



Inspeksjon av berg og bergsikring i vegtunneler

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 199



Tittel

Inspeksjon av berg og bergsikring
i vegtunneler

Undertittel**Forfatter**

Mona Lindstrøm, Anette Wold Magnussen og
Audun Langelid

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelin-
gen

Seksjon

Tunnel og betong

Prosjektnummer

601599

Rapportnummer

Nr. 199

Prosjektleder

Mona Lindstrøm

Godkjent av

Kjersti K. Dunham

Emneord

Tunneler, drift, geologi, inspeksjon

Sammendrag

Inspeksjon av berg og bergsikring i vegtun-
neler gir veiledende informasjon til håndbok
111 Standard for drift og vedlikehold av riks-
veger (2012). Innholdet er basert på krav og
retningslinjer i håndbok 213 HMS ved arbeid i
vegtunneler.

Dokumentet er første utgave av en inspeks-
jonsveiledning og omhandler planlegging,
utstyr, gjennomføring og rapportering av
inspeksjoner av berg og bergsikring.

Title**Subtitle****Author****Department**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelin-
gen

Section

Tunnel og betong

Project number**Report number**

No. 199

Project manager**Approved by****Key words****Summary**

Inspeksjon av berg og bergsikring i vegtunneler

Forord

Inspeksjon av berg og bergsikring i vegtunneler gir veiledende informasjon til håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold av riksveger (2012). Innholdet er basert på krav og retningslinjer i håndbok 213 HMS ved arbeid i vegtunneler.

Dokumentet er første utgave av en inspeksjonsveiledning og omhandler planlegging, utstyr, gjennomføring og rapportering av inspeksjoner av berg og bergsikring.

Dokumentet skal videre oppdateres basert på innspill og erfaringer, og utvides med flere eksempler før det gis ut som en veiledning i håndbokserien.

Rapporten ble initiert og utarbeidet av Anette Wold Magnussen og Audun Langelid ved Vegteknisk seksjon, Region sør, og videre bearbeidet av geologene ved Tunnel- og betongseksjonen, Vegdirektoratet.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	3
1.1	Hensikt	3
1.2	Målsetting og målgruppe	3
1.3	Metode	4
1.4	Vann- og frostsikringskonstruksjoner i vegtunneler	4
2	PLANLEGGING AV INSPEKSJONER	5
2.1	Generelt	5
2.2	Inspeksjonsplan	5
2.3	Forberedelser	5
2.3.1	Dokumentasjon av berg, bergsikring og tilkomstforhold.....	5
2.3.2	HMS-tiltak.....	6
2.4	Tilrettelegging for inspeksjon bak hvelv	7
3	INSPEKSJONS- OG TILKOMSTUTSTYR	8
3.1	Personlig inspeksjonsutstyr	8
3.2	Tilkomstutstyr for inspeksjoner i tunneler uten hvelv	8
3.3	Tilkomstutstyr for inspeksjoner bak hvelv i tunneler	8
4	GJENNOMFØRING AV INSPEKSJONER	10
4.1	Generelt	10
4.2	Kartlegging av udokumenterte tunneler	10
4.3	Inspeksjon fra trafikkrommet i tunneler	10
4.4	Inspeksjon i tunneler bak hvelvkonstruksjonen.....	11
4.4.1	Bruk av tekniske hjelpemidler og overvåking.....	11
4.4.2	Spesialinspeksjon på toppen av hvelv	12
5	SKADEREGISTRERING OG VURDERING	13
5.1	Generelt	13
5.2	Vurdering av berg, bolter, sprøytebetong / stabilitetssikring	14
5.2.1	Inspeksjon av berg.....	14
5.2.2	Inspeksjon av sprøytebetong	15
5.2.3	Inspeksjon av bolter til bergsikring	16
5.2.4	Inspeksjon av øvrige skader og mangler	17
6	EKSEMPLER: SKADETYPER OG VURDERING	18
7	RAPPORTERING.....	31
8	REFERANSER	33

VEDLEGG

- I Rustgradering, bolter. Utdypende beskrivelse til kap. 5.2.3.
- II Skjema for registrering av berg og bergsikring i tunnel.

1 INNLEDNING

1.1 Hensikt

Dette dokumentet er første utgave av en veiledning til håndbok 111 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* (2012).

Retningslinjene i håndbok 213 *HMS ved arbeid i vegtunneler* gjelder for alt arbeid i trafikkerte tunneler, inkludert utførelse av geologisk inspeksjon.

Rapporten inneholder en gjennomgang av planlegging, utstyr, gjennomføring og rapportering i forbindelse med inspeksjon av berg og stabilitetssikring av berg / bergsikring i tunneler.

Inspeksjon av berg og bergsikring omhandler følgende:

- Observere tilstand av berg og bergsikring (bolter, sprøytebetong)
- Registrere skader / skadetyper
- Vurdere stabilitet av sikret og usikret berg
- Gi anbefalinger for vedlikeholdstiltak.

Rapporten er sett i sammenheng med NS 3424 *Tilstandsanalyse for byggverk*. Registrering av skader ("svikt") og vurdering av stabilitet inngår som del av grunnlaget for tilstandsanalyse / -registrering av berg og bergsikring.

Ifølge NS 3424 vurderes tilstand i forhold til et gitt referansenivå. Referansenivå for berg og bergsikring må defineres av oppdragsgiver for den enkelte tunnel, som del av en samlet tilstandsvurdering. For berg og bergsikring kan dette være:

- krav i gjeldende håndbok (021 Vegtunneler),
- krav som var gjeldende ved bygging eller rehabilitering,
- som-bygget dokumentasjon,
- funksjonskrav,
- annet.

Referansenivået vurderes i sammenheng med bergkonstruksjonens bestandighet og trafiksikkerhet.

Vegtunneler som skal inspiseres er bygget over et langt tidsrom og med ulike krav til sikring av berg, type sikringsmidler og materialer. Det er store variasjoner mellom tunnelene med hensyn til eksisterende dokumentasjon, årsdøgntrafikk og konsekvenser ved stengning, som vil påvirke inspeksjonsarbeidet.

De ulike typer av vann- og frostsikring i tunnelene har betydning for utførelse av inspeksjonsarbeidet, og informasjon om hvelvtype i hver enkelt tunnel inngår i den underliggende dokumentasjonen. Inspeksjon av vann- og frostsikringshvelvene; materialer og monteringsystemer, er ikke en del av denne rapporten. Rapporten omtaler registrering og rapportering av skader på hvelv, betongstøp o.a., som kan ha konsekvenser for trafiksikkerhet eller brannsikkerhet.

1.2 Målsetting og målgruppe

Rapporten gjelder bergtunneler og bergsikringsmidler. Den er et verktøy for å oppnå en mer enhetlig utførelse av geologisk inspeksjon og rapportering.

Rapporten gjelder for alle geologiske inspeksjoner utført i regi av Statens vegvesen, også for konsulenter og driftsentreprenører. Rapporten gjelder for inspeksjon av alle bergtunneler, med og uten hvelv som vann- og frostsikringskonstruksjon.

1.3 Metode

Krav til sikker adkomst styrer omfanget av hva som kan inspiseres av berg og bergsikring i tunnelvegger og heng. Metode for inspeksjon tilpasses hver enkelt tunnel.

Tunneler / strekninger i tunneler er her inndelt i tre hovedkategorier:

- uten vann-/frostsikringshvelv (f.eks. bart berg): inspeksjon fra trafikkrommet
- hvelvkonstruksjon montert på knøl: inspeksjon fra trafikkrommet
- vann-/frostsikringshvelv montert i profil: inspeksjon bak hvelv.

Inspeksjonen utføres fra lift eller lignende i trafikkrommet, eller ved å gå langs begge vegger bak hvelvkonstruksjonen (se kapittel 4 Gjennomføring).

Klatring på lette hvelv er ikke tillatt (håndbok 213). Det er ikke tillatt å klatre på toppen av betonghvelv annet enn ved spesialinspeksjon. Inspeksjon av hengområdet bak hvelv utføres fra stige, gjennom luker, eller ved bruk av tekniske hjelpemidler.

1.4 Vann- og frostsikringskonstruksjoner i vegtunneler

Tilkomst til berg og bergsikring avhenger blant annet av hvelvtype. Tabell 1.1 gir en kort oversikt over ulike vann- og frostsikringskonstruksjoner / -hvelv som er montert i norske vegtunneler, med noen merknader som angår inspeksjon.

Tabell 1.1 Vann- og frostsikringshvelv i vegtunneler, med noen merknader som angår inspeksjon

Vann-/frostsikringshvelv *	Generelle merknader, inspeksjon av berg og bergsikring
BETONGHVELV	
Betongelementer (lettbetongelementer, frostisolert/uisolerte betongelementer, sandwich betongelementer)	Helhvelv av betongelementer. Membran bak hvelv gir begrenset adkomst
PE-skum og fiberarmert sprøytebetong (på knøl)	Inspiseres fra trafikkrommet
PE-skum og nettarmert sprøytebetong (montert i profil)	Brannseksjonering. Bolteavstand 1,2x1,2 m eller 1,35x1,35 m.
Sprøytebetong på membran	Bolteavstand 1,2x1,2 m
Støp	Betonginspeksjon (bruinspeksjon)
LETTE HVELV	<i>Inspeksjon utført som klatring er ikke tillatt på lette hvelv (håndbok 213)</i>
Platehvelv, kassetter, eller platetak. Miljøhvelv. Stål eller aluminium.	
Tunnelduk	
Sandwich plastelementer	
KOMBINERTE HVELV	<i>Bolteavstand 3 – 4 m i vegg.</i>
Ekeberghvelv og betongelementer	
Miljøhvelv og betongelementer	Membran bak hvelv. Lett hvelv i tak
Sprøytebetong på membran og betongelementer	
Tunnelduk og betongelementer	Lett hvelv i tak

* Typegodkjente vann- og frostsikringskonstruksjoner er beskrevet i rundskriv, gjeldende rundskriv er NA 2004/20. Øvrige typegodkjente konstruksjoner er listet i *Nye godkjente løsninger for vann- og frostsikring i tunneler (pr. 1. juli 2006)*, på www.vegvesen.no. Se også Publikasjon nr. 91 *Tunnelkledninger*.

