imidlertid i enkelte tilfeller være riktig å foreta målinger over kort tid for å kunne fange opp eventuelle tilfeller av høy, kortvarig eksponering. For enkelte stoffer er det også satt grenseverdier for kort tids eksponering, som disse målingene sammenlignes med (korttidsverdier).

Normalt foretas målinger for å vurdere risiko forbundet med eksponering for de enkelte forurensningene. Uten å vite noe om nivå av eksponering, kan ikke risiko og behov for tiltak vurderes i tilstrekkelig grad. Derved kan arbeidstakere utsettes for forurensninger (med fare for at sykdom utvikles) uten at nødvendige tiltak blir iverksatt fra arbeidsgivers side.

Dersom måleresultatene ligger over de fastsatte tiltaks- og grenseverdier for de ulike yrkeshygieniske faktorene i tabellen, må tiltak iverksettes for å få ned nivået, og kontrollmålinger må gjennomføres etter at tiltak er iverksatt for å dokumentere effekten av disse. I de fleste tilfeller er det mer viktig å prioritere tiltak foran målinger, og i slike tilfeller er det også viktig å undersøke om tiltakene har virket gjennom å foreta målinger etter at de er utført.

Noen typer målinger (støv) er mer omfattende enn enklere gassmålinger. Her er vist en prøvetaker for måling av gass:



Figur 1: Dräger PAC 7000 gassmåler for CO

Vedlegg 2: Definisjoner, begreper og betegnelser

Gass og damp

ppm

Konsentrasjonen av gass og damp angis ofte som rom- mål. Normalt brukes enheten "parts per million (ppm)".

$$\begin{aligned} 1 \text{ ppm} &= 1 \text{ cm}^3 \text{ gass/damp pr. } 1.000.000 \text{ cm}^3 \text{ luft} \\ &= 1 \text{ cm}^3 \text{ gass/damp pr m}^3 \text{ luft} \end{aligned}$$

mg/m³

Konsentrasjonen kan også angis som vekt pr rom - mål. Normalt brukes milligram pr m³ luft (mg/m³).

Omregning fra ppm til mg/m³, kan gjøres ved bruk av følgende formel (hvor M er molekylvekten av stoffet som gjelder)

$$24,45/M \times \text{konst. i mg/m}^3 \text{ ved } 25^\circ \text{C } 760 \text{ mm Hg}$$

Støv og partikler

mg/m ³	Konsentrasjonene av partikulære luftforurensninger og aerosoler (røyk, tåke) angis oftest i mg/m ³ .
Fibre/cm ³	Fiberformede partikler (asbest) angis antall fibre pr. cm ³ luft (dvs. millioner fibre pr. m ³)

Støy

dB	Lydnivå er et mål for lydens styrke. Det angis i måleenheten decibel (dB). dB-skalaen er logaritmisk, og en økning eller halvering på 3 dB angir en fordobling, respektivt halvering, av støynivået.
dB(A)	Lydnivået målt etter filtrering gjennom elektriske veiefiltre (A-filter) angis med dB(A). Dempningskurven for A-filteret er konstruert for å ligne ørets oppfattelse av lydnivået. Måling uten filter gir uveid, linært støynivå.
Hz	Lydens frekvens måles i Hertz. Det er en angivelse av antall svingninger pr sekund, og beskriver om lyden er lys eller dyp.

Belysning

cd	Lysstyrke, dvs. styrken lyset blir sendt ut med angis i Candela (cd).
lm	Lysstrømmen, dvs. den totale lysstrømmen som "strømmer" ut fra lyskilden. Avhengig av lysstyrken og retningen. Måles i lumen (lm).
lux	Belysningsstyrken, dvs. forholdet mellom lysstrøm inn på en flate og arealet av flaten, måles i lux. (Eks.: en flate på 1 m ² belyst jevnt med en lysstrøm på 1 lumen får belysningsstyrken 1 lux. Dette tilsvarer belysningsstyrken fra et stearinlys på 1 meters hold.)

Halveres avstanden mellom lyskilde og flate, øker belysningsstyrken til det firedobbelte.

Trykk og klima

Pa Trykk angis i Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).
1 m vannsøyle = 1 med mer VS (differanse mellom Vannsøyler) = 9,81 Pa
1 bar = 10^5 Pa

m/s Lufthastighet angis ofte i meter per sekund.

m^3/s Luftmengden angis ofte i m^3/s , alternativt m^3/min eller m^3/h .

Radon og radondøtre

mSv/år Konsentrasjonen av ioniserende stråling for effektiv doseekvivalent angis oftest i milliSievert per år (for naturlig stråling anvendes Sv/år.)

Sv Sievert er en enhet for angivelse av stråledose (doseekvivalent), der man tar hensyn til de ulike radioaktive stråletypers biologiske effekt.