2 PLANLEGGING AV INSPEKSJONER

2.1 Generelt

Planlegging av inspeksjoner omfatter alle arbeidsoppgaver og forberedelser for klargjøring for inspeksjon av berg og bergsikring i vegtunneler, og skal følge håndbok 111 og håndbok 213.

Planlegging av inspeksjoner, rapportering og lagring av resultater fra utførte inspeksjoner og forslag til drifts- og vedlikeholdstiltak gjøres ved hjelp av Statens vegvesens standard FDV-program PLANIA.

Rutiner og resultater fra drift og vedlikehold av den aktuelle tunnelen skal være dokumentert i PLANIA, inkludert alle typer inspeksjoner og rapporter knyttet til berg og bergsikring.

Det er spesielt viktig å ha oversikt over:

- punkter som må holdes under oppsyn, og
- behovet for inspeksjonsutstyr for hver enkelt tunnel.

Det skal utarbeides rapport fra utført inspeksjon av berg og bergsikring, se kapittel 7.

2.2 Inspeksjonsplan

I følge håndbok 111 skal det foreligge inspeksjonsplan og inspeksjonsprogram for alle tunneler med inspeksjonsfrekvens i henhold til behov.

Fra håndbok 111:

“Inspeksjon av tunnel mht berg og bergsikring

Det skal foreligge inspeksjonsplan/rutiner for berg og bergsikring basert på registrering og vurdering av tunnelens geologiske forhold og installerte sikringstiltak (håndbok 021: kap. 12).

Dersom det ikke er utført registrering og vurdering av tunnelens geologiske forhold og installerte sikringstiltak, skal det gjennomføres inspeksjon hvert år.”

Der dokumentasjon ikke foreligger foretas første inspeksjon av ingeniørgeolog.

Hovedinspeksjon av berg og bergsikring skal gjennomføres minst hvert 5. år. Der det foreligger registrering og dokumentasjon iht. krav kan inspeksjonen foretas av annen enn ingeniørgeolog / person med bergteknisk kompetanse. Skader / endringer må vurderes av ingeniørgeolog.

Spesialinspeksjon: nærmere undersøkelse av skader og andre avvik for å fastlegge nødvendige tiltak, og er basert på resultat fra annen inspeksjon. Spesialinspeksjon av berg og bergsikring utføres av ingeniørgeolog.

2.3 Forberedelser

2.3.1 Dokumentasjon av berg, bergsikring og tilkomstforhold

Dokumentasjon som gjelder berg og bergsikring, og tilkomstforhold i tunnel fremskaffes før inspeksjonen. Dette inkluderer:

- Sluttdokumentasjon, med teknisk sluttrapport
- Rapport fra tidligere inspeksjon, inkludert adkomstforhold bak hvelv
- Dokumentasjon av eventuelle utførte reparasjoner, utbedringer o.l. som gjelder bergsikring og vann- og frostsikring
- Eventuell fotografisk dokumentasjon eller laserscanning av vegger/heng i tunnelen
- Berg, bergsikret berg, eller vann-/frostsikringshvelv m/type hvelv (stedsangivelse)
- Antall og plassering av inspeksjonsluker.

I tunneler under bygging registreres geologi og bergsikring i tunnelregistreringssystemet Novapoint Tunnel. For tunneler eller strekninger i tunneler der dokumentasjon ikke foreligger, foretas kartlegging/ registrering og lagring av geologi og bergsikring -så langt det er mulig, hvelvtype og adkomstforhold bak hvelv. Denne registreringen foretas av geolog (se kap. 4.2).

2.3.2 HMS-tiltak

Håndbok 213 gir overordnede bestemmelser for alt arbeid i trafikkerte tunneler. I det følgende er noen punkter som angår inspeksjon av berg og bergsikring nevnt:

- Sikker jobb analyse (SJA) utarbeides av de som skal utføre inspeksjonen, og skal gjennomgås og underskrives av alle de involverte før oppstart
- Vurdering av behov for, og utføring av tunnelvask
- Inspeksjons- og tilkomstutstyr
- Bekreftelse på at det elektriske anlegget er uten berøringsfare
- Bruk av stige ved arbeid i høyden (over 2 meter) skal kombineres med fallsikringsutstyr
- Ved arbeid i tunnel skal det alltid være minst to personer samtidig. Ved arbeid bak hvelv: alltid minst tre personer samtidig bak hvelvet og minst en utenfor (sikkerhetsvakt)
- Behov for samband skal vurderes. For inspeksjon bak hvelv er ikke mobiltelefon tilstrekkelig.

Ved arbeid bak hvelv gjelder i tillegg:

- Tilrettelegging for inspeksjon bak hvelv (se også kap. 2.4)
- Krav til kurs og opplæring
- Krav til personlig verneklær og verneutstyr ved arbeid bak hvelv
- Det skal brukes bærbart måleutstyr for gasser / luftkvalitet
- Behov for rednings- og frigjøringsutstyr vurderes i hvert enkelt tilfelle iht. beredskapsplan for tunnelen
- Ved inspeksjon bak hvelv skal tunnelen stenges.
- Det er ikke tillatt å klatre på lette hvelv.

Noen punkter som det er spesielt viktig å være oppmerksom på:

- Bekreftelse på at det elektriske anlegget er uten berøringsfare. EX-kabelanlegg (luftstrek) skal være gjort spenningsløs eller det skal være iverksatt spesielle prosedyrer før arbeid med blant annet rensk eller geologiske undersøkelser.
- Luftkvaliteten i tunnel og bak hvelv skal kartlegges: Spesiell oppmerksomhet rettes mot tunneler med lavbrekk og lukkede rom. Materialer bak hvelv kan også gi avgasser som blir oppkonsentrert i lukket rom, for eksempel ulike typer plastmaterialer til vannsikring og frostisolasjon. Det må sjekkes at det er tilstrekkelig luft/oksygen bak lukkede hvelv. Måling av radon bør også vurderes.
- Rester av sprengstoff fra byggefasen er funnet i tunneler i forbindelse med inspeksjon eller ettersikring. Beredskapsplanen bør inneholde rutiner for håndtering av eventuelle funn av ikke-registrerte sprengstoffrester under inspeksjonen.

2.4 Tilrettelegging for inspeksjon bak hvelv

Håndbok 213 beskriver krav og retningslinjer som gjelder ved arbeid bak hvelv. I det følgende gis utfyllende beskrivelse til noen punkter.

Skilting / merking

Stedsangivelse skjer med referanse til tunnellop og profilering / kilometrering. Det er viktig å forsikre seg om at riktig kilometrering benyttes.

Stedsangivelse skal skiltes/merkes. I tunneler med hvelv benyttes skilt foran og bak hvelv og på begge sider av vegbanen. Erfaringer sier at det bør skiltes for hver 10. meter, på grunn av nøyaktig kartlegging og stedfesting av funn under inspeksjonen. Vegg i tunneler / strekninger i tunneler uten hvelv kan skiltes/merkes hver 20. meter.

Brannseksjonerte felt i vann- og frostsikringshvelv bør skiltes/merkes i trafikkrommet.

Inspeksjonsluker

Adkomst til baksiden av hvelv er via dører og luker i tverrslag og/eller inspeksjonsluker. Inspeksjonsluker er plassert i nødstasjoner, havarinisjer eller i hvelv-veggene. Dørene må være åpne før inspeksjonen starter.

Det er oftest trange partier bak hvelvene, det er derfor viktig med tilstrekkelig antall inspeksjonsluker for å sikre adkomst langs sålen så langt dette er mulig.

Der det ikke er etablert luker kan georadar i noen tilfeller benyttes til måling av avstanden mellom hvelv og berg, for å bestemme mest gunstige lukeplassering tilpasset tilgjengelig plass bak hvelvet. Utstyret pr. i dag kan ha noen begrensninger med hensyn til bruk i tunnel.

Inspeksjonsluker i hengen kan etableres for inspeksjon bak lette hvelv eller i områder der stabiliteten skal følges opp.

Sikring av utstikkende bolteender

Utstikkende bolteender utgjør en fare. Bolteender bak hvelv sikres ved kutting (inkl. behov for korrosjonsbeskyttelse), eller ved annen beskyttelse.

Stiger

Fastmonterte stiger på baksiden av hvelvet gir en trygg adkomst til toppen av hvelvet (se eksempel i figur 3.2). I noen tunneler er slike stiger ettermonterte. Det er en fordel å montere stiger samtidig med hvelvkonstruksjonen. Stiger må gjennomgå systematisk vedlikehold og sikkerhetsinspeksjon før bruk.

Sikringswire

En fastmontert sikringswire kan benyttes på toppen av hvelv med få opphengsbolter og glatt underlag. Sikringswire er ettermontert i noen tunneler. Sikringswire og tilhørende utstyr må sikres vedlikehold og spesiell sikkerhetsinspeksjon før utførelse av geologisk inspeksjon bak hvelv.

3 INSPEKSJONS- OG TILKOMSTUTSTYR

Krav til utstyr ved inspeksjon i tunneler er gitt i håndbok 213. I det følgende gis en oversikt over utstyr/ tilleggsutstyr som gjelder ved geologiske inspeksjoner.

3.1 Personlig inspeksjonsutstyr

Personlig verneutstyr og tilkomstutstyr avhenger av om inspeksjonen foregår i trafikkrommet, langs sålen bak hvelv eller på hvelv (spesialinspeksjon).

Inspiserende geologer bør ha med følgende utstyr for registrering:

- Renskespett/hammer
- Notisbok
- Kompass
- Kniv
- Digitalt kamera
- Tommestokk, målebånd
- Merkespray
- Prøveposer og vannfast tusj

Utstyr skal festes til kroppen under spesialinspeksjoner med klatring på hvelv.

3.2 Tilkomstutstyr for inspeksjoner i tunneler uten hvelv

Ved geologisk inspeksjon av tunneler uten hvelv benyttes korg eller arbeidsplattform.

De vanligste er:

- Kurvlift montert på lastebil
- Selvgående lift
- Sakselift
- Plattformbil/bakstuffbil
- Hjullaster med spesielt godkjent arbeidsplattform

3.3 Tilkomstutstyr for inspeksjoner bak hvelv i tunneler

Vederlag og heng inspiseres ved bruk av stige, og/eller ved bruk av tekniske hjelpemidler (se 4.4.1).

Ved inspeksjon gjennom takluker benyttes korg eller arbeidsplattform i tunnelrommet.

Adkomst til vederlag og eventuelt opp på hvelv sikres ved å benytte stige kombinert med personlig fallsikringsutstyr. Stige kan være enten fastmontert eller en lett bærbar og sammenleggbare stige med lengde 4 – 5 m. Løse stiger skal festes sikkert, til for eksempel opphengsbolter. Teleskopstang kan benyttes for innfesting av tau i høyden.

Fallsikringsutstyr skal alltid benyttes der det arbeides i høyden, dvs. over 2 meter.

Følgende godkjent arbeidssikrings-/fallsikringsutstyr er nødvendig (personlig utstyr):

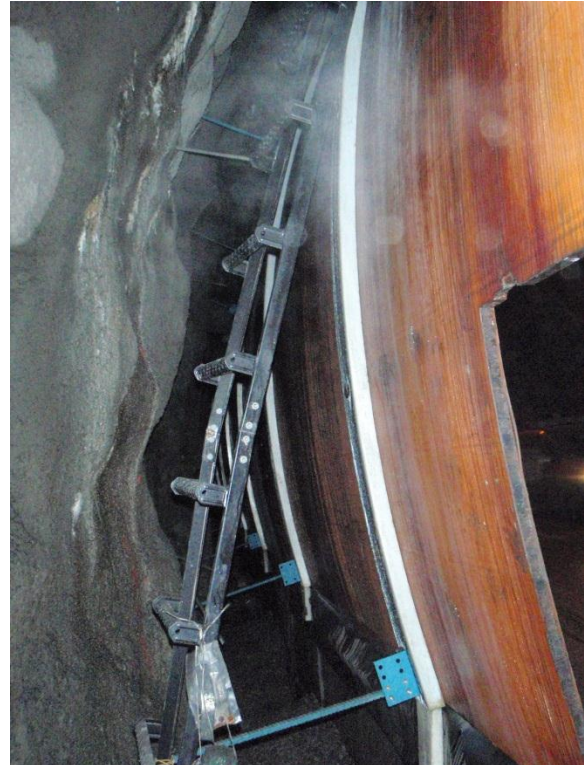
- Klatresele (hel kroppssele, ev. sitteseie kombinert med brystsele)
- Tauverk
- Dobbel fangline med falldemper
- Støttetropper
- Kniv
- Slynger

Listen er ikke uttømmende, utstyr tilpasses i hvert enkelt tilfelle.

Alt tilkomstutstyr skal kontrolleres årlig.



Figur 3.1 Inspeksjon bak hvelv i tunnel. Fra øvelse med test av utstyr. Merk sikret bolteende øverst til venstre i bildet. (Foto: B. Dolva)



Figur 3.2 Eksempel på fastmontert stige for inspeksjon. Merk monteringsbolter nederst - som gjør arbeid langs sålen tidkrevende og vanskelig. (Foto: T. Åndal)

4 GJENNOMFØRING AV INSPEKSJONER

4.1 Generelt

Inspeksjon av berg og bergsikring og vurdering av stabilitet i vegtunneler skal generelt omfatte registrering av skader og mangler. Se kapittel 5 Skaderegistrering og vurdering.

For registrering benyttes skjema som vist i vedlegg II, med koder for berg (F), sprøytebetong (S), bergsikringsbolter (B) og øvrige skader/mangler (M), som vist i tabell 5.1. Registreringene dokumenteres i tillegg med beskrivelser og fotografier. Områder som er uten skader, og områder som ikke er inspisert / ikke er tilgjengelig for inspeksjon skal være avmerket i skjemaet.

Skader / endringer som observeres ved bruk av tekniske hjelpemidler skal tolkes og vurderes, med henvisning til observasjonsmetode.

I situasjoner der korttidsstabiliteten vurderes som usikker kontaktes oppdragsgiver straks. Det bestilles spesialinspeksjon av området (ref. håndbok 111), eventuelt med en utvidet/ekstern kontroll.

Inspeksjon av selve vann- og frostsikringskonstruksjonene er ikke en del av denne rapporten. Rapporten inkluderer registrering av skader på hvelv som skyldes nedfall av berg/bergsikring, og rapportering av skader som krever utbedring. Eksempler kan være: korrosjon på monteringsbolter, materialskader på hvelv som kan medføre manglende lufttetting, manglende vann-/ frostsikring, redusert brannsikkerhet, o.a. Observasjoner av skader som har betydning for sikkerheten registreres (f.eks. foto) og rapporteres til oppdragsgiver.

4.2 Kartlegging av udokumenterte tunneler

I tunneler / strekninger i tunneler der registreringer og dokumentasjon av berg og bergsikring ikke kan fremskaffes, gjennomføres en geologisk kartlegging - så langt det er mulig. Denne kartleggingen utføres av ingeniørgeolog. Resultatene rapporteres og lagres.

Følgende skal kartlegges:

- Bergartsbeskrivelse, for eksponert berg
- Leirsoner, knusningssoner, andre svakhetssoner. Forløp og bredde av soner
- Bomt berg, avløste blokker, småfallent berg
- Stabilitetssikring
- Vanndrypp / fukt / vanninntrengning

Der det finnes leirholdige soner som kan påvirke langtidsstabiliteten, må det tas leirprøver. Prøvene merkes tydelig, og leveres til analyse for svelletest (frisvelling) og eventuell ødometertest.

4.3 Inspeksjon fra trafikkrommet i tunneler

Tunneler med eksponert berg / bergsikret berg, og punktvis vannsikring, inspiseres ved å observere nedfall, oppsprekking, skader/mangler ved bergsikring, vann og indikasjoner på ustabile forhold.

Tunneler som er vann-/frostsikret med PE-skum på knøl - med eller uten sprøytebetong som brannsikring, inspiseres ved å observere tegn til nedfall/bevegelse bak PE-skumplatene, eller eventuelt skader i sprøytebetongen som kan skyldes nedfall bak hvelvet. Nedfall som gir deformasjoner på lette hvelv kan i noen tilfeller observeres fra trafikkrommet.

Fotografering eller laserscanning av heng og vegger kan benyttes til dokumentasjon i alle typer tunneler. Resultatene tolkes og sammenlignes med tidligere registreringer, der slike finnes.

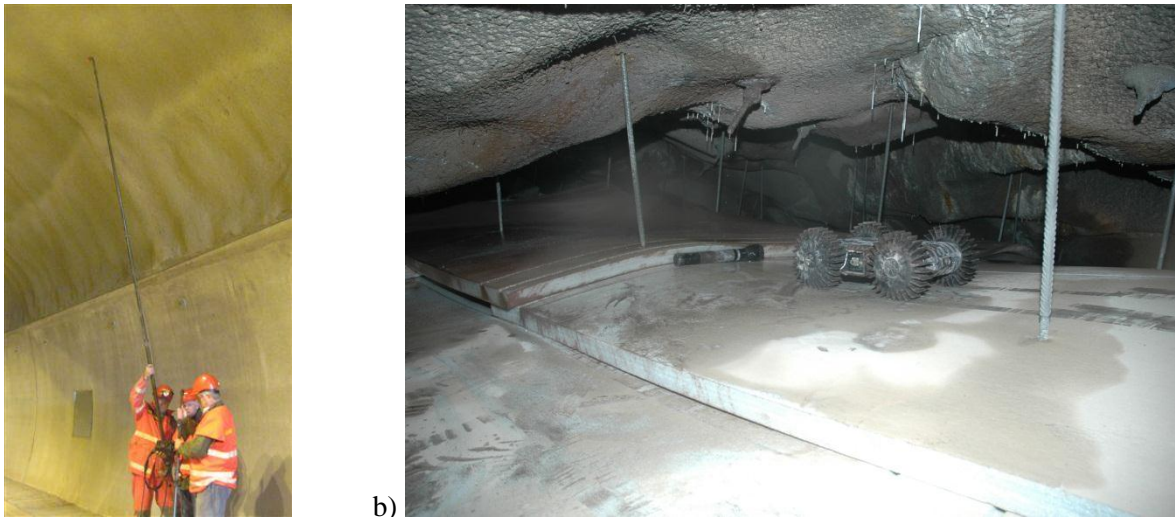
4.4 Inspeksjon i tunneler bak hvelvkonstruksjonen

Inspeksjon bak hvelv utføres langs sålen på begge sider. Plassforhold og områder som er utilgjengelige for inspeksjon angis på registreringsskjemaet – der denne informasjonen ikke finnes fra tidligere.

Ved inspeksjon på trange steder må utførende vurdere om registreringen kan utføres innenfor de sikkerhetskrav som er stilt, jf. kapittel 2.3.

Hele profilet inspiseres der det er mulig. Vederlag og heng kan inspiseres ved bruk av teleskopstige eller ved bruk av tekniske hjelpemidler som angitt under. Alternativt etableres takluker for inspeksjon fra korg/arbeidsplattform i tunnelrommet.

4.4.1 Bruk av tekniske hjelpemidler og overvåking



a) b)
Figur 4.1 Fra tester av bruk av tekniske hjelpemidler ved inspeksjon (Frodeåstunnelen, 2007). Teleskopstang med kamera (a) og fjernstyrt robot med kamera (b). (Foto: A. Kveen)

Teleskopstang med kamera

Teleskopstang som kan forlenges opp til 5,5 m er testet for bruk ved inspeksjon i tunnel (figur 4.1 a). Påmonterte LED-lys med infrarød lyssensor gir tilstrekkelig lys for kameraet.