Bq/m^3 Radondøtre i luft er målt i Becquerel per m^3 .

Bq/l Radon eller radondøtre i væsker (vann) er målt i Becquerel per liter.

Bq/kg Radium i fast stoff (bergarter eller Bygningsmaterialer) er målt i Becquerel per kg.

Bq Becquerel er en enhet for aktivitet ("mengde" Radioaktivitet), dva. Antall atomkjerner som spaltes pr. tidsenhet.

Gy (gray) Enhet for absorbert dose.

J (Joule) $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$.

Rad $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ J/kg}$.

C/kg	Den evnen gamma- og røntgenstråling har til å Ionisere luft (eksplosjon) uttrykkes I coulomb (C) pr. kg. (Tidligere ble anvendt Røntgen- R)
μR/h	Eksposisjon per tidsenhet måles i C/kg pr. sekund. Tidligere ble anvendt enheten mikrorøntgen per time. $1 \mu R/h = 0,01 \mu Sv/h$.

Vedlegg 3: Oversikt over forskrifter og bestemmelser i HMS-regelverk

Fra Arbeidstilsynet:

Forskrifter (bestillingsnr i parentes)

Forskrift om administrative ordninger: Forskrift om administrative ordninger på arbeidsmiljølovens område (forskrift om administrative ordninger). Inneholder bl.a. bestemmelser om sertifisering, regionale verneombud, godkjenning av bedriftshelsetjeneste. <http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=236087>

Produsentforskriften: Forskrift om konstruksjon, utforming og fremstilling av arbeidsutstyr og kjemikalier (produsentforskriften). Retter seg mot produsenter. <http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=236089>

Forskrift om organisering, ledelse og medvirkning:
<http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=236077>

Arbeidsplassforskriften: Forskrift om utforming og innretning av arbeidsplasser og arbeidslokaler (arbeidsplassforskriften). Inneholder krav til arbeidsplassen som må oppfylles. <http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=236079>

Forskrift om utførelse av arbeid: Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav (forskrift om utførelse av arbeid)
<http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=236081>

Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier (704): Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier). Inneholder bl.a. grenser for eksponering for kjemikalier, støy, vibrasjoner, m.v.. <http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=236084>

Byggherreforskriften: Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften)
<http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=209624>

Internkontrollforskriften: Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)
<http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=78002>

Maskinforskriften: Forskrift om maskiner. Retter seg mot produsenter av arbeidsutstyr. <http://www.arbeidstilsynet.no/forskrift.html?tid=77987>

Veiledninger:

Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen (444)

Varmt arbeid (560)

Veiledning til kjemikalieforskriften (576)

Veiledning om stråling fra radon på arbeidsplassen (605)

Brosjyrer:

Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske stoffer og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren (450)

Personlig verneutstyr (PVU)

Åndedrettsvern (539)

Kjemisk helsefare ved sveising (581)

Fersk mørtel og betong kan gi etseskader og eksem (447)

Få orden på kjemikaliene (586)

Andre myndigheters regelverk:

DSB

Forskrift om eksplosive varer

Statens strålevern

Lenker til nyttige kilder/sider på internett:

Myndigheter:

Arbeidstilsynet: www.arbeidstilsynet.no

Fagmiljøer:

Statens arbeidsmiljøinstitutt: www.stami.no

Annet:

HMS-myndighetenes regelhjelpsider: www.regelhjelp.no

Håndbøker

NFF handbok nr. 06, 2010: Praktisk berginjeksjon ved underjordsanlegg

Fagrapporter:

NFF Håndbok nr. 6, 2010: Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg

NFF Teknisk rapport nr. 4, 2004: Plastmaterialer i tunneler og bergrom

NFF Teknisk rapport nr. 7, 2006: Dieseldrift under jord

NFF Teknisk rapport nr. 8, 2008: Sikkerhet ved berginjeksjon

NFF Teknisk rapport nr. 13, 2012: Luftkvalitet under tunneldriving, helsemessig eksponering og mulige tiltak

Vedlegg 4: Måleprosedyrer og dokumenter for kontroll av ventilasjonsforhold

Nedenfor er det eksempler på prosedyrer som kan benyttes for kontroll av ventilasjonsforholdene. Prosedyrene må tilpasses den enkelte virksomhets internkontrollsystem og rutiner.

1. Prosedyre for trykkmåling i ventilasjonsrør/duk

- 1.1. Skjema: Måleresultat trykk i ventilasjonsrør/duk

2. Prosedyre for hastighetsmåling i tunneltverrsnitt

- 2.1. Skjema: Måleresultat hastighet i tunneltverrsnitt
- 2.2. Skjema: Måleresultat hastighet i ventilasjonsrør/duk

PROSEDYRE FOR TRYKKMÅLING I VENTILASJONSØR (DUK)

1. FORMÅL

Prosedyren skal skaffe underlag for evaluering av trykk (statisk trykk), volumsammenhenger knyttet til ventilasjonsanlegget. Kontrollere ventilasjonsviftens driftskarakteristikk.