Teleskopstangen kan brukes fra trafikkrommet for inspeksjon gjennom takluker, eller fra sålen bak hvelv for å se etter nedfall oppå hvelvet. Ulempen er at stangen må foldes sammen ved passering av monteringsboltene for hvelvet.

Robot med påmontert kamera

Robotkjøretøy med påmontert kamera kan benyttes til observasjon av eventuelle nedfall på hvelv (se eksempel i figur 4.1 b). Det finnes ulike kamerasystemer med ulik oppløsning.

Metoden har begrensninger når det gjelder fremkommelighet. Skinner og kabelfremføring på tvers av tunnelen representerer hindringer. På glatt underlag, for eksempel membran, er det vanskelig å ha kontroll på roboten. Robot uten ledning kan kjøre seg fast eller falle ned. Robot med ledning er lettere å redde ved fastkjøring, men er mindre mobil. I nye tunneler kan det monteres en kjøreskinne for roboten. Dette krever vedlikehold og egen inspeksjon før bruk.

Laserskanning

Laserskanning fra trafikkrommet kan brukes til å dokumentere og inspisere tunneler. Metoden er foreløpig relativt ressurskrevende.

En høyopløselig skanner kan detektere opprissing ned på millimeternivå ved å kjøre skanningen flere ganger over et tidsintervall. Metoden setter store krav til bestemmelse av posisjon for å oppnå den nøyaktigheten som kreves for sammenligning med tidligere inspeksjoner/skanninger.

Overvåking av spesielle partier

Overvåking av spesielle partier i tunnel er aktuelt i enkelte tilfeller. Dette kan gjelde soner som vurderes som ustabile, og/eller i påvente av sikringstiltak.

Overvåking kan utføres ved hyppige inspeksjoner. Der det ligger biter av sprøytebetong eller bergartsmel/-nedfall på hvelv, kan nytt nedfall enkelt observeres ved å legge en presenning over hvelvet.

Innfylling med gips i sprekker kan ofte gi et raskt visuelt bilde av pågående deformasjoner. Konvergensmålinger kan i noen tilfeller benyttes.

Overvåkingskamera er en alternativ metode. Det kan i tillegg monteres bevegelsessensor på kameraet. Fordelen med en slik installasjon er at entring av rommet bak hvelv ikke er nødvendig for inspeksjon.

Andre metoder har vært presenterte, for eksempel fiberoptiske kabler og montering av geofoner som registrerer bevegelse/vibrasjoner. Felles for slike installasjoner er at de er kompliserte, de krever hyppig oppfølging, og resultatene skal tolkes. Metodene kan som alternativ benyttes på helt spesielle områder/konstruksjoner som krever overvåking.

4.4.2 Spesialinspeksjon på toppen av hvelv

Spesialinspeksjon krever som regel at inspeksjon utføres ved å klatre opp på hvelvet. For utstyr og krav, se kapittel 3.3 og håndbok 213.

Der det vurderes at faren for ras/nedfall fra tunnelhengen er stor, skal det ikke klatres på hvelvet under de aktuelle områdene.

Nødvendig inspeksjon og sikring kan gjennomføres fra trafikkrommet ved eventuelt å rive ned vann- og frostsikringskonstruksjonen omkring det aktuelle stedet.

5 SKADEREGISTRERING OG VURDERING

5.1 Generelt

Inspeksjonen utføres langs hele tunnelstrekningen, og med registrering områder som ikke er tilgjengelig for inspeksjon. Ved inspeksjonen registreres både skader og områder uten skader / endringer.

Skader og mangler på stabilitetssikring – sprøytebetong og bolter, samt ustabil berg vurderes og klassifiseres for hver lokalitet, eventuelt over definerte strekninger. For en mest mulig ensartet registrering av skader er hver av disse gitt en kode, som definert i tabell 5.1. En lokalitet kan gis flere koder, for eksempel for sprøytebetong, bolter, vann, m.m.

Tilstanden dokumenteres i skjema, samt med beskrivelse, fotografier, eventuelt tegninger/skisser.

Tabell 5.1 Oversikt over skadetyper, med koder og beskrivelse

Berg (F)	Sprøytebetong (S)	Bolter til bergsikring (B) ¹⁾	Øvrige skader/mangler (M)
F1 – nedfall $d < 0,3 \text{ m}^3$	S1 – nedfall	B1A – korrosjon Rustgrad A	M1 – manglende / ikke utført bergsikring (sprøytebetong, bolter etc.)
F2 – nedfall $d > 0,3 \text{ m}^3$	S2 – riss	B1B – korrosjon Rustgrad B	M2 – mangler ved utført bergsikring / utførelsesfeil
F3 – avløste blokker	S3 – sprekker	B1C – korrosjon Rustgrad C	M3 – manglende vedlikeholdsrensk
F4 – bom	S4 – bom	B1D – korrosjon Rustgrad D	M4 – skader på vann-/ frostsikringshvelv eller sikringsstøp ²⁾
F5 – avskalling og bergslag	S5 – avskalling	B1E – korrosjon Rustgrad E	
F6 – utpressing (pga svelleleire, alunskifer, bergspenninger)	S6 – utpressing (pga svelleleire, alunskifer, bergspenninger)	B2 – vrakbolt	
F7 – vandrypp/ fukt/ vanninntrengning	S7 – vandrypp/ fukt/ vanninntrengning	B3 – utpressing	
F8 – iskjøving	S8 – iskjøving	B4 – deformasjon	
	S9 – nedbrytning (vannkjemi, bakterier)		

¹⁾ Korrosjons-/rustgrader for bolter, se også Vedlegg I.

²⁾ Se kap. 1.4.

Stabiliteten av sikringen gis en generell vurdering ved hjelp av koder som vist i tabell 5.2.

Tabell 5.2 Gradering av stabilitet for berg og bergsikring

Gradering av stabilitet	Berg og bergsikring	Forslag til tolkning / tiltak
0	Ingen skader / endringer	Ingen tiltak
1	Svake skader / endringer	Ny inspeksjon om 5 år, ikke krav om ingeniørgeolog / bergteknisk kompetanse ved inspeksjon
2	Middels kraftige skader / endringer	Følges opp, ingeniørgeolog bestemmer intervall / behov for spesialinspeksjon
3	Kraftige skader / endringer (omfatter sammenbrudd og funksjonssvikt).	Tiltak igangsettes snarest mulig

5.2 Vurdering av berg, bolter, sprøytebetong / stabilitetssikring

Et utvalg av eksempler på skadetyperne og vurderinger er gitt i kapittel 6. I det følgende gis en gjennomgang av de ulike skadetyperne og forslag til oppfølging, for:

5.2.1 Berg (F)

5.2.2 Sprøytebetong (S)

5.2.3 Bolter (B)

5.2.4 Øvrige skader/mangler (M).

5.2.1 Inspeksjon av berg

Skader som skyldes manglende bergsikring, underdimensjonert bergsikring, o.l., se kap. 5.2.4.

Berg (F)	Kort gjennomgang av vurderinger og tiltak
F1 – nedfall, små ($d < 0,3 \text{ m}^3$)*	Små nedfall følges opp / inspiseres. Årsak til nedfall, indikasjon på utvikling til større nedfall, risiko for at det utvikles over tid.
F2 – nedfall, større ($d > 0,3 \text{ m}^3$)*	Årsak til nedfall, nedfall i heng eller vegg. Risiko for at det utvikles over tid. Hvor hurtig tiltak settes inn avhenger av hvelvtypen: betonghvelv, lette hvelv, eller uten hvelv. Tiltak kan være økt hyppighet på inspeksjon, overvåking, og reparasjon.
F3 – avløste blokker	Registrere ugunstige sprekkeretninger i omliggende område, også i heng. Sprekkefylling. Størrelse på blokker. Fare for f.eks. hvelvkonstruksjon, stabilitet. Tiltak er bolting, rensk.
F4 – bom	Høre ved å dunke med hammer/spett på blokk. I utgangspunktet liten fare for nedfall, bør følges opp ved senere inspeksjon. Omfang av bomt område. Merkes (standardmerking). Det må undersøkes om blokken er fri og eventuelt kan falle ned. Sikring ved bolting.
F5 – avskalling og bergslag	Spesialinspeksjon. Kompetanse på bergspenninger. Rensk. Tiltak avhenger av omfang, hvelvtype m.m.
F6 – utpressing (pga svelleleire, alunskifer, bergspenninger)	Vurdere årsak til utpressing og omfanget. Vegg, heng eller såle. Spesialinspeksjon. Sikring av området, tidsangivelse for tiltak, ev. med økt frekvens på inspeksjon, overvåking. Ved leirsoner: prøvetaking av leire hvis ikke utført tidligere. Ved alunskifer: undersøke vannkjemi/pH. Tiltak kan være riving av hvelv og ettersikring.
F7 – vanddrypp/ fukt/ vanninntrengning	Registrere vannmengde, omfang. Sjekk av bergforhold og stabilitetssikring (kap. 5.2.4), behov for rensk. Tiltak kan være punktsikring, etablere hvelv / vannsikring, etterinjeksjon.
F8 – iskjøving	Bortrensning av is. Oppfølging. I tunnel uten hvelv, eller bak / gjennom hvelv: betydning for omfang av sikring. Sjekk av bergforhold og stabilitetssikring (kap. 5.2.4), behov for rensk. Sikring mot vannlekkasje.

* Nedfall (F1 og F2): angitt størrelse på nedfall (d) er veiledende. Vurderes i hvert tilfelle mht. omfang og stabilitet.

5.2.2 Inspeksjon av sprøytebetong

Inspeksjonen gjelder sprøytebetong til bergsikring: sprøytet på berg, og innsprøyting av armerte sprøytebetongbuer. En hovedhensikt med registreringen er å avdekke årsaker til skader, som for eksempel svelleleire, aggressivt grunnvann i alunskifer og undersjøiske tunneler eller underdimensjonering.

Sprøytebetong (S)	Kort gjennomgang av vurderinger og tiltak
S1 – nedfall	Omtrentlig volum av nedfall registreres. Det noteres om det er heftbrudd eller sprekker i berg og om nedfallet kommer fra heng, vederlag eller vegg. Registrer tykkelser og ev. sammenheng med S7 og S9. Vurder risiko for videre utvikling. Tidspunkt for tiltak er avhengig av hvelvtypen. Tiltak kan være økt hyppighet av inspeksjon/overvåking eller reparasjon.
S2 – riss	Følge opp skadeutvikling, vinter og sommer. Det kan være bevegelse også på smale riss. I noen situasjoner er det aktuelt å tegne opp rissmønstre.
S3 – sprekker	Registrere gjennomsettende sprekker og måle typiske sprekkeåpninger ev. også sprekkemønstre. Følg opp skadeutvikling f.eks. ved bruk av gips over sprekker. Avhengig av størrelse og omfang av sprekker: økt frekvens av inspeksjon, vinter og sommer. Ved videre utvikling og fare for utfall: planlegg reparasjon.
S4 – bom	Høre ved å dunke med hammer/spett på sprøytebetongflaten. Utstrekning av bomt område er ofte tegnet opp med spray under byggeperioden. Bør undersøkes om det har skjedd en utvikling med opprissing eller nedfall, eller om området er blitt større. Merking. Bolting.
S5 – avskalling	Registrer omfang. Om nødvendig utfør rensk. Ettersikring, eventuelt overvåking.
S6 – utpressing (pga svelleleire, alunskifer, bergspenninger)	Vurdere årsak til utpressing og omfanget. Vegg, heng eller såle. Spesialinspeksjon. Sikring av området, tidsangivelse for tiltak, ev. med økt frekvens på inspeksjon, overvåking. Ved leirsoner: prøvetaking av leire hvis ikke utført tidligere. Ved alunskifer: undersøke vannkjemi/pH. Tiltak kan være riving av hvelv og ettersikring.
S7 – vanddrypp/ fukt/ vanninntrengning	Registrering av vann på sprøytebetong: våte flater, vanddrypp eller rennende vann. Sjekk av bergforhold og stabilitetssikring (kap. 5.2.4). Tiltak kan være punktsikring, etablere hvelv, etterinjeksjon.
S8 – iskjøving	Bortrensning av is. Oppfølging. I tunnel uten hvelv, eller bak / gjennom hvelv: betydning for omfang av sikring. Sjekk av stabilitetssikring (kap. 5.2.4). Sikring mot vannlekkasje.
S9 – nedbrytning (vannkjemi, bakterier)	Nedbrytingseffekter på sprøytebetong på grunn av vannbelastning (S7). Årsaker kan være angrep av klorider, sulfatangrep, syre/bakterier. Bruk kniv for å undersøke for løs betong i våte partier og oppgi antall mm skade innover. Beskrive omfang, utfellinger og fargenyanser (f.eks. syredannende bakteriebelegg i undersjøiske tunneler), svekket betong (betongmel m.m.) og omfang av fiberkorrosjon. Målinger av pH i vann bør utføres der det er tydelig skade, og helst etablere eksponeringsklasse iht. NS-EN 206-1. Prøvetaking. Tiltak varierer fra overvåking til reparasjon/forsterkning eller rivning/ny betong.

Skader som skyldes manglende bergsikring, underdimensjonert bergsikring, o.l., se kap. 5.2.4.

5.2.3 Inspeksjon av bolter til bergsikring

Bolter til bergsikring (B)	Kort gjennomgang av vurderinger og tiltak
B1A – korrosjon Rustgrad A	Helt uskadet armering med matt grå hinne. Misfarging av stålet. Ingen synlige korrosjonsprodukt.
B1B – korrosjon Rustgrad B	Første små spor av rust. Overflatekorrosjon. Synlige korrosjonsprodukt dekker kun avgrensede områder eller punkter. Vabler og blærer i pulverlakk
B1C – korrosjon Rustgrad C	Jevnt fordelt overflaterust. Synlige korrosjonsskader. Korrosjonsprodukter dekker alt eller det meste av stålet. Korrosjonen har i liten grad redusert ståltykkelsen og styrken på stålet.
B1D – korrosjon Rustgrad D	Kraftig avskallende overflaterust og tydelig tverrsnittsreduksjon. Korrosjon som i stor grad har redusert ståltykkelsen og stålets styrke
B1E – korrosjon Rustgrad E	Groptæring
B2 – vrakbolt	Antall. Vurdere betydning for stabilitet, og ev. ny sikring.
B3 – utpressing av bolt	Vurdere årsak til utpressing og omfanget. Vegg eller heng. Spesialinspeksjon. Sikring av området, tidsangivelse for tiltak, ev. med økt frekvens på inspeksjon, overvåking. Prøvetaking av leire.
B4 - deformasjon	Deformasjon av skive, mutter eller halvkule. Vurdere årsak: f.eks. bergspenninger. Oppfølging.

Skader som skyldes manglende bergsikring, underdimensjonert bergsikring, o.l., se kap. 5.2.4.

Generelt

- I de fleste tilfeller kan kun bolteende/plate observeres. Løse bolter vurderes spesielt, og behov for prøvetrekking vurderes.
- Beskrivelse av om observasjonen gjelder enkeltbolter eller alle / flere bolter over et større område.
- Endeforankret eller gyst bolt: mulig betydning for stabilitet.
Eksempel: endeforankret bolt med korrodert mutter: rustgrad D, har tapt funksjon og må erstattes. Gyst kamstålbolt har fremdeles funksjon som bergsikring der mutter/plate har rustgrad D.

Korrosjon og rustgradering

For at korrosjon skal finne sted, må korrosjonsbetingelsene være til stede: tilgang på vann og oksygen. Korrosjonsangrepet kan være mer eller mindre jevnt fordelt over hele boltene, eller lokalisert til visse punkter. Klassifisering av korrosjonsomfang for armeringsstål i betong er beskrevet i håndbok 136 *Inspeksjonshåndbok for bruer*, der korrosjon gis en inndeling i fem rustgrader (A til E). Rustgradene er her benyttet for klassifisering av korrosjon på bergbolter og øvrig sikringsmateriell.

Se Vedlegg I *Rustgrader, bolter* for utdypende beskrivelse av de ulike rustgradene.

5.2.4 Inspeksjon av øvrige skader og mangler

Stabilitetssikring, vurdering av tilstand og om sikringen er tilstrekkelig. Vurderes i sammenheng med funn som gjelder berg, sprøytebetong og bolter.


Øvrige skader/mangler (M)	Kort gjennomgang av vurderinger og tiltak
M1 – manglende/ ikke utført bergsikring	<p>Boltemerking - ikke utført. Ikke utført gysing. Sprøytebetong mangler. I vegg eller heng? Type vann-/frostsikringshvelv (betong / lett hvelv).</p> <p>Vurdere funksjon som stabilitetssikring: vurderes i sammenheng med omfang, bergforhold og sikringsmidler. Behov for ettersikring vurderes.</p>
M2 – mangler ved utført bergsikring/ utførelsesfeil	<p>For tynn sprøytebetong. Tykkelse på sprøytebetong sjekkes der det er mulig (sprekker, utfall).</p> <p>For korte bolter, feil utført gysing, armering i buer o.a., der det er mulig å observere. Løse bolter, vrakbolt. Bolter uten feste til skive, ikke strammet bolt. Bøyd bolt.</p> <p>I vegg eller heng? Type vann-/frostsikringshvelv (betong / lett hvelv).</p> <p>Vurdere funksjon som stabilitetssikring: vurderes i sammenheng med omfang, bergforhold og sikringsmidler. Behov for ettersikring vurderes.</p>
M3 – manglende vedlikeholdsrensk	<p>I tunneler med bart berg: trafikkikkerhet, vedlikehold. Nedfall, løse blokker.</p> <p>Vegg eller heng. Planlegge tiltak: drift / rensk eller omfattende bergsikring.</p>
M4 – skader på vann-/ frostsikringshvelv eller sikringsstøp	<p>Løst berg/bergsikring som forårsaker skader, utbuling o.a. på vann- og frostsikring montert på knøl.</p> <p>Registrere andre skader (alle typer hvelv) som skyldes påkjørsel, vann/is, m.m., som kan ha betydning for hvelvets funksjon, levetid, brann- og/eller trafikkikkerhet.</p> <p>Eks.: - rift/skade: vannlekkasjer i trafikkrom, oppbygging av is.</p> <p>- Sprøytebetong til brannsikring: nedfall av biter, eksponering av PE-skum. Sprekker i betongstøp.</p>

6 EKSEMPLER: SKADETYPER OG VURDERING

I det følgende er gitt noen eksempler på skadetyper beskrevet i denne rapporten, med vurdering av eksemplene.

Berg (F)
Sprøytebetong (S)
Bolter (B)
Øvrige mangler (M)

Presentasjon av eksempler:

 <p>(FOTO)</p>	<p>Kode (F, S, B eller M) (<i>tabell 5.1</i>): Foto viser:</p> <p>Skadetype Kode Gradering av stabilitet: 1, 2 eller 3 (<i>tabell 5.2</i>)</p> <p>Beskrivelse/tiltak: Beskrivelse og vurdering av eksempelet. Forslag til tiltak</p>
---	---

Figur x Eksempel på (*kode*)



Figur 1 Eksempel på F1 Holmestrandtunnelen (bilde tatt fra takluke) (Foto: M. Lindstrøm)

F1: Nedfall ($d < 0,3 \text{ m}^3$) fra heng på tak av platehvelv.

Skadetype **F1**

Gradering av stabilitet: 2

Beskrivelse/tiltak:

Mengden av nedfall utgjør ikke noen umiddelbar risiko. Fare for utvikling over tid. Hengen inspiseres spesielt for å avdekke ev. alvorlige bakenforliggende årsaker.