2. OMFANG

Prosedyren gjelder alle trykkmålinger i forbindelse med prosjektet.

3. HJELPEMIDLER

Manometer eller andre trykkmålere.

4. GJENNOMFØRING

Trykkmåling kan foretas fra 20 -30 meter fra viften i dagen og frem til (utløp) noen hundre meter fra stuff. Det velges forskjellige avstander mellom målepunkt (etter behov). Instrumentet føres inn i ventilasjonsrøret/duken gjennom et lite snitt i røret/duken. Målingen utføres på et tidspunkt med normal vifteinnstilling, eller ønsket driftssituasjon, men med minimalt med trafikk i tunnelen. Hastighetsmåling kan utføres samtidig. Trykkmåleren føres inn i ventilasjonsrøret/duken, slik at fullt statisk trykk oppnås. Måleverdi noteres i registreringsskjema (1.1).

5. DOKUMENTASJON

Målte verdier noteres i eget skjema.

Måleresultat trykk i ventilasjonsrør XXX-KD-M-00 1

6. ANSVAR

Anleggsleder.

Skjema 1.1.

MÅLERESULTAT TRYKK I VENTILASJONSRØR (DUK) (XXX-KD-01)

Anlegg:		Dato:
		Kl.:
Sted:		
Måleutstyr:		
Vifteinnstilling		
Dukdimensjon:		
Utføres av:		

Profil	Måleverdi i mm Vs (1 mmVs = 9,81 Pa)

Kommentar:

PROSEDYRE FOR HASTIGHETSMÅLING I TUNNELTVERRSNITT OG VENTILASJONSRØR

1. FORMÅL

Prosedyren skal kontrollere luftmengde i forhold til:

- viftetype/karakteristikk, status og behov;
- kontroll av lekkasjer i ventilasjonsrøret fra dagen og inntil stuff.

2. OMFANG

Prosedyren gjelder alle hastighetsmålinger i forbindelse med prosjektet.

3. HJELPEMIDLER

Tunneltverrsnitt: anemometer eller tilsvarende lufthastighetsmålere;
Ventilasjonsrør: Pitotrør og andre typer lufthastighetsmålere med sonde.

4. GJENNOMFØRING

Målingene gjennomføres i tidsrom uten transport i tunnelen.

Tunneltverrsnitt

Målingene utføres med anemometer i samme profilnummer som hastighetsmålinger i duk er foretatt (XXX-M-002). Hastigheten varierer over tverrsnittet. Det er derfor viktig å måle hastigheten i flere punkt i tverrsnittet.

Under måling må det ikke forekomme transport i noen deler av tunnelen da dette vil påvirke strømmingene i tunnelen. Målingene bør foretas i god avstand fra innsnevringene i tverrsnittet.

Ut fra målt hastighet kan luftgjennomstrømning i tunnelen beregnes.

Ventilasjonsrør

Målepunktene bør gjerne være ved koblingsringen mellom skjøtene. Her er diameteren konstant (ingen diameterutvidelse). Det måles midt i røret, avlest maksimal hastighet multipliseres med 0,9 for å få et gjennomsnitt av hastigheten for hele rørtverrsnittet. $\text{luftmengde} = \text{lufthastighet} * \text{areal}$.

Unngå å måle:

- nært store lekkasjer i røret/duken;
- like før eller etter tverrsnittsendringer;
- i tilknytting til avbøyning av røret.

Hull i røret for måling bør være minst mulig. Man bør helst måle trykk samtidig (ved samme målepunkter).

Målt hastighet noteres sammen med profilnummer/målepunkter og tidspunkt for måling.

5. DOKUMENTASJON

Måleresultat hastighet i tunneltversnitt.

XXX-KD-M-002

Måleresultat hastighet i ventilasjonsrør/duk

XXX-KD-M-003

6. ANSVAR Anleggsleder

Skjema 2.1.

MÅLERESULTAT HASTIGHET I TUNNELTVERRSNITT (XXX-KD-M-002)

Anlegg:		Dato:
		Kl.:
Sted:		
Måleutstyr:		
Vifteinnstilling:		
Dukdimensjon:		
Utføres av:		

Måleverdi i m/s						
Profilnr.	Pkt. 1	Pkt. 2	Pkt. 3	Pkt. 4	Pkt. 5	Pkt. 6

Kommentar:

Skjema 2.2.