Figur 2 Eksempel på F2 Baneheia (Foto: Region sør)

F2: Nedfall ($d > 0,3 \text{ m}^3$) bak hvelv-vegg av betongelementer.

Skadetype **F2**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Hvelvet rives rundt ras-stedet, rensk og sikring av vegg. Så snart som praktisk mulig: ut fra styrken på hvelvet.

Ny inspeksjon rundt rasstedet, spesielt se etter svelleleire/dypforvitring.



Figur 3 Eksempel på F2 Storvikskar (Foto: M. Lindstrøm)

F2: Nedfall ($d > 0,3 \text{ m}^3$) fra heng på tunnelduk.

Skadetype **F2**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Hvelvet rives rundt ras-stedet, rensk og sikring, reetablering av hvelv. Så snart som praktisk mulig.

Ny inspeksjon rundt rasstedet, spesielt se etter svelleleire/dypforvitring.



F3: Avløste blokker

Skadetype: **F3**

Gradering av stabilitet: 2

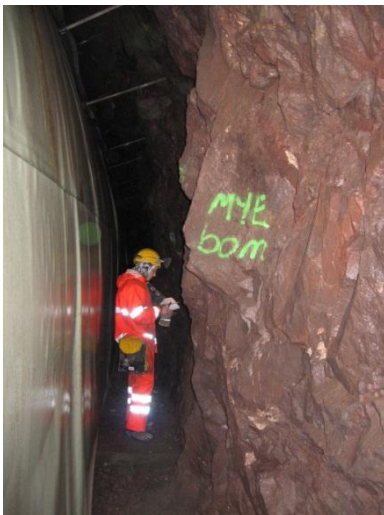
Beskrivelse/tiltak:

Vurdere størrelse på blokk / blokker. Sprekkeretning vegg og heng, og langs tunnelen. Sprekkefylling.

Type av hvelvkonstruksjon.

Tiltak: Merking av blokker. Bolting, ev. rensk. Løse blokker bør sikres. Kartlegging viser om tiltak er umiddelbart eller på sikt.

Figur 4 Eksempel på F3 Avløste blokker (Foto: A. Neby)



F4: Bom i berg

Skadetype: **F4**

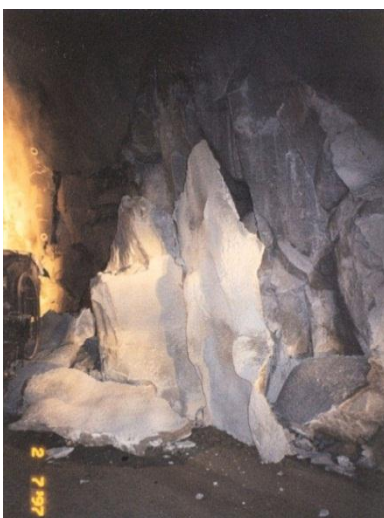
Gradering av stabilitet: 2

Beskrivelse/tiltak:

Merkes. Stabilitet vurderes ut fra omfang, ev. utvikling, og oppsprekking.

Følges opp ved senere inspeksjoner. Ved utvikling: planlegge sikring. Vurderes også i forhold til type hvelv (betong / lett hvelv).

Figur 5 Eksempel på F4 Bom i berg (Foto: A. Neby)



F5: Avskalling

Skadetype: **F5**

Gradering av stabilitet: 3

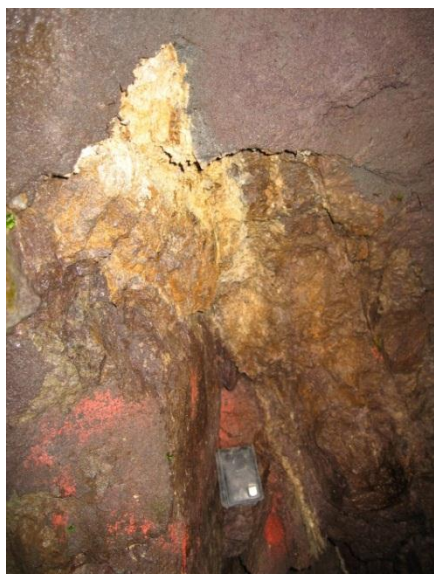
Beskrivelse/tiltak:

Bergspenninger. Rensk og sikring. Stabilitetsvurdering. Omfang, oppfølging.

Sprøyting. Bolting med endeforankrete bolter.

Måling av deformasjoner.

Figur 6 Eksempel på F5 avskalling pga bergslag (fra Fløyrlil kraftverk) (Foto: A. Neby)



Figur7 Eksempel på F6 Leirsoner (Foto: O.C. Ødegaard)

F6: Utpressing pga svelleleire

Skadetype: **F6**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Spesialinspeksjon. Omfang, bergforhold, bevegelse.

Prøvetaking av leire; svellestyrke - omfang av sikring.

Planlegge sikringstiltak.



Figur8 Eksempel på F6 Utpressing pga svelleleire (Foto: A. Neby)

F6: Utpressing pga svelleleire

Skadetype: **F6**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Spesialinspeksjon. Omfang, bergforhold, bevegelse.

Prøvetaking av leire; svellestyrke - omfang av sikring.

Planlegge sikringstiltak.



Figur9 Eksempel på S1. Nedfall av sprøytebetong.
(Foto: E. Iversen)

S1: Nedfall av sprøytebetong på hvelv, tak.

Skadetype: **S1**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Nedfall skyldes svelleleire.

Spesialinspeksjon.

Overvåke utvikling. Vurderes i forhold til styrke på hvelv.

Planlegge reparasjon.



Figur10 Eksempel på S2. Riss med kalkutfelling. (Foto: P. Hagelia)

S2: Riss i sprøytebetong, med kalkutfelling.

Skadetype: **S2**

Gradering av stabilitet: 1

Beskrivelse/tiltak:

Bak hvelv eller i trafikkrom? Hugge vekk utfelling som ev. kommer i trafikkrommet. Ellers ingen tiltak.



Figur11 Eksempel på S3 Sprekker. Baneheia (Foto: Region sør)

S3: Sprekker i sprøytebetong

Skadetype: **S3**

Gradering av stabilitet: 2

Beskrivelse/tiltak:

Sjekk fare for utfall, tykkelse på sprøytebetong.

Følges opp, f.eks. ved å smøre på gips.

Vurderer tiltak for overvåking av deformasjon.



Figur12 Bom i sprøytebetong (Foto: A. Neby)

S4: Bom i sprøytebetong

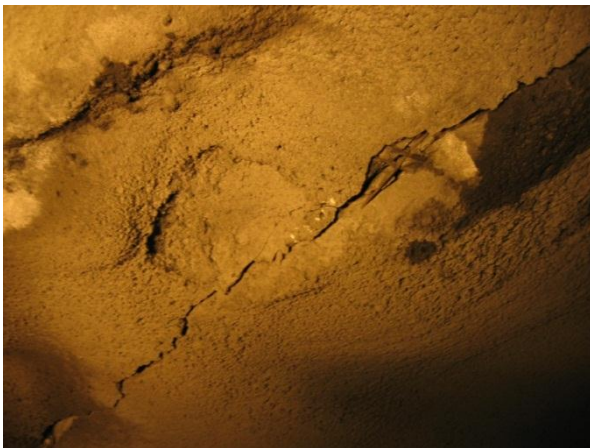
Skadetype: **S4**

Gradering av stabilitet: 1

Beskrivelse/tiltak:

Merking. Stabilitet vurderes ut fra omfang, ev. utvikling, og oppsprekking.

Følges opp ved senere inspeksjoner. Ved utvikling: planlegge sikring. Vurderes også i forhold til type hvelv (betong / lett hvelv).



Figur13 Eksempel på S5 Avskalling. Baneheia (Foto: Region sør)

S5: Avskalling av sprøytebetong.

Skadetype: **S5**

Gradering av stabilitet: 2

Beskrivelse/tiltak:

Fare for nedfall av sprøytebetong.

Type hvelv.

Spesialinspeksjon. Undersøke bergforhold.

Planlegge sikringstiltak.



Figur14 Eksempel på S5 Avskalling (Foto: T. Humstad)

S5: Avskalling av sprøytebetong.

Skadetype: **S5**

Gradering av stabilitet: 2

Beskrivelse/tiltak:

Nedfall av sprøytebetong. Bøyd bolteplate (til venstre for avskallet område).

I trafikkrom eller bak hvelv.

Spesialinspeksjon. Undersøke bergforhold.

Planlegge sikringstiltak.



Figur15 Eksempel på S6 Utpressing pga svelleleire
(Foto: E. Iversen)

S6: Utpressing pga svelleleire

Skadetype: **S6**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Spesialinspeksjon. Omfang, bergforhold, bevegelse.

Overvåking. Prøvetaking av leire: svellestyrke - omfang av sikring.

Planlegge sikringstiltak.



Figur16 Eksempel på S6 Utpressing pga svelleleire
(Foto: O.C. Ødegaard)

S6: Utpressing pga svelleleire

Skadetype: **S6**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Spesialinspeksjon. Omfang, bergforhold, bevegelse.

Overvåking. Prøvetaking av leire: svellestyrke - omfang av sikring.

Planlegge sikringstiltak.



Figur 17 Eksempel på S6 utpressing pga. alunskifer. Fra kjellerrom i Oslo. (Foto: P. Hagelia)

S6: Utpressing og nedfall av sprøytebetong pga svellende alunskifer

Skadetype: **S6**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Spesialinspeksjon. Omfang, bergforhold, bevegelse.

Prøvetaking vannkjemi.

Planlegge sikringstiltak.



Figur18 Eksempel på S9 i undersjøisk tunnel. Innfelt foto viser sterk grad av utlutning i ytterste 3 - 4 cm betong, Oslofjordtunnelen (Foto: P. Hagelia)

S9: Nedbrytning av sprøytebetong. Bakterievekst (undersjøisk tunnel).