MÅLERESULTAT - HASTIGHET I VENTILASJONSRØR (DUK) (XXX-KD-M-003)

Anlegg:		Dato:
		Kl.:
Sted:		
Måleutstyr:		
Vifteinnstilling:		
Dukdimensjon:		
Utføres av:		

Profil	Måleverdi

Kommentar:

Håndbøker fra NFF

- Nr. 1: Fjellinjeksjon. Praktisk veiledning i valg av tettestrategi og injeksjonsopplegg. (kr 200,-)
- Nr. 2: Engineering Geology and Rock Engineering. NBG (kr. 500,-)
- Nr. 3: Arbeidsmiljø under jord. (kr. 200,-)
- Nr. 4: Håndbok for skytebas. (kr. 200,-)
- Nr. 5: Tung bergsikring i underjordsanlegg (kr. 200,-)
- Nr. 6: Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg (kr. 200,-)
- Nr. 7: Håndbok for bestiller av bergspregningsarbeid (kr. 200,-)
- Nr. 8: Håndbok for utfører av bergspregningsarbeid (kr. 200,-)
- Nr. 9: Håndbok for arbeidsmiljø under jord (kr. 200,-)

Tekniske rapporter fra NFF (kr. 100,- pr. stk)

- Nr.01: Redningskammer for underjordsdrift
- Nr.02: Diesel under jord. Sluttrapport fra forprosjektet.
- Nr.02E: Diesel Underground – a project report.
- Nr.03: Sikker sprengning i dagen.
- Nr.04: Plastmaterialer i tunneler og bergrom – sikker håndtering i anleggsfasen.
- Nr.05: - Informasjon, takk! Råd og tips om kommunikasjon i en anleggshverdag.
- Nr.06: Sikker boring gjennom sylte.
- Nr.07: Diesel under jord
- Nr.08: Sikkerhet ved berginjeksjon
- Nr.09: Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg
- Nr.10: Rescue chamber for underground work. Translation of technical report 1
- Nr.11: Nøyaktig boring
- Nr.12: Konturkvalitet i sprengte tunneler
- Nr.13: Ventilasjon ved tunneldrift
- Nr. 14: Gruvedrift under jord
- Nr. 15: Støy fra bygge- og anleggsvirksomhet
- Nr. 16: Anbefalte retningslinjer for utarbeidelse av miljøbudsjett og miljøregnskap for tunneller
- Nr. 17: Kort innføring i bruk av TBM

Norwegian Tunneling Technology

- No. 1: Hard Rock Tunnelling
- No. 2: Tunnelling Technology
- No. 3: Hydropower Tunnelling
- No. 4: Road Tunnelling
- No. 5: Tunnelling Today
- No. 6: Geology of Norway (a map)
- No. 7: Tunnelling Reviewed in the International Press
- No. 8: Subsea Tunnelling
- No. 9: Underground Storage
- No. 10: Urban Tunnelling
- No. 11: Hard Rock TBM Tunnelling
- No. 12: Water Control Tunnelling
- No. 13: Health and Safety in Norwegian Tunnelling
- No. 14: Norwegian Tunnelling
- No. 15: Sustainable Underground Concepts
- No. 16: Underground Constr. for the Norwegian Oil and Gas Industry
- No. 17: Underground Openings - Operations, Maintenance and Repair
- No. 18: Subsea Tunnels
- No. 19: Rock Support in Norwegian Tunnelling
- No. 20: Rock Mass Grouting
- No. 21: Contracts in Norwegian Tunnelling
- No.22: Norwegian Hydropower Tunnelling II
- No.23: Norwegian Tunnelling Technology

Fjellsprengningsdagen (Høstkonferansen)

En årlig konferansebok som er kommet fortløpende ut siden 1963. (Flere årganger er utsolgt).

Publikasjoner kan bestilles hos: NFF, Postboks 626, NO-1303 Sandvika. E-post: nff@nff.no



REPRESENTERER FAGKUNNSKAP INNEN

- Bergsprengning og masseflytting
- Tunnel teknologi
- Bergmekanikk og Ingeniørgeologi

FJELLSPRENGNINGSFORENINGEN

AVGJØRENDE FOR FORUNDERSØKELSER, PLANLEGGING OG GJENNOMFØRING AV

- Fjellarbeid generelt, produksjon av knust berg og mineraluttak
- Vegbygging
 - I dagen
 - Under jord
- Vannkraftutvikling med
 - Stasjonshaller
 - Overføringstunneler
 - Trykksjakter
 - Damanlegg
- Oljeprosjekter
 - Planering for landanlegg
 - Landfall av rørledninger
 - Produktlager for olje og gass
- Grunnarbeid for hus og industri
- Idrettsanlegg, lager, parkeringsanlegg i fjell, og mye mer.....

www.nff.no



Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk
nff@nff.no
www.nff.no



**NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIK**

e-post: nff@nff.no

ISBN 978-82-92641-35-4