Skadetype: **S9**

Gradering av stabilitet: 2

Beskrivelse/tiltak: Nedbryting av sprøytebetong i undersjøisk tunnel pga syredannende bakterievekst: består av en lagdelt biofilm av rustfarga jernbakterier utenpå mørke manganutfellinger. Nedbrytingstypen er typisk for små lekkasjevolum der salt lekker ut over større betongoverflater.

Tiltak: Vurdere omfang av løs overflatebetong. Mål pH i vannet og ta prøver. Bakteriebelegget spyles vekk hvis mulig. Dersom gjenværende betongtykkelse er mindre enn dimensjoneringsgrunnlaget bør en planlegge reparasjoner.



Figur19 Eksempel på S9 (nedbrytning). Tykk fuktig gipsutfelling på undersjøisk betong. Merk at fargen ligner på betong. Freifjordtunnelen. (Foto: P. Hagelia)

S9: Nedbrytning av sprøytebetong med gipsbelegg. (undersjøisk tunnel).

Skadetype: **S9**

Gradering av stabilitet: 1 - 3

Beskrivelse/tiltak: Slike gipsbelegg er nært tilknyttet bakterielt angrep på undersjøisk sprøytebetong og forekommer i noen gamle tunneler.

Tiltak: Kartlegge omfanget. Gipsbeleggene kan bli opp til flere cm tykke og strekke seg over flere hundre løpemeter tunnel. Der det er behov for forsterkning / oppgradering av sprøytebetongen må belegget fjernes for å unngå seinere avskalling ved sulfatangrep. Gipsbelegg som er våte og myke vil i stor grad kunne spyles vekk, men en bør være mer nøyaktig enn ordinær spyling før påføring av sprøytebetong.



Figur20 Eksempel på B1, rustgrad A. (Godøytunnelen)
(Foto: Region sør)

B1-A: Korrosjon
Misfarging av bolt.

Skadetype: **B1-A**
Rustgrad: A
Gradering av stabilitet: 1

Beskrivelse/tiltak:
Misfargingen kan skyldes smuss og skitt fra byggefase og driftsfase.
Ingen tiltak. Sjekkes ved neste hovedinspeksjon.



Figur 21 Eksempel på B1, rustgrad B (Foto: Region sør)

B1-B: Korrosjon

Skadetype: **B1-B**
Rustgrad: B
Gradering av stabilitet: 1

Beskrivelse/tiltak:
Synlig korrosjon i overflaten.
Ingen tiltak. Sjekkes ved neste hovedinspeksjon.



Figur 22 Eksempel på B1, rustgrad B (Foto: Region sør)

B1-B: Korrosjon

Skadetype: **B1-B**
Rustgrad: B
Gradering av stabilitet: 1

Beskrivelse/tiltak:
Vabler i pulverlakk.
Ingen tiltak. Sjekkes ved neste hovedinspeksjon.



B1-C: Korrosjon

Skadetype: **B1-C**

Rustgrad: C

Gradering av stabilitet: 2

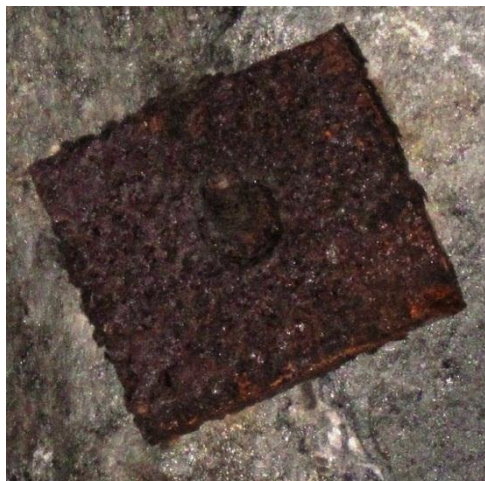
Beskrivelse/tiltak:

Dekkende overflatekorrosjon.

Sjekk bestandighet, stabilitet.

Behov for prøvetrekking.

Figur 23 Eksempel på B1, rustgrad C (Foto: Region sør)



B1-D: Korrosjon

Skadetype: **B1-D**

Rustgrad: D

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Dyptgående korrosjon. Styrken og funksjonen til bolten er tapt. Konsekvens av skaden vurderes i forhold til bergkvalitet og antall bolter med skader.

Ettersikring.

Figur24 Eksempel på B1, rustgrad D (Foto: Region sør)



B1-D: Korrosjon

Skadetype: **B1-D**

Rustgrad: D

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Dyptgående korrosjon av halvkule. Fjerning av tykt korrosjonslag avslører en ruglete ståloverflate.

Styrken og funksjonen til bolten er tapt.

Konsekvens av skaden vurderes i forhold til bergkvalitet og antall bolter med skader.

Ettersikring.

Figur 25 Eksempel på B1, rustgrad D Dyptgående korrosjon (Ellingsøytunnelen) (Foto: Region sør)



Figur26 Eksempel på B1, rustgrad E (Foto: A. Kveen)

B1-E: Korrosjon
Groptæring av bolt.

Skadetype: **B1-E**
Rustgrad: E
Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:
Styrken på bolten er tapt.
Ettersikring.



Figur27 Eksempel på B4 Deformasjon

B4: Bolt og skive - deformasjon

Skadetype: **B4**
Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:
Vurdere årsak til deformasjon på skiven.
Omfang. Vurdere behov for ettersikring.



Figur28 Eksempel på B4 Deformasjon (Foto: A. Neby)

B4: Bolt og skive - deformasjon

Skadetype: **B4**
Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:
Deformasjonen kan tyde på høye
horisontale spenninger. Omfang.
Vurdere behov for ettersikring.



Figur 29 Eksempel på M1 Ikke utført bergsikring. (Foto: A. Neby)

M1 Ikke utført bergsikring.

Skadetype: **M1**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Bergsikring er merket, men ikke utført. Omfang?
Dårlig bergkvalitet / leirsone der buen er bygget.
Behov for ettersikring.



Figur 30 Eksempel på M2.

M2: Mangler ved utført bergsikring / utførelsesfeil

Skadetype: **M2**

Gradering av stabilitet: 1

Beskrivelse/tiltak:

Feil satt bolt.
Vurdere omfang av dårlig sikring og bergforholdene.
Følges opp ved senere inspeksjoner.



Figur 31 Eksempel på M2. Bolt uten feste (Foto: K. Klemetsrud)

M2: Mangler ved utført bergsikring / utførelsesfeil

Skadetype: **M2**

Gradering av stabilitet: 2

Beskrivelse/tiltak:

Bolt har ikke funksjon som bergsikring. Bør erstattes.
Vurdere omfang av dårlig sikring og bergforholdene.
Vurdere behov for ekstra sikring.
Følges opp ved senere inspeksjoner.



M4: Mangler / skader på vann-/frostsikringshvelv.

Skadetype: **M4**

Gradering av stabilitet: 3

Beskrivelse/tiltak:

Registreres i rapporten (foto).

Vurdere ev. skader på berg / bergsikring.

Tiltak/reparasjon med i dokumentasjonen.

Figur 32 Eksempel på M4. Rift i vannsikring, med vannlecksjer og is i trafikkrommet. Geitryggtunnelen. (Foto: O.C. Ødegaard)

7 RAPPORTERING

Utført inspeksjon skal avsluttes med rapport som beskriver skadetyper, vurdering av stabilitet og forslag til tiltak.

Rapport skal utarbeides også dersom det ikke gjøres funn eller blir funnet avvik i tunnelen.

Stedsangivelse i tunnelens tverrprofil gjøres ved å dele profilet inn i 4 soner:

venstre vegg - venstre heng/vederlag - høyre heng/vederlag - høyre vegg.

Venstre/høyre side angis i retning mot stigende profilering/kilometrering.

- **Vegg** defineres som 0-4 meter over såle.
- **Heng** er taket i tunnelen.
- **Vederlag** er området der tunnelprofilet går over fra **vegg** til **heng**.

Registreringsskjemaet (vedlegg II) viser tunnelen delt inn i høyre/venstre vegg og høyre/venstre heng.

Innhold i rapport fra tunnelinspeksjon:

Sammendrag

1. Innledning

Bakgrunn

Formål, tidspunkt, registreringsomfang og nivå, oppdragsgiver og utførende

Grunnlagsmateriale

inkl. geologisk rapport, rapport fra tidligere inspeksjoner av berg/bergsikring, generelt om sikringstyper og -mengder. Oversiktskart med kilometrering (Vedlegg).

2. Informasjon om tunnelen

Identifikasjon av objektet (Vegnr, Hovedparsell, Km fra-til: koordinater, byggeår m.m.)

Strekninger med/uten vann-/frostsikring. Type av vann- og frostsikring

Adkomstforhold

Nisjer/tverrslag eller andre steder med utvidet profil

For tunneler med hvelv bør følgende beskrives (ikke uttømmende):

- Adkomst bak hvelv – henviser til kart/skjema/tabell som viser adkomsten
- Inspeksjonsluker – plassering og avstand mellom lukene

For tunneler uten hvelv bør følgende informasjon være med (ikke uttømmende):

- Blotningsgrad av bart berg
- Vann- og frostsikring, typer
- Informasjon om ev. rensk og ettersikring / andre tiltak etter siste hovedinspeksjon.

3. Geologisk beskrivelse (For tunneler som ikke tidligere er kartlagt)

Kortfattet beskrivelse av geologiske forhold

Generelle trekk i tunnelen (svakhetssoner, dominerende sprekkeplan, områder med leire etc)

Oppsummering av relevant geologisk informasjon/geologiske forhold

Eventuell dokumentasjon fra driften.

4. Informasjon om sikringsomfang

Sammenstilling fra eventuelt grunnlagsmateriale og fra inspeksjonen.

5. Funn fra tunnelinspeksjon – Forslag til tiltak

Generelt om tilstand til berg og bergsikring

Beskrivelse av funn, koordinater ev. kilometrering – oversikt skadetyper, vurdering av stabilitet, mulige årsaker til skader / svikt

Dokumenteres på registreringsskjema

Oversikt over sikringsforslag,

Vurdering, anbefaling og prioritering av tiltak, evt. kostnadsberegninger

6. HMS-forhold

Sikker Jobb Analyse (SJA)

Nyttig informasjon om den aktuelle tunnelen

Lukeplassering, adkomstforhold,

Forslag til forbedringer for å lette fremtidige inspeksjoner, f.eks. behov for antall nye luker for nødvendig tilgang til hele sålen

7. Oppsummering / videre arbeider

Hovedkonklusjon - beskrivelse av tilstand og stabilitet generelt, oversikt skadetyper, anbefalte tiltak, ev. kostnadsberegninger

Videre arbeider: Tidspunkt for tiltak, utvidet inspeksjonsomfang, områder som bør følges opp, spesialinspeksjon av bestemte områder (f.eks. oppsummert i tabell).

Oppsummering av tiltak (forslag til oppsett)

km/stedsangivelse	Anbefalt hurtig tiltak / spesialinspeksjon	Bør følges opp (1 - 5 år)
x - x	x (F,S,B,M)	
x - x		x (F,S,B,M)
x - x		

8. Referanser

Vedlegg til rapporten

Oversiktskart og detaljkart

Kartleggings skjemaene fra inspeksjonen

Grunnlagsmateriale

Tegnforklaringer

Fotodokumentasjon med stedsangivelse og forklaring av skadetyper

Ev. laserscanning.

Kopi av signert Sikker Jobb Analyse (SJA)

(Listen er ikke uttømmende)

8 REFERANSER

Statens vegvesen håndbok 021 Vegtunneler

Statens vegvesen håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold av riksveger

Statens vegvesen håndbok 136 Inspeksjonshåndbok for bruer

Statens vegvesen håndbok 213 HMS ved arbeid i vegtunneler

Publikasjon nr. 91 Tunnelkledninger. Statens vegvesen Vegteknisk avdeling 1998.

NS-EN 3424 Tilstandsanalyse for byggverk.

NS-EN 206-1 Betong. Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar.

VEDLEGG

- I Rustgradering, bolter. Utdypende beskrivelse til kap. 5.2.3.
- II Skjema for registrering av berg og bergsikring i tunnel.

VEDLEGG I: Rustgradering, bolter

Kapittel 5.2.3 omhandler inspeksjon og vurdering av bolter, blant annet korrosjon. I det følgende gis en utdypende beskrivelse av korrosjonsskader på bolter, basert på gradering av rustskader gitt i håndbok 136 *Inspeksjonshåndbok for bruker*.

Korrosjon og rustgradering

For at korrosjon skal finne sted, må korrosjonsbetingelsene være til stede dvs. tilgang på vann og oksygen. Korrosjonsangrepet kan være mer eller mindre jevnt fordelt over hele boltens, eller lokalisert til visse punkter som skyldes skader på korrosjonsbeskyttelsen eller stålet, ulik stålqualität (legeringsvariasjoner) over boltens eller ulike korrosjonsbetingelser over boltens lengde (som tilgang på vann og oksygen).

I håndbok 136 (kap. 7.3.8) graderes korrosjonsomfang av armeringsstål i betong i fem rustgrader (A til E). Rustgradene, gjengitt i tabell I-1, kan være relevant også for klassifisering av korrosjon på bergbolter og øvrig sikringsmateriell. En forskjell mellom armeringsstål i brukonstruksjoner og bergbolter er bruk av korrosjonsbeskyttelse. Tabellen dekker derfor ikke alle typer av degradering og korrosjon på bergbolter.

Tabell I-1 Klassifisering av rustgrad (basert på håndbok 136)

Rustgrad	Beskrivelse
Rustgrad A	Helt uskadet armering med matt grå hinne. Misfarging av stålet. Ingen synlige korrosjonsprodukt.
Rustgrad B	Første små spor av rust. Overflatekorrosjon. Synlige korrosjonsprodukt dekker kun avgrensede områder eller punkter. Vabler og blærer i pulverlakk
Rustgrad C	Jevnt fordelt overflaterust. Synlige korrosjonsskader. Korrosjonsprodukter dekker alt eller det meste av stålet. Korrosjonen har i liten grad redusert ståltykkelsen og styrken på stålet.
Rustgrad D	Kraftig avskallende overflaterust og tydelig tverrsnittsreduksjon. Korrosjon som i stor grad har redusert ståltykkelsen og stålets styrke
Rustgrad E	Groptæring

I det følgende gis en kort beskrivelse av rustgrad A - D.

Rustgrad A – Misfarging

Misfarging av stål uten synlig korrosjonsskade eller korrosjonsprodukter på stålet. I enkelte tilfeller kan misfarging helt eller delvis ha andre årsaker enn korrosjon på stålet, for eksempel oksidasjonsprodukter fra berget, fargenyanser i stålet eller skitt/smuss fra anleggsperioden og driftsperioden.

Misfarging antas ikke å ha betydning for stålqualiteten eller levetiden på stålet.

Rustgrad B - Delvis overflatekorrosjon, vabler i pulverlakk

Korrosjonsomfanget antas ikke å ha betydning for styrken på bolt eller plate, men har betydning for levetiden på stålet siden det er grobunn for videre og mer alvorlig korrosjon.

Stålet er synlig korrodert kun i overflaten. Korrosjonen er ujevnt fordelt, med mellomrom av ukorrodert stål mellom de korroderte punktene eller områdene. Korrosjonsprodukter er synlige med det blotte øye. Korrosjonen har ikke medført endringer av betydning i ståloverflaten. Opprinnelig overflatestruktur er beholdt, men det kan være mindre skader i ståloverflaten.

Vabler i pulverlakk på bolter med dobbel korrosjonsbeskyttelse. Dannelse av vabler og avskalling av pulverlakk virker reduserende på boltens levetid siden ståloverflaten eksponeres for korrosjon, men skadene antas ikke å ha innvirkning på boltens kapasitet alene.

Rustgrad C - Dekkende overflatekorrosjon

Korrosjonsomfanget antas å ha begrenset betydning for styrken på bolten, men har stor betydning for levetiden på stålet siden korrosjonen dekker hele bolten og vil kunne utvikles videre med en mer dyptgående korrosjon. Lite av opprinnelig korrosjonsbeskyttelse er tilbake.

Korrosjonen dekker mer eller mindre hele bolten. Stålet er ikke synlig, men tilsynelatende korrodert kun i overflaten. Opprinnelig overflatestruktur er beholdt, men det kan være mindre skader i overflaten, for eksempel små groper i stålet. Vabler i rustlaget i begrenset omfang.

Rustgrad D - Dyptgående korrosjon

Bergsikringen har passert sin levetid. Korrosjon dekker hele bolten, og stålet er tydelig korrodert også i dybden. Den opprinnelige overflatestrukturen er endret, med større og mindre skader i ståloverflaten, for eksempel små groper og/eller ujevn ståloverflate som vises når korrosjonsproduktene (rusten) fjernes. Korrosjonsproduktene forekommer i tykke lag utenpå stålet og skaller også av. Lagene som omslutter stålet er gjerne vablete og lagdelte, med luft mellom tynne lag av rust.

Stålet har tapt såpass mye tykkelse ved korrosjon at styrken antas å være betydelig redusert eller helt tapt. Korrosjonen har meget stor betydning for levetiden på stålet siden korrosjonen allerede har svekket hele eller deler av bolten.

Lite eller ingenting av den opprinnelige korrosjonsbeskyttelsen er tilbake eller er virksom.

VEDLEGG II

Skjema for registrering av berg og bergsikring i tunnel

Forslag til skjema er vist på neste side.

I tillegg til kodene for berg, sprøytebetong, bolter og andre mangler (på skjema) kommer registrering av:

- strekninger med bart berg
- strekninger med stabilitetssikret berg (inkl. bolter, sprøytebetong, bånd, nett, o.a.)
- strekninger med vann- og frostsikringshvelv, og type hvelv
- registreringer utført i enkeltlokalitet eller større felt
- strekninger uten skader / endringer
- strekninger observert ved bruk av tekniske hjelpemidler
- områder bak hvelv som ikke er tilgjengelige for inspeksjon, f.eks. brannseksjonering, betongstøp/tung sikring
- plassforhold: avstand mellom berg og hvelv
- inspeksjonsluker
- andre forhold av betydning (f.eks. spennvidde, endringer i tunnelsålen m.m.).

Symboler / Fargekoder. Tegnforklaring

Inspeksjon

Tunnel:	Tunnel id:	Dato:	Utført av:
---------	------------	-------	------------

Pel nr:

- Berg (F)**
- F1 nedfall d<0,3 m³
- F2 nedfall d>0,3 m³
- F3 avløste blokker
- F4 bom
- F5 avskalling og bergslag
- F6 utpressing (pga svelleleire, alunskifer, bergspenninger)
- F7 vanddrypp/ fukt/ vanninntrengning
- F8 iskjøving
- Sprøytebetong (S)**
- S1 nedfall
- S2 riss
- S3 sprekker
- S4 bom
- S5 avskalling
- S6 utpressing (pga svelleleire, alunskifer, bergspenninger)
- S7 vanddrypp/ fukt/ vanninntrengning
- S8 iskjøving
- S9 nedbrytning (vannkjemi, bakterier)
- Bolter til bergsikring (B)**
- B1A korrosjon, Rustgrad A
- B1B korrosjon, Rustgrad B
- B1C korrosjon, Rustgrad C
- B1D korrosjon, Rustgrad D
- B1E korrosjon, Rustgrad E
- B2 vrakbolt
- B3 utpressing pga svelleleire
- B4 deformasjon: skive, mutter, kule
- Øvrige skader/mangler (M)**
- M1 manglende / ikke utført bergsikring
- M2 mangler ved utført bergsikring/ utførelsesfeil
- M3 manglende vedlikeholdsrensk
- M4 skader på vann-/ frostsikringshvelv

Notater:



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen