



Statens vegvesen

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 - 2011

Levetid på bergbolter

Statens vegvesens rapporter

Nr. 164



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Tunnel og betong
August 2012

Tittel

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler
2008 - 2011

Title**Undertittel**

Levetid på bergbolter

Subtitle**Forfatter**

Andreas Ongstad, Norconsult AS

Author**Avdeling**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavde-
lingen

Department

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavde-
lingen

Seksjon

Tunnel og betong

Section

Tunnel og betong

Prosjektnummer**Project number****Rapportnummer**

Nr. 164

Report number

No. 164

Prosjektleder

Harald Buvik

Project manager**Godkjent av****Approved by****Emneord**





Etatsprogram, Moderne vegtunneler, Tun-
nel, Bestandighet, Bergbolter

Key words**Sammendrag**

Norconsult AS har utarbeidet denne rap-
porten som omhandler levetid på bergbol-
ter. Det har blitt foretatt en gjennomgang
av tilstandsrapporter, samt kartlegging
av bergbolter i et utvalg av tunneler og
skjæringer. Dette som en del av strate-
giarbeidet i Moderne vegtunneler.

Summary

Det er gjort en tilstandsvurdering av bol-
tesikringen i 13 tunneller og en skjæring,
samt frisprenge bolter fra to tunneler
under rehabilitering. I denne sammenheng
er det utarbeidet et system for klassifiser-
ing av korrosjonsgrad. Rapporten kommer
videre med anbefalinger til videre under-
søkelser av bergbolter i felt og i laborato-
rium.

 <p>Norconsult AS, Hovedkontor Postboks 626, 1303 SANDVIKA Vestfjordgaten 4, 1338 SANDVIKA Telefon: 67 57 10 00 Telefax: 67 54 45 76 E-post: firmapost@norconsult.com www.norconsult.no Foretaksreg.: NO 962392687 MVA</p>		RAPPORT	
		TITTEL MODERNE VEGTUNNELER Delprosjekt 0 – Strategi for vegtunneler Levetid på bergbolter	
		OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Vegdirektoratet	
		OPPDRAGSGIVERS KONTAKTPERSON Alf Trygve Kveen	
OPPDRAGSNUMMER 5013053	DOKUMENTNUMMER 0002	UTARBEIDET Andreas Ongstad	
DATO 21.03.2011	REVISJON 02	FAGKONTROLLERT Anders Kr. Vik	
ANTALL SIDER OG BILAG 37 / 120		GODKJENT Jens Petter Henriksen	

SAMMENDRAG

Delprosjektet “Levetid på bergbolter” har hatt som mål å teste og underbygge levetid for ulike boltetyper i representative norske tunneler, med tanke på fremtidig 100 års designlevetid på selve bergsikringen.

Det er foretatt en gjennomgang av tilstandsrapporter fra et utvalg av tunneler for kartlegging av registreringer av korrosjon på bolter og øvrige stålprodukter brukt til bergsikring og vann- og frostsikring. Rapportene som er gjennomgått har hatt fokus på tunnelstabilitet og den mekaniske tilstanden til sikringen. Korrosjon på sikringen er i mindre grad belyst, noe som kan ha sammenheng med at det har vært lite å registrere. I framtidige tunnelinspeksjoner bør det i større grad også gjøres en dokumentasjon på tilstand til bergsikringen med tanke på korrosjon og levetid enn det som gjøres i dag, ved bruk av standardiserte klassifikasjonssystemer og registrering av bolttype, type korrosjonsbeskyttelse, bergart og grunnvannets surhet.

Det er gjennomført tilstandsvurderinger i 13 tunneler og skjæringer for å kartlegge tilstand på boltesikringen. Vurderingene i tunnelene er gjort visuelt fra sålen i vegtunnel, tverrforbindelse, tverrslagstunnel eller bergrom for pumpestasjon der det har vært enkel tilkomst til berg og sikring. Det er ikke foretatt kartlegging bak hvelv. Det er ved vurderingene bare tilstanden på den synlige delen av boltene (utstikkende bolteende, halvkule, mutter, underlagsplate) som er kartlagt. For å vurdere den skjulte delen av boltene må det gjøres utboring med kjerneboring. Dette er ikke gjort i denne fasen, men vil være aktuelt for flere lokaliteter i neste fase.

Det er registrert endeforankrede bolter, fullt innstøpte bolter og kombinasjonsbolter med ingen, enkel eller dobbel korrosjonsbeskyttelse. På de fleste boltene er det registrert ingen eller begrenset korrosjon. I hovedsak er det registrert misfarging av stål og små spor av korrosjon, dessuten noe overflatekorrosjon på deler av boltene, først og fremst på gjenger og bolteender. Med noen unntak som beskrevet i rapporten er det ikke observert noe som kan betegnes som skadelig korrosjon på boltene kapasitet og levetid.

I de undersjøiske tunnelene der inspeksjon er foretatt i tunnelenes pumpestasjoner, ble det for de to eldste Ålesundtunnelene observert omfattende korrosjon på alle boltene, mens det i Godøytunnelen var noe mindre korrosjonsomfang. Det ble også observert vabler i pulverlakken på bolter i to undersjøiske tunneler.

Det er samlet inn frisprenge bolter fra to tunneler som har vært under rehabilitering. Det var lite korrosjon å registrere på boltene, verken på den inngyste delen eller den eksponerte delen av boltene.

Mekaniske skader som kan settes i tilknytning til sikringsutførelsen ble observert på bolter i Godøytunnelen. Ved uvøren behandling av boltene vil det lett kunne oppstå skader som går gjennom korrosjonsbeskyttelsen. Levetid på boltene vil i så tilfelle kunne reduseres i forhold til tilsvarende uskadet bolt.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	MODERNE VEGTUNNELER	3
2	DELPROSJEKT LEVETID PÅ BERGBOLTER	4
2.1	Om delprosjektet	4
2.2	Foreliggende dokumentasjon fra tunnelinspeksjoner	4
2.3	Tilstandsvurdering av boltesikring	4
3	GJENNOMGANG AV RAPPORTERING FRA TUNNELINSPEKSJONER	6
3.1	Rapportering fra inspeksjoner i vegtunneler	6
3.2	Gjennomgåtte rapporter fra tunnelinspeksjoner	6
4	TILSTANDSVURDERING AV BOLTESIKRING I TUNNELER OG SKJÆRINGER	9
4.1	Praktisk gjennomføring	9
4.2	Registreringer i tunneler	9
4.3	Registreringer i skjæringer	17
5	FRISPRENGTE BERGBOLTER	18
5.1	Innsamling av bolter	18
5.2	Tunneler under rehabilitering	18
5.3	Tilstand på mottatte bolter	19
6	SAMLEDE VURDERINGER	21
6.1	Bolter og øvrig sikringsmateriell	21
6.2	Korrosjonsbeskyttelse på sikringsmateriell	22
6.3	Korrosjonsgrad	23
6.4	Usikkerhetsmomenter ved registreringene	30
7	KONKLUSJONER	31
7.1	Korrosjonsomfang i inspiserede tunneler	31
7.2	Korrosjonsomfang på innsamlede frisprenget	32
7.3	Registreringer ved fremtidige tunnelinspeksjoner	32
7.4	Håndtering av sikringsmateriell ved utførelse av sikring	33
8	UNDERSØKELSER AV BOLTER – FASE 2	34
8.1	Aktuelle lokaliteter	34
8.2	Aktuelle undersøkelser i felt	34
8.3	Aktuelle undersøkelser i laboratorium	34
9	REFERANSER	36
10	VEDLEGG	37
	Vedlegg 1 – Sammendrag tunneler og skjæringer	37
	Vedlegg 2 – Geografisk plassering av tunneler	37
	Vedlegg 3 – Fotodokumentasjon	37

1 MODERNE VEGTUNNELER

Statens vegvesen ønsker med forskningsprosjektet “Moderne vegtunneler” å utarbeide forslag til strategier for nye vegtunneler. Hensikten med delprosjekt 0 – “Strategi for vegtunneler” er å utvikle helhetlige strategier som skal sikre høy kvalitet, sikkerhet og forutsigbarhet i forbindelse med planlegging, bygging, drift og vedlikehold av nye vegtunneler. En av hovedideene bak forskningsprosjektet er å kunne bygge nye tunneler slik at de har lengre levetid og bedre teknisk standard enn dagens vegtunneler.

Som permanent sikring i vegtunneler benyttes i dag både endeforankrede bolter og kombinasjonsbolter/fullt innstøpte bolter. Det som i første rekke påvirker bolters bestandighet er lav pH, tilgang på oksygen og tilgang på vann. Dette bekreftes bl.a. i en svensk undersøkelse (rapport fra SveBeFo, [1]). En konklusjon i rapporten er også at risikoen for korrosjon av boltestål minimeres om forinjeksjon utføres slik at borehullene er tørre ved monteringen av bolter. Tetting av tunnelen anses derfor for å være det viktigste bidraget, utenom innstøpingen, for å sikre maksimal levetid.

Et system med fullt innstøpte bergbolter er i seg selv et kjemisk robust system. Det er det alkaliske miljøet med høy pH-verdi som gir systemet de fordelaktige egenskapene. Forutsetningen er at boltene er fullstendig innstøpt samt at man ved monteringen anvender en gysemasse med lavt vann/semmenttall. Basert på den svenske undersøkelsen ser det ut som om en levetid på 100 år og langt over dette kan sannsynliggjøres med tiltakene nevnt over. 100 års levetid for bolter har dessuten i mange år vært akseptert som en standard i flere land og benyttet i mange store prosjekter i utlandet, basert på filosofien om minimalisering av faktorer som innvirker negativt på korrosjonsprosessen. Ved normale forhold bør man også i Norge kunne implementere tilsvarende filosofi.

I spesielle tilfeller, med meget aggressivt grunnvann, må bolters levetid vurderes spesielt, i alle fall inntil det er foretatt flere tester eller det er innhentet erfaringer fra anlegg med tilsvarende forhold.

En av konklusjonene i delprosjekt 0 er at det for best mulig sikring mot korrosjon av bolter i fremtiden kun må være tillatt med fullt innstøpte bolter og at boltene settes i tørre boltehull. Unntaket er ved høy bergspenning hvor en må benytte endeforankrede bolter. Boltene i forbindelse med den permanente sikringen utføres dessuten med dobbel korrosjonsbeskyttelse.

Delprosjektet “Levetid på bergbolter” har som mål å teste og underbygge levetid for de ulike boltetyper i representative norske tunneler. Denne rapporten beskriver gjennomføring og funn for dette prosjektet.

2 DELPROSJEKT LEVETID PÅ BERGBOLTER

2.1 Om delprosjektet

Delprosjektet “Levetid på bergbolter” har som mål å teste og underbygge levetid for ulike boltetyper i representative norske tunneler.

Delprosjektet består av to faser:

Fase 1 består av en gjennomgang av eksisterende dokumentasjon på boltetilstand i norske vegtunneler, supplert med visuell dokumentasjon av bergbolter montert i representative vegtunneler. I denne fasen påvises også aktuelle lokaliteter for tester i fase 2.

Fase 2 består av undersøkelser på utvalgte bolter gjort i felt og i laboratorium. Ikke-destruktive undersøkelsesmetoder i felt er prøvetrekking av endeforankrede bolter og måling av sementinngysning med boltometer. Destruktive undersøkelsesmetoder er utboring av bolter ved kjerneboring for senere analyser og undersøkelser gjort i laboratorium. For vurdering av tilstand og gjenværende levetid på bolter er det utboring som vil kunne gi mest relevant informasjon.

2.2 Foreliggende dokumentasjon fra tunnelinspeksjoner

Foreliggende dokumentasjon fra tunnelinspeksjoner utført i 15 vegtunneler (enkelt- og dobbeltløp) er gjennomgått for dokumentasjon av tilstand til bergsikringen. Beskrivelser og funn omtales nærmere i kapittel 3.

2.3 Tilstandsvurdering av boltesikring

Boltesikring i eksisterende tunneler og skjæringer er inspisert visuelt for kartlegging av eventuell korrosjon og korrosjonsomfang. Inspeksjon er gjennomført i tunneler som har vært tilgjengelige for dette formålet. Av spesiell interesse for prosjektet har vært følgende tunneler:

- ❖ Gamle tunneler (der det er gjort boltesikring)
- ❖ Tunneler hvor bergartene er aggressive (alunskifer, kisholdige bergarter) eller hvor grunnvannet er aggressivt (sjøvann, vann med lav pH)
- ❖ Høytrafikkerte tunneler hvor miljøet i tunnelrommet er aggressivt (svevestøv, salt, tungmetaller)

Det er også gjort innsamling av frisprenge bolter fra to tunneler under rehabilitering.

2.3.1 Inspiserte tunneler og skjæringer

Følgende tunneler og bergskjæringer er inspisert med tanke på korrosjon og degradering av boltesikring:

Tabell 1: Inspiserte tunneler og skjæringer

Tunneler:	Veg	Ferdigstilt
Oslofjordtunnelen	Rv. 23	2000
Svartdalstunnelen	E 6	2000
Nordbytunnelen	E 6	1993
Ellingsøytunnelen	Fv. 658	1987/2009
Valderøytunnelen	Fv. 658	1987/2009
Godøytunnelen	Fv. 658	1989
Hatlaåstunnelen	E 136	1986
Streketunnelen	Fv. 60	1960/1983
Storfosstunnelen	Fv. 60	1958
Hamregjøltunnelen	Fv. 60	1962/1983
Ljønbibbetunnelen	Fv. 60	1963/1983
Rælingstunnelen	Rv. 159	1998

Bergskjæringer:	Veg	
Skjæringer Langsletta–Jonsrud	Fv. 33	-

Det vises til kapittel 4 for beskrivelse og funn gjort i forbindelse med inspeksjonene.

2.3.2 Innsamling av frisprenge bergbolter

Innsamling av frisprenge bergbolter i forbindelse med tunnelombygging og -rehabilitering er gjort fra følgende tunneler.

Tabell 2: Tunneler for innsamling av frisprenge bolter

Tunneler:	Veg	Ferdigstilt
Kvalsundtunnelen	Fv. 863	1988/2011
Øksfjordtunnelen	Fv. 882	1988/2011

De innsamlede boltene og tunnelene de er hentet fra er nærmere beskrevet i kapittel 5.

3 GJENNOMGANG AV RAPPORTERING FRA TUNNELINSPEKSJONER

3.1 Rapportering fra inspeksjoner i vegtunneler

I etterkant av flere uheldige hendelser i norske vegtunneler er det i Statens vegvesens regi gjennomført inspeksjon bak hvelv i de fleste vegtunneler der berg og bergsikring er skjult av vann- og frostsikringen.

Rapporter med observasjoner og funn i de inspiserte tunnelene er utarbeidet av mange ulike aktører. Formål og detaljeringsgrad for den enkelte inspeksjon vil kunne ha variert mye. Dette gjenspeiler seg i rapportene.

Formålet med inspeksjonene har ofte vært å gjøre en vurdering av tilstand på berg og bergsikring med fokus på tunnelstabiliteten. Det er gjort registrering av løst berg og nedfall, oppsprekning og oppbomming av sprøytebetong, tilstand og belastning på bergbolter, og en generell vurdering av det sikringsarbeidet som er utført. Vurderinger av bergmassekvalitet ved bergmasseklassifisering og sprekkekartlegging, samt registrering av vannforhold, kan også ha inngått i inspeksjonene.

3.2 Gjennomgåtte rapporter fra tunnelinspeksjoner

Enkelte rapporter fra inspeksjon/tilstandskontroll av tunneler med hvelv er gjennomgått med henblikk på tilstand på boltesikring og eventuell synlig degradering av stålprodukter montert i eller på berg (bergbolter, festebolter, bånd og nett).

Levetidsvurdering av bergsikringen og kartlegging av sikringsbruk ved ulike typer bergforhold (ulike typer bolter, bergbånd og nett) har ikke vært i fokus i de rapportene som er gjennomgått. Det samme gjelder også vurdering av grunnvannets aggressivitet (pH) og kartlegging av eventuelle korrosive bergarter (alunskifer, kisholdig berg) som rapportene gir lite eller ingen informasjon om.

3.2.1 Vardøtunnelen

Vardøtunnelen på E 75 er den første undersjøiske veitunnelen i Norge, ferdigstilt i 1982. Tunnelen er 2890 m lang og har laveste punkt på 88 m.u.h. Tunnelen er drevet i sandstein. Tunnelen er sikret med utstøpning i en lengde på 630 m, hvorav 70 m er dobbel utstøpning med membran. Under bygging ble det brukt 87 000 kg sement til injeksjon for å redusere vannlekkasjer. For avskjerming av vannlekkasjer er det montert platehvelv i en lengde på 2000 m. Det er dessuten brukt 18000 bolter (varmforsinket, Ø20mm og lengde 2,4 m) som stabilitetssikring og 2600 m³ sprøytebetong (kvalitet C25). I tillegg er det montert 4500 m bergbånd (varmforsinket stigeband) og 7300 m² sikringsnett (fiskekot av nylon).

En tilstandskontroll i Vardøtunnelen ble gjennomført i 2001 av MainTech [2]. Det ble da konstatert ikke skadelig korrosjon på bolter og skiver, og boltene var godt innstøpt. Bergbånd og boltehoder så ut til å være helt uten korrosjon.

I forbindelse med bygging av Vardøtunnelen ble det besluttet å gjøre korrosjonsforsøk ved pumpeumpen. Åtte kamstålbolter av forskjellige stålkaliteter ble satt inn i drenerte boltehull, kun festet med treplugger, og lekkasjevannet ble analysert (rent sjøvann). Boltene ble undersøkt sommeren 1988, 1989 og 1992. Resultater fra forsøket er gitt i egen Intern rapport nr. 1608 [3].

Forsøkene viste ved siste vurdering, gjort i 1992, at rustfritt stål bør ha et høyt molybdeninnhold for at stålet skal være bestandig. Bolt 1 av molybdenrikt (>2,5 %) rustfritt rundstål var ved vurderingen i 1992 tilnærmet rustfri, mens bolt 2 av molybdenfattig (1,1 %) rustfritt rundstål var kraftig korrodert og til dels angrepet av groptæring. Forsøkene viste rustgjennomslag og kraftig korrosjon på gjengeparti på varmforsinkede kamstålbolter (bolt 5 og 6) belagt med ett lag epoksy, mens en varmforsinket kamstålbolt (bolt 7) med to lag epoksy hadde forholdsvis hel epoksyklakk og korrosjon begrenset til gjengepartiet. Det er ikke oppgitt den opprinnelige pulverlakktykkelsen i rapporten.

En varmforsinket kamstålbolt (bolt 8) som hadde et tykt lag av rust og punktvis rustgjennomslag ble undersøkt for korrosjonstap etter mekanisk fjerning av korrosjonsproduktene. Måleresultatene varierte fra 8 til 32 µm,

målt tilfeldig på ulike steder på bolten. Tynnslipanalyser viste at det gjenværende sinklaget varierte i tykkelse fra 0 til 55 – 60 μm . På store deler av prøve 2a tatt der det var mye korrosjon på bolten, var sinktykkelsen lik 0, dvs. sinken var helt korrodert bort. På prøve 2b var det et forholdsvis jevnt sinksjikt rundt hele bolten, fra 20 til 70 μm , gjennomsnittlig tykkelse 39 μm . Opprinnelig tykkelse på sinkbelegget oppgis å ha vært 80 μm . Langtidserfaringer viser at tilsvarende miljø som bolt 8 har stått i har en korrosjonshastighet på 4 til 6 μm i året, og målingene gjort på denne bolten tyder på et tilsvarende korrosjonstap. Korrosjonshastigheten er normalt størst de første årene og vil avta gradvis etter hvert som korrosjonsproduktene bygger seg opp.

3.2.2 *Holmestrandtunnelen*

Holmestrandtunnelen på Fv. 313 stod ferdig i 1982 og har en lengde på 1860 m. Tunnelen går gjennom sedimentære og vulkanske bergarter, og bergsikringen består av bolter, bånd, sprøytebetong og full utstøpning. Vann- og frostsikring er glassfiberhvelv og aluminiumshvelv. Ordinær tunnelinspeksjon ble utført i 2008, men ny inspeksjon ble gjort i 2009 etter det gikk et ras bak aluminiumshvelvet i den sørlige enden. Det er ingen beskrivelse av tilstand på boltesikring i de to rapportene [4], [5].

3.2.3 *Oslofjordtunnelen*

Kontroll av berg og bergsikring ble gjort av Multiconsult for Statens vegvesen Region Øst i 2004, og med en rutinemessig etterkontroll året etter, i 2005. Tilstand på boltesikringen med tanke på korrosjon er ikke omtalt i rapportene [11].

Oslofjordtunnelen er nærmere omtalt i kapittel 4.2.1.

3.2.4 *Nordbytunnelen*

Berg og bergsikring bak åtte felter med PE-skum i Nordbytunnelen ble inspisert i 2008 av Norconsult [6]. Totalinntrykket etter inspeksjonen var at bergsikringen (fiberarmert sprøytebetong og bolter) i de aktuelle seksjonene er god. Det ble ikke registrert oppsprekning av sprøytebetong eller nedfall på hvelv. Tilstand på bolter er ikke utdypet spesielt. Ved inspeksjon med videoutstyr i utilgjengelig del av hengen ble det påvist én korrodert bolteplate på festbolt for PE-skum.

Berg og bergsikring bak hvelv i begge tunnelene ble inspisert i september 2010 av Multiconsult. Det ble ikke registrert tilstand på bolter med spesielt fokus på korrosjon og levetid, men Multiconsult opplyste muntlig om at det generelt var lite korrosjon å se på boltesikringen.

Nordbytunnelen er nærmere omtalt i kapittel 4.2.3.

3.2.5 *Tunneler i Møre og Romsdal*

Åtte vegtunneler i Møre og Romsdal ble inspisert i 2009. Rapport fra inspeksjonene [7] er gjennomgått for dokumentasjon av tilstand på boltesikringen.

Tabell 3: Inspiserte tunneler i Møre og Romsdal

Veg	Tunnel	Lengde (m)	Ferdigstilt år	Bergart
Fv. 62	Øksendalstunnelen	5965	2000	Granittisk gneis
Fv. 62	Hammarentunnelen	248	2000	Granittisk gneis
Rv. 70	Gyltunnelen	1040	1977 / ~2000	Granittisk gneis, amfibolitt
E 136	Måndalstunnelen	2080	1993	Granittisk gneis
E 39	Blindheimtunnelen	830	2002	Gabbro
E 136	Innfjordtunnelen	6594	1991	Granittisk gneis
Fv. 650	Stordalstunnelen	3530	1998	Gneis
Fv. 651	Rotsethorntunnelen	3962	1999 / 2004	Gneis

Inspeksjonene omfattet vurdering av berg og sikring bak hvelv i tunneler med hvelv, med registrering av evt. bomt berg/sprøytebetong, sprekker i sprøytebetong, nedfall av stein/sprøytebetong, samt en generell vurdering

av det visuelle inntrykket av sikringsomfanget. Tilstand på bergsikringen med tanke på korrosjon er ikke dokumentert, men noe beskrivelse av degradering på bolter/festebolter er det ved to av tunnelene:

3.2.5.1 Øksendalstunnelen

Sikringen i tunnelen består av bolter og sprøytebetong, og er på et tilfredsstillende nivå. Det er utført ettersikring i form av uarmert sprøytebetong og bolter med trekantplater utenpå sprøytebetongen. Stedvis er det vannlekkasjer, ellers spredte drypp. På en plass er sprøytebetongen i veggen gjennområtten på grunn av vannskader. Dobbel korrosjonsbeskyttelse på bolter. Festebolter for Giertsenduk har kun enkel korrosjonsbeskyttelse. Det er generelt noe rust på festebolter for duk i hullkant, og rust på dukoppheng enkelte steder. På bergbolter med dobbel korrosjonsbeskyttelse er det ikke det omfanget med korrosjon (på synlig del) som ellers er observert der kun enkelt korrosjonsbeskyttelse er benyttet.

3.2.5.2 Gyltunnelen

Tunnelen bærer preg av å være undersikret selv med ettersikring i form av supplerende bolting. Med dagens sikringsstandard burde tunnelen i sin helhet vært sprøytebetongsikret i heng og vederlag, lokalt også i veggene. Dette på grunn av stedvis stor oppsprekning av bergmassen og sleppete berg. Sikringen består av bolter, bånd, nett og stedvis sprøytebetong. Flettverksnettene er korroderte, til dels kraftig angrepet og med store hull. Bergbånd er også korroderte.

3.2.6 Tunneler E18 Vestfold

Tre vegtunneler på E18 i Vestfold ble inspisert i 2007. Rapporter fra inspeksjonene [8, 9, 10] er gjennomgått for dokumentasjon av tilstand på boltesikringen.

Tabell 4: Inspiserte tunneler E18 Vestfold

Veg	Tunnel	Lengde (m)	Ferdigstilt år	Bergart
E 18	Botnetunnelene	1375/1375	2001	Rombeporfyr
E 18	Brekketunnelene	587/556	2001	Ægirinporfyr
E 18	Løkentunnelene	700/700	2001	Syenitt

Inspeksjonen omfattet bergmassestabilitet og bergsikring i tunnelene, med registrering av lokaliteter hvor berget ikke hadde tilfredsstillende stabilitet eller hvor bergsikringen var mangelfull og/eller ikke hadde den nødvendige kvalitet i utførelsen. Tilstand på bergsikringen med tanke på korrosjon er ikke dokumentert.

4 TILSTANDSVURDERING AV BOLTESIKRING I TUNNELER OG SKJÆRINGER

Det er gjort en visuell tilstandsvurdering av boltesikringen i 13 tunneler og skjæringer, som beskrevet nedenfor. Det henvises til Vedlegg 1 Sammendrag tunneler og skjæringer, Vedlegg 2 Geografisk plassering av tunneler og Vedlegg 3 Fotodokumentasjon for utfyllende dokumentasjon.

4.1 Praktisk gjennomføring

Visuell tilstandsvurdering av bergsikringen er gjort fra såle i tunnel eller i nedkant av skjæring. Det er registrert type bolt som er benyttet (endeforankret, fullt innstøpt, kombinasjonsbolt), type korrosjonsbeskyttelse, bergartstype og vannforhold. Videre er det registrert hvorvidt det er misfarging/synlig korrosjon på utstikkende del av bolt, mutter og plate. Tilsvarende registrering er også gjort der det har vært festebolter (for bånd/nett eller tunnelhvelv), bånd og nett. For dokumentasjon av korrosjonsforholdene er notatblokk og kamera benyttet.

Der det har vært tilstrekkelig med vanddrypp/rennende vann er det gjort prøving av pH med lakmuspapir for registrering av vannets surhetsgrad.

Når det har vært mulig å komme tett innpå boltene (boltet helt ned i vegg, eller stige har vært tilgjengelig på stedet) har det også blitt gjort undersøkelser av påvist korrosjon ved bruk av geologhammer og tommestokk. Tykkelse på korrosjonsmaterialet er målt med ca. 0,5 mm nøyaktighet, og tilstand på stålet er vurdert etter at korrosjonsproduktene er fjernet mekanisk.

Det er ikke benyttet hjelpemidler for adkomst til bolter i heng (som egnet lift eller bakstoffbil), men det er benyttet stige i et par tunneler for å komme noe høyere opp i vegg. Det er heller ikke gjort inspeksjon av boltesikringen ved ferdsel bak tunnelhvelv.

Inspeksjon er gjort i tunneler som har vært stengt i forbindelse med annen inspeksjon eller vedlikehold, eller der forholdene har vært slike at inspeksjon har vært mulig med trafikk i tunnelen (pumpestasjon i tunnel, kombinert gang/sykel- og vegtunnel). For to av tunnelene på Fv. 60 ble det ordnet med tunnelstengning i forbindelse med inspeksjonen.

4.2 Registreringer i tunneler

4.2.1 Oslofjordtunnelen

Tunnel:	Oslofjordtunnelen
Fylke:	Akershus/Buskerud
Kommune:	Frogn/Hurum
Veg:	Rv. 23
Lengde:	7306 m
Dybde under havet:	134 m.u.h.
Hovedbergarter:	Gneis
Ferdigstillelse år:	2000
Inspisert:	8. september 2010

Inspeksjon er gjort i adkomsttunnelen til pumpestasjonen og i tverrslagstunnelen (over saltvannssonen). Største del av vegtunnelen er kledd med vannsikring i form av betongelementer i vegg og sprøytebetonghvelv i heng, men det ble ikke gjort noen vurdering av forhold bak hvelv.

I adkomsttunnelen/bergrommet til pumpestasjonen er det sikret med sprøytebetong og bolter. Sprøytebetongen er fiberarmert, og alle boltene har dobbel korrosjonsbeskyttelse.

Tilstandsregistrering ble gjort på 11 sikringsbolter og 2 festebolter.

Ni sikringsbolter stod innsprøytet med sprøytebetong, med kun bolteende utstikkende utenfor selve sprøytebetongsikringen på enkelte av boltene. På noen av boltene ble sprøytebetong forsiktig hakket løs for

inspeksjon. På disse boltene var mutter og plate sprøytet inn og dermed ikke synlig for vurdering. Boltene var endeforankrede eller fullt innstøpte kamstålbolter.

Rundt flere av boltene som er innsprøytet var det fuktig sprøytebetong, og synlige stålfibre i sprøytebetongen var korroderte. Selve boltene (synlig bolteende/mutter) var ikke korroderte eller hadde beskjeden rustfarge på enkelte synlige gjenger. Fra berget var det et par vannlekkasjer (mer enn fukt men ikke rennende vann), og utfelling av kalk (antatt fra sprøytebetongen/boltemørtelen) og store kaker av bløt rødbrun materie (jernoksiderende bakterier). Vannlekkasje ble observert med utspring fra et par av boltehullene og fra oppsprukket berg for øvrig. Utfellinger fra berget kunne ikke for alle lokaliteter settes i klar sammenheng med de monterte boltene.

To inngyste bolter rett ved pumpeumpen er satt med plater utenpå sprøytebetongen. Pulverlakken på bolteskivene var vablete og kunne lett skrapes vekk med geologhammer slik at varmforsinkingslaget under ble synliggjort.

To festebolter med dobbel korrosjonsbeskyttelse, også rett ved pumpeumpen, hadde korroderte gjenger og bolteende. Boltene var misfarget til lett korroderte. Rustutfelling var det fra begge boltehullene.

Det er gode adkomstforhold til pumpestasjonen for en eventuell prøving av bolter eller utboring av bolter i felt.

I tverrslagstunnelen er det endeforankrede bolter kun i heng. Boltene er kun varmforsinket, men ikke noe korrosjon var å se på boltene selv om det var noe fukt både på berg og bolter.

I vegtunnelen, innenfor porten ved tverrslaget, var det montert en kamstålbolt (svartstål) til antatt opphengsformål i byggeperioden. Kammene var porøse, og man kunne ta av flak/pulver av rust med samlet tykkelse 1 mm eller mer. Det var mye vegstøv i nisjen.

4.2.2 Svartdalstunnelen

Tunnel:	Svartdalstunnelen
Fylke/kommune:	Oslo
Veg:	E 6
Lengde:	3200 m (to tunnellopp)
Hovedbergarter:	Gneis, skifer, alunskifer
Ferdigstillelse år:	2000
Inspisert:	9. september 2010

Inspeksjon ble gjort i mellomforbindelser mellom de to tunnelloppene, i verkstedhall (skjult bak hvelv) som ble drevet i forbindelse med tunnelbyggingen og i nisje ved tverrslag, begge ved pel 540.

Hele tunnelen er kledd med vannsikring i form av betongelementer i vegg og sprøytebetonghvelv i heng. Det ble ikke gjort noen vurdering av forhold bak hvelv med unntak i tverrforbindelser, bak nisje ved tverrslag og i verkstedhall.

Hovedbergart er gneis, men med en sone av alunskifer i området ved tverrslag/verkstedhall.

Sikring i tverrforbindelsene består av bolter og noen steder sprøytebetong. Enkelte av forbindelsene er kun rensket. I tunnelloppene er det benyttet bergbolter med enkel og dobbel korrosjonsbeskyttelse. Festeboltene har dobbel korrosjonsbeskyttelse. I tverrforbindelsene og i verkstedhallen har boltene kun enkel korrosjonsbeskyttelse.

I tverrforbindelsene var det lite å se av misfarging av bolteplater som kunne skyldes korrosjon, men en del skitt og støv. I en av forbindelsene stod en kamstålbolt løst i borehull, antatt svartstål. Boltene var dekket av

små vanndråper hvor det foregikk korrosjon under hver enkelt vanndråpe, og tørre punkter hvor slik korrosjon tilsynelatende har foregått tidligere.

På festebolter for tunnelhvelvet ble det ikke observert korrosjon annet enn i overgangene til andre stålprodukter, og ellers bare synlig misfarging på enkelte festebolter.

I verkstedhallen var det fuktig, og med rustutfelling fra berget mange steder. Alunskifer forekom synlig i en sleppeaktig sone (gul leirinfisert sone med bløtt berg og lukt av svovel). Heller ikke i verkstedhallen var det synlig korrosjon på bolter med enkel korrosjonsbeskyttelse.

Det ble målt surhet på grunnvann fra heng/vegg (infiltrert gjennom sprøytebetong), pH = 6 – 6,5. Det var generelt mye kalkutfelling i tunnelen (stalaktitter i heng). Fra leirinfisert alunskifer var det svart utfelling (manganoksiderende bakterier) med en blå – sølvaktig glans. Målt direkte på bergmasse med alunskifer hadde grunnvannet pH = 3.

4.2.3 Nordbytunnelen

Tunnel:	Nordbytunnelen
Fylke:	Akershus
Kommune:	Ås
Veg:	E 6
Lengde:	3850 m
Hovedbergarter:	Gneis
Ferdigstillelse år:	1993
Inspisert:	15. september 2010

Inspeksjon ble gjort i tverrforbindelsene mellom de to tunnellopene.

Hele tunnelen er kledd med betongelementer i vegg. Størsteparten av hengen består også av betongelementer, men også åtte mindre felter hvor det er sikret med PE-skum i hengen (usprøytet).

Adkomst bak hvelv er bare mulig i tunnelveggen på motsatt side av stabben mellom de to tunnelene.

Det ble ikke gjort noen vurdering av forhold bak hvelv, men det er generelt trange forhold bak hvelvet.

En stor vannlekkasje bak hvelvet kunne høres fra tunnelrommet, og ble opplyst om av Multiconsult som utførte tunnelinspeksjon (bak hvelv) samme kveld/natt.

Det er benyttet polyesterforankrede og fullt innstøpte bolter med enkel korrosjonsbeskyttelse i tunnelene og i tverrforbindelsene. Også vannsikringen i hovedtunnelen har enkel korrosjonsbeskyttelse. Boltene i tverrforbindelsene er satt utenpå sprøytebetongen der det er utført slik sikring. Bolting er i noen av nisjene kun utført i heng, andre steder både i heng og vegger.

Berget i tverrforbindelsene varierer fra å være knusktørt til noe fukt på bergoverflaten og spredte drypp. Noen av boltene står fuktig med kondens/fukt på stålet. På flere av disse boltene er det misfarging (gulning av stålet) og noe antydning til korrosjon på gjenger og bolteende (rødbrun farge), men helt uten betydning for stålets styrke. Det ble imidlertid ikke sett noen klar sammenheng mellom bolter, fukt og korrosjon, da også bolter som var fuktige kunne være helt uten korrodert bolteende mens bolter som stod tørt kunne ha korrodert bolteende. Der det var tørt var det generelt lite korrosjon å se.

En bolt var blottlagt etter strossing eller utfall. Det var ikke noe korrosjon å se på stålet, kun noe misfarging.

Det var et tynt lag vegstøv/skitt på en del av boltene som gjorde det vanskelig å vurdere hva misfarging på boltene skyldtes der disse var satt i hengen.

Grunnvannets surhetsgrad i tunnelen ble målt til pH = 5 – 6.

4.2.4 Ålesundtunnelene

4.2.4.1 Ellingsøytunnelen

Tunnel:	Ellingsøytunnelen
Fylke:	Møre og Romsdal
Kommune:	Ålesund
Veg:	Fv. 658
Lengde:	3520 m
Dybde under havet:	144 m.u.h.
Hovedbergarter:	Gneis
Ferdigstilt år:	1987 (ferdig rehabilitert 2009)
Inspisert:	26. oktober 2010

Inspeksjonen ble gjort i bergrommet til tunnelens pumpestasjon. Tunnelen var åpen for trafikk under inspeksjonen, så vurderinger ble ikke gjort i andre deler av tunnelen.

Lite fukt var å se på vegger, kun noen spredte flekker med vannfilm ble registrert. Ellers forholdsvis tørre forhold, fukt kun fra luftfuktigheten som er antatt å være høy.

Det er sikret med sprøytebetong delvis i vegg og i vederlag og heng. Det er boltet i heng og vegger med fullt innstøpte bolter og rørbolter. Boltene er satt utenpå sprøytebetongen.

Det er over 10 bolter av hver type i pumpestasjonen, sammen med nye festebolter for vannsikring satt før 2009 i forbindelse med tunnelrehabiliteringen.

Alle gamle bolter er kraftig korroderte der de er synlige. Korrosjon dekker hele plate, mutter, gjenger og kule i heldekkende lag. Fullt innstøpte bolter er uten skive. Festebolter fra rehabiliteringen har dobbel korrosjonsbeskyttelse og er ikke synlig angrepet av korrosjon.

Alle gamle bolter med antatt enkel korrosjonsbeskyttelse er massivt angrepet av korrosjon (dekker hele bolt og evt. øvrig materiell). Rustutfellinger fra mange boltehull ble registrert. Utstikkende fiber i sprøytebetong er korrodert. To bolter innerst nærmest sump er noe mindre korrodert eller hamret på tidlige, ikke helt dekket av rust på plate, men rust i flekkete og tynnere lag.

Lag med korrosjon på tykkelse 0,5 – 2 mm lar seg skrape av bolteskiver med geologhammer. På en bolt var det et 4 mm tykt korrosjonslag. Korrosjonen opptrer lagdelt i flere tynne lag med tilsynelatende mellomrom mellom lagene noen steder, mindre/ikke noe mellomrom mellom lagene andre steder. På en bolt hadde det skallet av lag med rust slik at det var en grop i rustlaget på bolteplata. Boltene er antatt å ha hatt enkel korrosjonsbeskyttelse med varmforsinking - ved avskaving av rustlag på bolteskive synliggjøres et meget tynt grønt lag over en sølvfarget ståloverflate. Den synliggjorte ståloverflaten er ujevn og med små groper – sannsynligvis er korrosjonen skjedd noe ujevnt over bolteskiven. Gjenger på bolter er nesten spist opp - fortsatt synlige, men uten noen funksjon.

Det er gode muligheter for tester. Det er kjørbart port og bolter i vegg på flere nivåer.

4.2.4.2 Valderøytunnelen

Tunnel:	Valderøytunnelen
Fylke:	Møre og Romsdal
Kommune:	Ålesund
Veg:	Fv. 658
Lengde:	4222 m
Dybde under havet:	137 m.u.h.
Hovedbergarter:	Gneis

Ferdigstilt år: 1987 (ferdig rehabilitert 2009)
Inspisert: 26. oktober 2010

Inspeksjonen ble gjort i bergrommet til tunnelens pumpestasjon. Tunnelen var åpen for trafikk under inspeksjonen, så vurderinger ble ikke gjort i andre deler av tunnelen.

Det var noe mer fukt i denne pumpestasjonen enn hva som var tilfellet i Ellingsøytunnelen. Det er antatt høy luftfuktighet, målt surhet på saltvann er pH = 6.

Det er påført sprøytebetong helt ned i veggene slik at en ikke ser berget. Sprøytebetongen dekker til dels boltene (rørbolter med skive) da det er boltesikret før sprøyting. Fullt innstøpte bolter er uten plate. Det er over 10 bolter av hver type. Boltene er antatt varmforsinkede.

Fullt innstøpte bolter som stikker ut av sprøytebetongen har korroderte ender. Det er rustutfelling på sprøytebetongen i vegg under boltehullene.

Sprøytebetongplate på innsprøytet bolteskive lot seg slå av. Det var på denne korrosjon også under sprøytebetongen, men i tynnere lag enn hva som ble observert på bolteplatene i Ellingsøytunnelen. Sprøytebetongfiber er korrodert på overflaten av sprøytebetongen (der fibre stikker ut/er synlige), men ikke inne i selve sprøytebetongen. (Sprøytebetongplate ble slått i stykker og bruddet undersøkt).

Noen nyere bolter utenpå sprøytebetongen (fra rehabiliteringen) er uten korrosjon.

Det er gode muligheter for tester. Det er kjørbare port og bolter i vegg på mange nivåer.

4.2.4.3 Godøytunnelen

Tunnel: Godøytunnelen
Fylke: Møre og Romsdal
Kommune: Ålesund
Veg: Fv. 658
Lengde: 3844 m
Dybde under havet: 153 m.u.h.
Hovedbergarter: Gneis og gabbro
Ferdigstilt år: 1989
Inspisert: 27. oktober 2010

Inspeksjonen ble gjort fra tunnelrommet og i tunnelens pumpestasjon.

Tunnelen er i hovedsak sikret med rørbolter, fullt innstøpte bolter og sprøytebetong. De aller fleste boltene har kun enkel korrosjonsbeskyttelse. Ved pumpestasjonen er det satt inn bolter med dobbel korrosjonsbeskyttelse. Det er spredt sprøytebetongsikring i vegg og heng. Mest bart berg men også felter med sprøytebetong.

Deler av tunnelen utenom bunnivået har vannsikring med PE-skum (brannsikret) eller enkle vannsikringspanel. Det er sprøytebetonghvelv i store deler av bunnivået.

Spredte drypp og fukt var å se der ikke berget var dekket til med vannsikring. Rennende vann kunne høres bak et lite panel, hvor det også var rustbrun utfelling (jernoksidierende bakterier). Surhet på saltvannet ble her målt til pH = 6. På festboltene her var det beskjedne rustdannelse.

Generelt er det et beskjedent korrosjonsomfang på boltene i tunnelen. Det er noe korrosjon på muttere og gjenger, men en stor andel av boltene har kun misfarging eller er ikke merket av korrosjon overhode. Den korrosjonen som er registrert ansees ikke som skadelig for boltene foreløpig.

Det er en del bolter med skader som kan settes i sammenheng med utførelsen av sikringsarbeidet. Skadene har lokalt ødelagt korrosjonsbeskyttelsen og åpnet for korrosjon lokalt på disse stedene.

På bolter i pumpestasjonen var det dobbel korrosjonsbeskyttelse på sikringen. Lakken er småvablete og kan skapes av med hammer eller pelles av med negl. Ved et tilfelle ble det påvist en større tett vannlomme bak lakken. Det antas derfor at det kan være vann inni vablene. Ved avskraping av lakken ble det påvist begynnende korrosjon på stålet.

Korrosjonsomfanget på bolter med enkel korrosjonsbeskyttelse i pumpestasjonen var mindre enn for Ellingsøy og Valderøy. Pumpestasjonen står ikke i lukket rom som er tilfellet for de to andre tunnelene. Det vurderes slik at dette kan ha betydning for luftfuktigheten i dette området.

Rennende vann syntes ikke å kunne settes i klar sammenheng med korrosjon på boltene. Rennende vann fra boltehull ble observert flere steder, men flere observerte "fuktige" bolter hadde ikke korrosjon mens "tørre" bolter kunne være misfarget eller korroderte. Det var rustutfelling fra berget mange steder det ikke var boltet.

Det er også i Godøytunnelen gode muligheter for tester både i pumpesump og i tunnelen for øvrig.

4.2.5 Hatlaåstunnelen

Tunnel:	Hatlaåstunnelen
Fylke:	Møre og Romsdal
Kommune:	Ålesund
Veg:	E 136
Lengde:	232 m
Hovedbergarter:	Gneis
Ferdigstilt år:	1986 (skal ikke være gjort ettersikring)
Inspisert:	26. oktober 2010

Tunnelen er en kombinert veg- og gangtunnel (med New Jersey-elementer som skiller bil og fotgjenger). Inspeksjonen ble gjort fra gangvegen i tunnelens lengde uten stengning. I tillegg ble det gjort vurdering av sikring i påhugget nærmest Ålesund.

Gneisen er en granittisk glimmergneis av forholdsvis god kvalitet, med steil foliasjon som det er oppsprukket etter på tvers av tunnelen. Tunnelen er tilsynelatende tørr, med kun spredte drypp enkelte plasser.

Sikring i tunnelen består av bolter, flettverksnett, steinsprangnett i plast, bergbånd og festebolter. Endeforankrede bolter med antatt enkel korrosjonsbeskyttelse. Det er lite/ingen sikringsbolter i vegger, en god del bolter med runde og trekantede skiver og plater i vederlag og heng. Flettverksnett og plastnett festet med festebolter er i hovedsak benyttet over gangbanen. Det er ikke sprøytebetong i tunnelen.

Vann- og frostsikring i tunnelen er gjort i portalområdene og noen felt inne i tunnelen: PE-skum + kamstål Ø 16 mm + festebolter.

I påhugget nærmest Ålesund er det boltesikring med trekantplater, flettverksnett og vannsikring.

Det er ikke registrert noe korrosjon av betydning. En del festebolter har rustflekke og en festeskive hadde rustflekker. Det var noe misfarging/lett overflatekorrosjon på flettverksnettet ved vann- og frostsikring midt i tunnelen.

4.2.6 Tunneler Fv. 60

Tunnelene på Fv. 60 er alle fra 1960-tallet, og er generelt lite sikret. Det ble gjort utvidelser og ettersikring på 1980-tallet. Det foregår rassikringsarbeider på fylkesvegen med ombygging og forlengelse av tunneler.

4.2.6.1 *Streketunnelen*

Tunnel:	Streketunnelen
Fylke:	Møre og Romsdal
Kommune:	Stranda
Veg:	Fv. 60
Lengde:	(Under ombygging i forbindelse med rassikringsarbeider på Fv. 60)
Hovedbergarter:	Gneis
Ferdigstilt år:	1960, strosset ut 1983, bygget om 2011
Inspisert:	26. oktober 2010

Ca. 200 m av gammel tunnel er ikke berørt av ombyggingsarbeidene, og det var den delen av tunnelen som ble inspisert. Meget kompetent granittisk gneis, men noen kiledannelser i heng og vederlag. To sprekkesett med vinkel 45-60 grader i forhold til tunnelaksen og et flattliggende sprekkesett parallelt foliasjonen er registrert.

Tunnelen er så å si tørr utenom et 50 m langt felt med vann- og frostsikring nærmest portalen hvor rennende vann kan høres, og et felt nært kryss til ny tunnel med en vannførende sleppe (1 – 1,5 l/min).

Det er strosset ut i hele profilet med synlige borpiper i hele tunneldelen som ble inspisert. Det er ingen gjenstående gamle bolter fra 1960.

Tunnelen har ytterst lite sikring, kun spredt bolting, ~ 1 bolt pr 5 – 10 m tunnel. Ingen bolteplater har synlig misfarging eller korrosjon, med unntak av en bolt som står i den vannførende sleppa.

Vann- og frostsikringen ser forholdsvis ny ut. Ikke noe skitt på overflater, helt korrosjonsfrie stålprodukter (ikke antydning til misfarging).

4.2.6.2 *Storfosstunnelen*

Tunnel:	Storfosstunnelen
Fylke:	Møre og Romsdal
Kommune:	Stranda
Veg:	Rv. 60
Lengde:	257 m
Hovedbergarter:	Glimmergneis, amfibolitt
Ferdigstilt år:	1958
Inspisert:	26. oktober 2010

I skjæring ved portal er det rennende vann. Misfaring – lett korrosjon på enkelte festebolter og på wire i steinsprangnett montert som isnett. Rennende vann i skjæring ved portal.

Det er rennende vann ved portal sør bak vann- og frostsikringen. Det er også ett felt med vannsikring inne i tunnelen. Også i denne tunnelen ser vannsikringen ny ut. Spredte drypp forekommer i hele tunnelen.

Berget er generelt grovblokkig gneis, men med flere sleppeparti som burde vært sikret. Det er kun 11 bolter totalt i tunnelen, og mye merking for bolter. Småfallent berg innimellom kompetent berg. De boltene som er har enkel korrosjonsbeskyttelse, og er av nyere dato. Det er ingen bolter fra da tunnelen ble drevet.

Isnett er montert også ved nordre portal. Noe misfarging (brun – rødlig farge) på selve festeboltene, ikke noe på mutter, skiver, steinsprangnettet. Kant på skiver, gjenger, mutter har noe misfarging på noen bolter.

4.2.6.3 *Hamregjøltunnelen og Ljønibbetunnelen*

Tunnel:	Hamregjøltunnelen og Ljønibbetunnelen
----------------	---------------------------------------

Fylke:	Møre og Romsdal
Kommune:	Stranda
Veg:	Fv. 60
Lengde:	588 m + 2501 m
Hovedbergarter:	Glimmergneis, amfibolitt
Ferdigstilt år:	Bygd 1962 og 1963, strosset ut og sammenslått 1983 (?)
Inspisert:	26. oktober 2010

Hamregjøltunnelen og Ljønibbetunnelen er to tunneler bygd sammen med et skredoverbygg.

Hamregjøltunnelen

Bergmassen, granittisk glimmergneis/amfibolitt, har flattliggende foliasjon med strøk på tvers av tunnelen. Det er generelt noe spredt fukt langs sprekker og spredte drypp, noe risling av vann fra bak hvelv.

Det er spredt vannsikring med hvelv av Giertsenduk i fullprofil og halvprofil samt små dukpanel. Festemateriell for Giertsenelementer har ikke antydning til korrosjon.

Det er gamle fullt innstøpte 16mm-bolter med kvadratiske plater i heng. Det er korrosjon over hele synlig del av bolt og plate på alle bolter av denne typen.

Det er gjort ettersikring med varmforsinkede bolter (med trekantplater og sfæriske skiver) og bånd i heng. Det er ikke tegn til misfarging eller korrosjon på denne sikringen. Kun på en bolt, hvor det var konstant vanddrypp fra bolteende ble det observert beskjeden korrosjon på bolt og mutter, begynnende korrosjon på halvkule.

Fiber i sprøytebetong som ettersikring er lett korrodert. Det er ettersikret mye i heng, men nesten ikke sikring i vegger.

To Swellexbolter i vegg er montert nær sørlige portal, antakelig satt som del av et forsøk. (Vegvesenet har aldri godkjent Swellex brukt som permanent sikring). Begge bolter er kraftig korrodert, med radielle flak av rust rundt hele boltene, både på utsiden og tilsynelatende også på innsiden. Boltene har tilsynelatende fortsatt noe av styrken i behold.

Ljønibbetunnelen

I Ljønibbetunnelen er det mye vannproblemer. Tunnelen, som lik de tre andre tunnelene er fra 1960-åra, ble i sin tid sikret med innstøpte svartstålbolter. I 1983 ble det utført strossing av ene siden av tunnelen og sikret med varmforsinkede bolter. Sikring med sprøytebetong er også utført i tunnelen siden den ble bygget, men bare i de dårligste partiene. Det er også i denne tunnelen svartstålbolter med firkantplater (10x10 cm) fra da tunnelen ble åpnet med mye korrosjon.

I første del av tunnelen (fra sør) er det utstøpning 30 m, deretter mye supplerende sikring i flere dårlige partier (bolter, bånd, nett, sprøytebetong). Berget er mange steder fuktig, men det er ingen korrosjon av bergsikringen utover noe mørke bolter og en og annen rød boltetupp.

Det er mye vannsikring med Giertsenduk i denne tunnelen, særlig i partiet nærmest nordlige portal hvor det er en blanding av tørre, lite boltesikrede partier og våte partier (mye Giertsenhvelv). Giertsentilbehøret er ikke synlig korrodert. Surhet på grunnvann i tunnelen ble målt til pH = 5.

Gjennomgående har gammel sikring med 16 mm-bolter og kvadratiske plater rustfarge, mørkbrun, noen steder flekker med oransje. Det er vanskelig å bedømme korrosjonsomfang nede fra vegbanen da boltene kun er i heng. Boltene er antatt ikke å være like korroderte som observert på Swellexboltene. Ut fra merking for boltesikring og utført supplerende boltesikring er disse gamle boltene erstattet eller tenkt erstattet med nye 20 mm-bolter. Et par observerte innstøpte bolter uten plate hadde korrodert utstikkende bolteende.

Ny boltesikring med forskjellige bolteskiver, festebolter, bånd og nett er lite korroderte. Det er kun noe misfarging på en mindre andel av stålproduktene. Festemateriell for Giertsenduk er ikke synlig korrodert.

Sprøytebetongfiber er korrodert, men fortsatt har fiber som stikker ut av betongen mye av styrken i behold.

4.2.7 Rælingstunnelen

Tunnel:	Rælingstunnelen
Fylke:	Akershus
Kommune:	Rælingen
Veg:	Rv. 159
Lengde:	2 x 1850 m
Hovedbergarter:	Gneis
Ferdigstilt år:	1998
Inspisert:	18. januar 2011

Det ble gjort inspeksjon over et teknisk rom ved tverrforbindelse 4, og i tverrforbindelse 5 og 6. Berget er i heng innsprøytet med fiberarmert sprøytebetong, men står noe utildekket i veggene. Ved tverrforbindelse 6 var det flere områder med rustutfellinger fra selve bergmassen og et usprøytet fuktig parti i hengen. For øvrig var det forholdsvis lite vann og fukt å se.

Både bergbolter og festebolter har enkel korrosjonsbeskyttelse med varmforsinking. Det ble ikke observert noe skadelig korrosjon på noen av disse stålproduktene. Noen få kamstålbolter hadde misfarging på ståloverflaten, og et par bolteender hadde begynnende rustdannelse. Det var montert flere øyebolter av svartstål hengen (brukt til opphenging i anleggsfasen). Heller ikke disse var i særlig grad angrepet av korrosjon – kun overflatisk rustdannelse som ikke dekket hele ståloverflaten.

4.3 Registreringer i skjæringer

4.3.1 Skjæringer Fv. 33 Jonsrud – Langsletta

Fylke:	Akershus/Oppland
Kommune:	Eidsvoll/Østre Toten
Veg:	Fv. 33
Hovedbergarter:	Sandstein, kalkbergarter, nordmarkitt
Inspisert:	17. august 2010

Bergmassen på vegstrekningen består av sandstein, kalkbergarter og nordmarkitt. Bergmassen er kraftig oksidert, med rød oksidasjonshud og rustutfellinger, antatt pga. høyt kisinnhold. Berget er kraftig foldet og knadd, med mange sprekkeretninger, ujevne sprekker og åpne slepper med rustfarget jord.

Bergskjæringene står i praksis uten sikring, men på et par lokaliteter er det montert bolter og steinsprangnett. Boltene har enkel korrosjonsbeskyttelse. Boltene ble satt rundt midten av 1980-tallet.

På de steder der det er gjort sikring, er det misfargede bolteskiver og enkelte steder også korrosjon på bolteskivene. Siden bergoverflaten selv er oksidert, er det usikkert om misfarging på boltene skyldes begynnende korrosjonsangrep på stålet, eller om mye av fargen skyldes utfellinger fra bergmassen.

5 FRISPRENGTE BERGBOLTER

Det er gjort en visuell tilstandsvurdering av frisprenge bolter fra to tunneler som har vært under rehabilitering, som beskrevet nedenfor. Det henvises til Vedlegg 2 Geografisk plassering av tunneler og Vedlegg 3 Fotodokumentasjon for utfyllende dokumentasjon.

5.1 Innsamling av bolter

I forbindelse med rehabilitering av to vegtunneler ble det sendt brev til byggeleder for innsamling av frisprenge bolter i forbindelse med utstrossing av nisjer, tverrsnittutvidelser m.m. Det ble antatt at disse boltene ville kunne gi verdifull informasjon om blant annet inngysningen av boltene, motstandsdyktigheten mot korrosjon ved ulike korrosjonsbeskyttelser og bestandigheten til mørtelen eller polyesteren.

Dokumentasjon av de geologiske forholdene og vannforholdene på stedene boltene er strosset ut er innhentet for begge de to tunnelrehabiliteringsprosjektene.

5.2 Tunneler under rehabilitering

5.2.1 Kvalsundtunnelen

5.2.1.1 Om tunnelen

Tunnelen som ligger på Fv. 863 er undersjøisk og stod ferdig i 1988. Den har en lengde på 1650 m og laveste punkt 56 m.u.h. Tunnelen går i migmatittgneis. I kontraktspapirene for tunnelen står det beskrevet endeforankrede bolter med polyester/epoksy og fullt innstøpte bolter, stålqualität KS 40 og med enkel korrosjonsbeskyttelse. I 1995 ble det gjort tilleggssikring med polyesterforankrede bolter i tunnelen. I 2010 er det gjort utskiftning av vann- og frostsikring (PE-skum), og det er strosset ut for 3 havarilommer. Tunnelen var ferdig rehabilitert i februar 2011.

De mottatte boltene er fra to ulike steder i tunnelen, havarilomme nr. 1 på Kvaløysiden, og havarilomme nr. 2 fra lavbrekk/bassengområdet i tunnelen. Det er utarbeidet et eget notat [12] i forbindelse med innsamlingen av boltene.

5.2.1.2 Geologi

Berggrunnen i Kvalsundtunnelen domineres av en mekanisk meget sterk lys migmatittisk granittisk gneis med linser og ganger av amfibolitt som til dels er klorittisk grønnstein. Det er også enkelte mektige bånd av biotitt. Gneisen er sporadisk kraftig foldet, men i hovedsak er foliasjonen orientert N40-70°V med et fall på 75-90° Ø. Oppsprekning parallelt foliasjonen forekommer bare sporadisk i gneisen, mens det i mer glimmerrike soner forekommer langt større grad av spalting. På sørsiden av pumpeumpen går det en slik 2-3 m bred, steil sone, med en svak glimmerrik bergart. Berget i denne sonen er tett oppsprukket.

5.2.1.3 Vannforhold

Da tunnelen i sin tid ble drevet var omfanget av innlekkasje fra heng og vegger beskjedent og det ble derfor ikke montert vann- og frostsikring. Lekkasje har i ettertid økt på og det har blitt montert PE-skum i flere omganger.

Ved øvre havarinisje på Kvaløysiden (havarinisje nr. 1) var deler av bergoverflaten dekket av PE-skum. Hele tunnelen var dekket av PE-skum i lavbrekket der ny havarinisje (havarinisje nr. 2) har blitt etablert. På partiet utenfor pumpeumpen var berget sikret med sprøytebetong. Vann- og frostsikringen var her helt intakt før den ble demontert

Etter av PE-skummet var tatt ned og utstrossing fullført, ble det observert en god del sporadiske drypp av sjøvann fra heng.

På partier der det er montert PE-skum er det og liten luftsirkulasjon mellom PE-skummet og bergoverflaten. Samtidig er det fuktig bak hvelvet. Dette hulrommet vil ventelig ha høy luftfuktighet, og fukten vil ha et høyt saltinnhold. Dette tilsier at boltene er tatt fra et korrosivt miljø.

5.2.2 Øksfjordtunnelen

5.2.2.1 Om tunnelen

Tunnelen ligger på Fv. 882 og stod ferdig i 1988. Tunnelen går i gabbrogneis og har en lengde på 4075 m. Det er sikret med endeforankrede bolter med polyester og fullt innstøpte bolter i tunnelen.

I tunnelen, som kun har et kjørefelt, skal det gjøres utstrossing av profilet ved syv møteplasser og bygging av ny snunisje. Kuldeporter erstattes med vann- og frostsikring. Rehabiliteringen skal være ferdig til april 2011.

Bolter fra to nisjer ble sendt Vegdirektoratet, sammen med beskrivelse av geologi på strekningene [13]. Ved nisje 4 (mellom profil 1755 og 7865) er det utført tverrsnittsutvidelser av profilet. Ved nisje 5 (mellom profil 2380 og 2470) er det utført tverrsnittsutvidelse av profilet og sprengning av ny snunisje.

5.2.2.2 Geologi

På strekningene der nisje 4 og 5 er lokalisert består berggrunnen av gabbro.

Berget ved nisje 4 er tett oppsprukket, med flere sprekkesoner og lagdeling som stryker på tvers av tunnelen. Sprekkeavstand i sonene er typisk 5 – 40 cm. I en oppknust sone er det sprekkeavstand 2 – 10 cm og sprekkefyll av sand og leire.

Ved nisje 5 opplyses det å være godt berg, og med synlige borpiper etter sprengningen. Det er registrert noen slepper og sprekkesoner i området som stryker på tvers av tunnelen, med sprekkeavstander 3 – 30 cm. Det er også et oppknust parti med rundt 4 m mektighet.

5.2.2.3 Vannforhold

Ved nisje 4 opplyses det å være vått, med innlekkasjer via sprekkeene som stryker på tvers av tunnelen. Ved nisje 5 er hele nisjen tørr.

5.3 Tilstand på mottatte bolter

5.3.1 Kvalsundtunnelen

De mottatte boltene (13 korte, avkappede bolter) fra Kvalsundtunnelene er alle rørbolter bortsett fra en kamstålbolt. Tre av rørboltene har skive, ellers har boltene bare halvkuler (halve halvkuler) og mutter. Det er sprøytebetong som dekker deler av boltene – spesielt på boltene med underlagsskive er det mye sprøytebetong på, både foran og bak skivene. Sprøytebetongen inneholder plastfiber, noe som tyder på at den er nylig påført, trolig ved at det er sprøytet i de strossede nisjene før boltene har blitt kappet. Tilsølingen med sprøytebetong gjør at det er lite informasjon å få om i hvor stor grad boltene har vært fullstendig omsluttet av mørtel.

Det er lite korrosjon å registrere på boltene. Korrosjon er i hovedsak begrenset til gjenger og bolteender, hvor det er noe spredt og kun delvis dekkende korrosjon på noen av boltene. Det er også noe korrosjon på to av underlagsskivene. Noen av boltene har mekaniske skader som trolig kan stamme fra utstrossingen, og de fleste er deformerte/bøyde.

En bolt er rød av overflaterust. På denne bolten er det ikke synlig inngysningsmørtel. Trolig kan den ha vært ufullstendig gyst, og stått i et boltehull med tilgang til vann/fuktig luft. Korrosjonen på bolten er tilsynelatende rent overfladisk, og kan ikke karakteriseres som skadelig for boltens kapasitet.

5.3.2 Øksfjordtunnelen

De mottatte boltene (fire lange, avkappede bolter) fra Øksfjordtunnelen er alle kamstålbolter som har vært fullt innstøpte. Ingen av boltene har underlagsskive, men tre av boltene har halvkule og mutter. Det er en meget tynn rest av innstøpningsmørtel som delvis dekker alle boltene, nærmest som en film. Restene av gysemasse gir lite informasjon om i hvor stor grad boltene har vært fullstendig omsluttet av mørtel.

Boltene er så å si fri for korrosjon. En av boltene har mekaniske skader som har redusert tverrsnittet i et begrenset område, hvor det også er noe overfladisk korrosjon. Alle boltene er deformerte som følge av strossingen, og en av boltene har tydeligvis røket ved sprengningen, mens de tre andre har blitt kappet i etterkant. De kappede endene, som ikke har enkel korrosjonsbeskyttelse slik som resten av boltene, er noe korroderte.

6 SAMLEDE VURDERINGER

6.1 Bolter og øvrig sikringsmateriell

Det er ved inspeksjon i 12 vegtunneler observert ulike typer av utført boltesikring og sikringsmateriell. Sikringsboltene som er benyttet er:

- ❖ Endeforankrede bolter: Polyesterforankrede bolter i boltehull er påvist flere steder ved synlige rester av limpølse rundt eller i inngang til boltehull. Det har ikke vært mulig å påvise bruk av mekanisk endeforankring da denne typen ikke etterlater seg noen synlige spor i eller rundt boltehullet. Endeforankrede bolter benyttes vanligvis som arbeidssikring på stuff, og kan ofte være monterte før berget er sikret med sprøytebetong.
- ❖ Fullt innstøpte bolter med eller uten bruk av sfærisk skive, halvkule og mutter: Bruk av fullt innstøpte bolter etterlater seg gjerne rester av boltemørtel på ytterende av bolt og i synlig del av boltehull, og hvis det har blitt sølt, også størknet på berget rundt eller i nærheten av boltehullet. Dersom boltemørtel ikke er synlig, kan boltene lett forveksles med endeforankrede bolter når benyttet med skive, halvkule og mutter. Benyttet uten bolteskive er boltene lette å kjenne igjen. Permanent sikring gjøres gjerne med fullt innstøpte bolter, og boltene er da ofte montert utenpå sprøytebetongen.
- ❖ Fullt innstøpte festebolter, Ø 16 mm, med bruk av sfærisk skive. Har i enkelte tilfeller blitt benyttet som bergsikring uten bruk av bånd eller nett. Det er vanlig at denne type bolter forankres med polyesterpatron.
- ❖ Svartstålbolter Ø 16 mm med kvadratisk skive er en gammel boltetype som ikke benyttes lenger. Boltene som ble observert var innstøpte.
- ❖ Rørbolter. Kombinasjonsbolter som monteres som arbeidssikring med ekspansjonshylse og gyses for permanent sikring med mørtel gjennom boltene som består av rørstål. Der det er benyttet denne boltetypen var det mye søl med mørtel på bolt/bolteskive.
- ❖ CT-bolter. Kombinasjonsbolter som først monteres som arbeidssikring med ekspansjonshylse, og så gyses for permanent sikring med mørtel gjennom polyetylenrøret som omkranser boltene.
- ❖ Swellexbolter. Dette er en boltetype som ikke har vært eller er godkjent brukt som permanent sikring av Statens vegvesen.

Ikke alle boltetyper er godkjent som permanent sikring av Statens vegvesen, og er derfor ikke så relevant i en totalvurdering av levetid på bergsikring i fremtidige tunneler og bergskjæringer. Men for en vurdering av den bergsikringen som er satt har vurderingene betydning.

Ikke all bergsikring som benyttes vil stå innstøpt i en korrosjonsbeskyttende mørtel. Bergbånd og ulike typer av nett vil sammen med eksponerte deler av boltesikringen (skive, mutter, kule og utstikkende bolteende) være mer utsatt for korrosjon enn den del av boltene som står innstøpt. Det er disse delene av sikringsmidlene som har vært tilgjengelig for tilstandsvurdering. Selve boltene har vært skjult av boltehullet og ikke vært tilgjengelig for vurderinger.

6.2 Korrosjonsbeskyttelse på sikringsmateriell

Sikringsmateriellet har vært utført med ulike typer korrosjonsbeskyttelse: Ingen korrosjonsbeskyttelse, enkel korrosjonsbeskyttelse (varmforsinking) eller dobbel korrosjonsbeskyttelse (varmforsinking og pulverlakk). Annen form for korrosjonsbeskyttelse (ulike stålqualiteter) kan også være benyttet men er vanskelig å kartlegge visuelt.

6.2.1 Ingen korrosjonsbeskyttelse

Bolter uten korrosjonsbeskyttelse er ikke godkjent til permanent sikring av Statens vegvesen, og er derfor ikke så relevant i en totalvurdering av levetid på bergsikring i fremtidige tunneler og bergskjæringer. Men for en vurdering av den bergsikringen som er satt har vurderingene betydning.

6.2.2 Enkel korrosjonsbeskyttelse med varmforsinking

Bolter med enkel korrosjonsbeskyttelse har vært varmforsinkede. Galvanisering som korrosjonsbeskyttelse av stål har ifølge Vegdirektoratet aldri vært benyttet på bergbolter, men forveksles ofte med varmforsinking ved beskrivelse av enkel korrosjonsbeskyttelse.

6.2.3 Dobbelt korrosjonsbeskyttelse med varmforsinking og pulverlakk

Dobbelt korrosjonsbeskyttelse med varmforsinking og epoksy pulverlakk er en forholdsvis ny metode for korrosjonsbeskyttelse av stål, som ble tatt i bruk på slutten av 1980-tallet.

For fremtidige tunnel- og skjæringsprosjekter krever Statens vegvesen i henhold til Prosesskode 1 at boltene skal ha dobbel korrosjonsbeskyttelse med varmforsinking og pulverlakk med epoksy. Øvrig sikringsmateriell (bånd, nett, festebolter) skal være varmforsinket.

6.2.4 Annen korrosjonsbeskyttelse

Stål kan korrosjonsbeskyttes på annen måte enn de overnevnte kategorier, for eksempel ved bruk av rustfritt stål eller syrefast stål. Rustfritt stål er ifølge Håndbok 215 *Fjellbolting* lite benyttet.

6.3 Korrosjonsgrad

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

Klassifisering av korrosjonsomfang er beskrevet i Håndbok 136 *Inspeksjonshåndbok for brukere*. Der er det en inndeling i fem ulike rustgrader, avhengig av hvor langt korrosjonen av armeringsstål i betong har kommet. Tabellen, gjengitt nedenfor, synes å være relevant også for klassifisering av korrosjon på bergbolter og øvrig sikringsmateriell. En vesensforskjell mellom armeringsstål i brukonstruksjoner og bergbolter er bruk av korrosjonsbeskyttelse, slik at tabell 5 ikke dekker alle typer av degradering og korrosjon på bergbolter.

Tabell 5: Klassifisering av armeringsstålets rustgrad. Etter Håndbok 136 Bruinspeksjon

Rustgrad	Beskrivelse
Rustgrad A	Helt uskadet armering med matt grå hinne
Rustgrad B	En kan se de første små spor av rust
Rustgrad C	Jevnt fordelt overflaterust
Rustgrad D	Kraftig avskallende overflaterust og tydelig tverrsnittreduksjon
Rustgrad E	Groptæring

Det er ved tunnelinspeksjonene observert flere ulike stadier av korrosjon på bolter og øvrig sikringsmateriell. Det er med utgangspunkt i den visuelle observasjonen i tunnelene gjort en grov kategorisering for å skille de ulike typene/stadiene av korrosjon på bolter og øvrig sikringsmateriell. Resultatet av kategoriseringen er vist ved tabell 6. De ulike stadiene er vurdert opp mot klassifiseringen i tabell 5.

Tabell 6: Observert korrosjonsomfang på bolter inndelt etter korrosjonsstadier, korrosjonstype og antatt betydning for levetid/kapasitet

Stadie	Korrosjonstype	Beskrivelse	Rustgrad
I	Misfarging	Misfarging av stålet. Ingen synlige korrosjonsprodukt.	A
IIa	Vabler i pulverlakk	Vabler og blærer i pulverlakk.	-
IIb	Delvis overflatekorrosjon	Overflatekorrosjon. Ingen synlig korrosjonsskade. Synlige korrosjonsprodukt dekker kun deler av stålet.	B
IIc	Lokal korrosjon	Korrosjonsangrep på avgrensede punkter eller områder, overfladisk til mer dyptgående. Synlige skader i stålet.	B (D)
III	Dekkende overflatekorrosjon	Overflatekorrosjon med synlige korrosjonsskader. Korrosjonsprodukter dekker alt eller det meste av stålet. Korrosjonen har i liten grad redusert ståltykkelsen og styrken på stålet.	C
IV	Dyptgående korrosjon	Heldekkende og dyptgående korrosjon. Tykt lag med korrosjonsprodukt. Korrosjonen har redusert ståltykkelsen og mest sannsynlig stålets styrke.	D
V	Kraftig dyptgående korrosjon	Heldekkende og gjennomgående korrosjon som i stor grad har redusert ståltykkelsen og stålets styrke.	D
VI	Korrosjonsprodukt	Stålet tilnærmet helt omvandlet til korrosjonsprodukter, og innehar lite eller ikke noe av opprinnelig styrke.	D

I det påfølgende beskrives korrosjon på bolter, men beskrivelsene er like aktuell for øvrige sikringsmidler.

I - Misfarging

Det ble observert mange bolter der det var misfarging av stålet uten synlig korrosjonsskade eller korrosjonsprodukter på stålet. I enkelte tilfeller antas misfargingen helt eller delvis kunne ha andre årsaker enn korrosjon på stålet, for eksempel oksidasjonsprodukter fra berget, fargenyanser i stålet eller skitt/smuss fra anleggsperioden og driftsperioden.

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



Figur 1 Misfarging av bolt. Misfarging av stålet i dette tilfelle kan skyldes oksidering av kisholdig berg (Fv. 33)



Figur 2 Misfarging av bolt. Misfargingen kan skyldes smuss og skitt fra byggefase og driftsfase (Godøytunnelen)

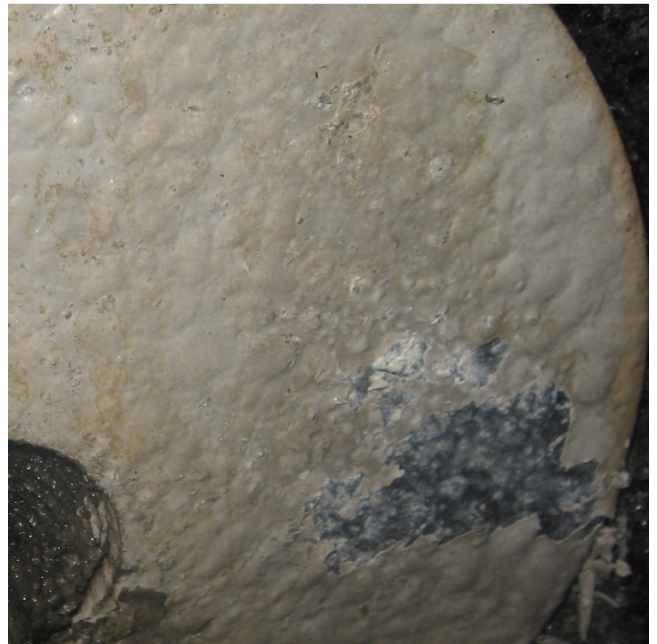
6.3.1 IIa - Vabler i pulverlakk

Vabler i pulverlakken på bolter med dobbel korrosjonsbeskyttelse ble observert i begge de to undersjøiske tunnelene der det er benyttet slike bolter. Vablene var av varierende størrelse, og med eller uten (påviselig) innstengt vann bak pulverlakken når lakken ble skrapet/pirket av med geologhammer eller negl. Avskalling av pulverlakk langs kanter på mutter, kule og skive ble også observert. I noen tilfeller var det korrodert stål bak pulverlakken når denne ble fjernet i de vablete områdene, i andre tilfeller ble intakt varmforsinking synliggjort. Det ble ikke observert tilsvarende dannelse av vabler i de tunneler på land der dobbel korrosjonsbeskyttelse er benyttet på festebolter for vann- og frostsikringshvelv. Det er ikke mulig å si om dannelse av vabler i pulverlakken er et fenomen kun i undersjøiske tunneler basert på de begrensede tunnelene hvor det var benyttet 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.



Figur 3 Vabler i pulverlakk (Oslofjordtunnelen)



Figur 4 Vabler i pulverlakk. Det eksponerte feltet er skrapet fri for pulverlakk (Godøytunnelen)

6.3.2 IIb - Delvis overflatekorrosjon

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

Korrosjonsomfanget antas ikke å ha noen som betydning for styrken på bolten, men har betydning for levetiden på stålet siden det er grobunn for videre og mer alvorlig korrosjon av boltestålet.



Figur 5 Korrosjon på gjenger. Dekker ikke hele bolteenden (Svartdalstunnelen)



Figur 6 Korrosjon på deler av bolteplate. Antydning til små korroderte groper i stålet. Ingen korrosjon på bolt/mutter/halvkule (Godøytunnelen)



Figur 7 Korrosjon på gjenger, festebolt med dobbel korrosjonsbeskyttelse. Bolteende og delen nærmest berget er mer korrodert enn resten av bolten (Oslofjordtunnelen)



Figur 8 Punktvis korrosjon på bolt grunnet vannråper på stålet. Synlige rustkorn. Lite korrosjon å se mellom vannråpene (Nordbyttunnelen)

6.3.3 IIc – Lokal korrosjon

Korrosjonen er begrenset til visse punkter eller områder på stålet der dette er mer eksponert for korrosjon enn resten. På en rekke bolter ble det observert korrosjon som kunne settes i sammenheng med skader oppstått på korrosjonsbeskyttelsen og ståloverflaten i forbindelse med håndtering av boltene og monteringen. På mange av disse boltene var disse stedene alene korrodert mens resten av boltene var mer eller mindre korrosjonsfri.



Figur 9 Korrosjon på bolteende rørbolt og innside av mutter (Godøytunnelen)



Figur 10 Dyp lokal korrosjon på mutter (Godøytunnelen)



Figur 11 Korrosjon på bolteende rørbolt, mutter og halvkule (Godøytunnelen)



Figur 12 Korrosjon på bolteende rørbolt og på gripekanter til mutter (Godøytunnelen)

Gjenger på bolt og innside av mutter er utsatt siden friksjonen som oppstår mellom bolt og mutter ved oppstramming av mutteren vil kunne skade korrosjonsbeskyttelsen. Videre oppstår det tydeligvis ofte skader på mutterens kanter ved oppstramming av mutteren.

På bolteskiver og halvkuler er det observert lokale mekaniske skader som er korroderte, og som trolig skyldes uforsiktig håndtering av disse. Tilsvarende er det på rørbolter observert korrosjon på bolteender som trolig kan settes i sammenheng med gyseprosessen av boltene.

Avhengig av korrosjonsomfanget og korrosjonssted antas ikke den lokalt begrensede korrosjonen slik den ble observert under inspeksjonene nødvendigvis å ha noen betydning for styrken på boltene, siden denne er lokalisert til de mindre virksomme deler av boltene, for eksempel fri ende på kamstålbolten eller ytterside av mutter eller halvkule. Lokal korrosjon har imidlertid betydning for levetiden på stålet siden det er grobunn for videre og mer alvorlig korrosjon av boltestålet som også vil kunne føre til svekkelse av styrken på bergsikringen.

6.3.4 III - Dekkende overflatekorrosjon

Korrosjonen dekker mer eller mindre hele boltene. Stålet er ikke synlig, men tilsynelatende korrodert kun i overflaten. Den opprinnelige overflatestrukturen er beholdt, men det kan være oppstått mindre skader i ståloverflaten, så som små groper i stålet. Det er vabler i rustlaget i et begrenset omfang.



Figur 13 Nesten heltdekkende korrosjon på festebolt for vannsikring. Stålet er ikke synlig. Små synlige vabler i korrosjonsproduktet (Godøytunnelen)



Figur 14 Heltdekkende korrosjon på svartstålbolt. Større korn av rust er synlig på platen som er jevnt korrodert (Hamregjøltunnelen)

Korrosjonsomfanget antas å ha begrenset betydning for styrken på boltene, men har stor betydning for levetiden på stålet siden korrosjonen allerede dekker hele boltene og vil kunne utvikle seg videre med en mer dyptgående korrosjon av boltestålet. Lite av den opprinnelige korrosjonsbeskyttelsen er tilbake.

6.3.5 IV - Dyptgående korrosjon

Korrosjonen dekker hele boltene, og stålet er tydelig korrodert også i dybden. Den opprinnelige overflatestrukturen er endret, med mindre og større skader i ståloverflaten, så som små groper og/eller ujevn ståloverflate når korrosjonsproduktene fjernes. Korrosjonsproduktene forekommer i tykke lag utenpå stålet og skaller også av. Lagene som omslutter stålet er gjerne vablete og lagdelte, med luft i mellom tynne lag av rust.

Stålet har tapt såpass mye tykkelse ved korrosjon at styrken antas å være betydelig redusert. Korrosjonen har meget stor betydning for levetiden på stålet siden korrosjonen allerede har svekket hele eller deler av boltene. Lite eller ikke noe av den opprinnelige korrosjonsbeskyttelsen er tilbake eller virksom lenger.



Figur 15 Kraftig korrosjon som har angrepet mutter og bolt, men i mindre grad bolteskiven (Godøytunnelen)



Figur 16 Dyptgående korrosjon på bolteskive. Korrosjonslaget er lagdelt, og med mye luft mellom lagene. Deler av rustlagene har skallet av (Ellingsøytunnelen)



Figur 17 Dyptgående korrosjon av halvkule. Fjerning av tykt korrosjonslag avslører en ruglete ståloverflate (Ellingsøytunnelen)



Figur 18 Radiell dyptgående korrosjon på innside og utside av bolteende på Swellexbolt (Hamregjøltunnelen)

6.3.6 V - Kraftig dyptgående korrosjon

Stålet er såpass korrodert at styrken er redusert til en liten reststyrke, og korrosjonsprodukter forekommer i tykke lag utenpå stålet eller skaller av. Den opprinnelige strukturen i ståloverflaten er ikke lenger synlig. Ikke noe av opprinnelige korrosjonsbeskyttelsen er tilbake eller virksom lenger.

Reduksjonen av boltestålet er såpass stor at bolten nærmer seg ikke lenger å ha noen funksjon som bergsikring. Sikringen nærmer seg eller har nådd sin levetid.

6.3.7 VI - Korrosjonsprodukt

Stål som er korrodert helt eller nesten i stykker, slik at det omtrent bare er korrosjonsprodukter som er igjen. Bolten har få eller ingen av de opprinnelige egenskapene, og ansees ikke lenger å ha noen funksjon som bergsikring. Sikringen har passert sin levetid.

6.4 Usikkerhetsmomenter ved registreringene

Det er en rekke usikkerhetsmomenter knyttet til de vurderingene som er gjort ved inspeksjonene.

Tilkomstmulighetene til den utførte boltesikringen har vært begrenset på grunn av trafikk i tunnelene og tunnelkledning i hele eller deler av tunnallengden med tunnelhvelv. Sprøytebetong dekker mange steder til både bolter og berg. Fysiske sperringer og HMS-hensyn har dessuten satt klare begrensninger for bevegelse bak hvelv. Det vites derfor ikke hvordan forholdene er på de dårligste og våteste partiene i tunnelene, som typisk både er tildekket av tunnelhvelv og sikret med sprøytebetong. De vurderingene som er gjort er i hovedsak basert på forholdene i den mindre oppsprukne og tørre delen av bergmassen som ikke er tykt innsprøytet og/eller tildekket med tunnelduk eller -hvelv.

Registreringene gir få eller ingen indikasjoner på tilstanden på den del av bolten som ikke er synlig. De indikasjonene som kan innhentes i tillegg til korrosjonsomfanget på synlig del av bolt er hvorvidt bolten står innstøpt i mørtel eller ikke (og dermed står med antatt ekstra beskyttelse mot korrosjon), og hvorvidt det er rustutfelling fra boltehullet.

Dokumentasjon på tunnelene med nøyaktig alder på utført sikring og ettersikring har ikke vist seg å være like lett å innhente for alle tunnelene. Uten kjennskap til når det er sikret og når det er gjort ettersikring blir vurderingene noe unøyaktige og usikre.

7 KONKLUSJONER

7.1 Korrosjonsomfang i inspiserte tunneler

Det er ikke gjort noen statistisk kartlegging av korrosjonsomfang i de ulike tunnelene som er inspisert i forbindelse med prosjektet "Levetid på bergbolter", bare en visuell vurdering av den generelle boltetilstanden i de ulike tunnelene. Utgangspunktet for vurderinger har vært varierende, i og med at det i noen tunneler har vært tilgang til hele tunnelrommet, mens i andre tunneler kun har vært adgang til å gjøre vurderinger i tverrforbindelser eller pumpestasjoner. Hvorvidt det er sikret kun i heng eller også i vegger ned mot vegbanenivå har også satt sine begrensninger for mulighetene til å gjøre vurderinger. På noen lokaliteter har det vært anledning til å gjøre detaljvurdering av alle monterte bolter siden antallet har vært begrenset, mens på andre lokaliteter har det blitt gjort en mer generell vurdering av forholdene.

Med noen unntak ble det ikke observert korrosjon på boltesikring ved inspeksjon som kan karakteriseres å være skadelig på boltens funksjon som bergsikring pr i dag, dvs. styrken på stålet er ikke endret eller i så ubetydelig grad at det ikke har noen praktisk betydning.

De unntakene som ble observert er:

- ❖ I Ellingsøy og Valderøy, to av de undersjøiske tunnelene, var alle boltene i pumpestasjonene kraftig angrepet av korrosjon (stadie IV, rustgrad D). Korrosjonsforholdene her er imidlertid langt over hva som er normale tunnelforhold, med et innestengt rom (låsbar tett dør i kjøreport) og antatt høy luftfuktighet fra pumpepene.
- ❖ Det var også kraftig korrosjon på Swellexbolter (stadie IV, rustgrad D) montert i Hamregjøltunnelen. Dette er en boltetype som ikke er godkjent av Statens vegvesen som permanent sikring, og som ikke blir brukt i nye tunneler. Boltene har trolig ikke hatt korrosjonsbeskyttelse, noe som i dag heller ikke tillates av Statens vegvesen ved bygging av nye anlegg i berg.
- ❖ Gamle svartstålbolter (stadie III, rustgrad C/D) montert i Hamregjøltunnelen og Ljønibbetunnelen var også korroderte på alle synlige deler av boltene. Bolter uten korrosjonsvern tillates ikke benyttet som permanent sikring av Statens vegvesen. Omtrent alle de gamle boltene var erstattet med ny og supplerende sikring.

Sett bort fra unntakene over kan størstedelen av den korrosjonen som ble observert i de inspiserte tunnelene plasseres i kategoriene delvis overflatekorrosjon (stadie IIb/IIc, rustgrad B).

Det ble spesielt i Godøytunnelen observert skader på bolter (spesielt bolteender og muttere) som lokalt var angrepet av korrosjon (rustgrad B). I tunnelen er det benyttet rørbolter, hvor mekanisk påvirkning (og mulighet for skader på bolt/korrosjonsbeskyttelse) kan ha skjedd i tre omganger (håndtering av bolt før montering i boltehull, oppstramming av bolt ved montering og montering av munnstykke for gysing av bolt). Korrosjon på bolter med enkel korrosjonsbeskyttelse utenom denne punktvis korrosjonen var overfladisk og ikke heldekkende.

Der det ble observert overfladisk korrosjon var det for en stor del av boltene snakk om korrosjon begrenset til deler av gjengene på utstikkende bolteende eller på boltetuppen (kortende). Det var også korrosjon å se på bolteskiver og halvkuler i noe mindre omfang.

Skader på pulverlakk (Stadie IIa) i form av avskalling og vabler er, som tidligere beskrevet, observert på bolter med dobbel korrosjonsbeskyttelse. Antallet monterte bolter med denne type korrosjonsvern i undersjøiske tunneler var svært begrenset, og det ble heller ikke observert denne type degradering på alle boltene. I tunneler på land ble det ikke observert slike skader på festebolter for tunnelhvelv.

Misfarging av boltestålet (Stadie I, rustgrad A) ble også observert på en del bolter, men misfarging kan som tidligere beskrevet også skyldes andre forhold enn begynnende korrosjon.

Det kan konkluderes med følgende korrosjonsomfang i de inspiserte delene av berganleggene:

Tabell 7: Observert omfang av korrosjon på bergsikring

Nr	Tunnel/Skjæring	Anleggsdel	Rustgrad
1	Oslofjordtunnelen	Pumpestasjon, Tverrslag	A, B
2	Svardalstunnelen	Tverrforbindelser, Verkstedhall	A, (B)
3	Nordbytunnelen	Tverrforbindelser	A, (B)
4	Ellingsøy-tunnelen	Pumpestasjon	D
5	Valderøy-tunnelen	Pumpestasjon	D
6	Godøy-tunnelen	Tunnel, Pumpestasjon	A, B, (C)
7	Hatlaåstunnelen	Tunnel	A, (B)
8	Streketunnelen	Tunnel	A, (B)
9	Storfosstunnelen	Tunnel	A
10	Hamregjøltunnelen	Tunnel	A, (B), C
11	Ljønbetunnelen	Tunnel	A, (B), C
12	Rælingstunnelen	Tverrforbindelser	A, (B)
13	Skjæringer Fv.33	Skjæringer	B

() angir at rustgraden kun ble observert på et mindretall av boltene.

7.2 Korrosjonsomfang på innsamlede frisprenget

På de frisprengete boltene som ble samlet inn var det meget lite korrosjon å registrere, og ikke noe som kan betegnes som skadelig med tanke på kapasitet eller levetid. Tilsynelatende har boltene vært godt beskyttet mot korrosjon ved innstøpningen. På boltene var det minimalt med mørtelrester å registrere, da mørtelen høyst sannsynlig har blitt mekanisk frigjort fra boltene ved sprengningsarbeidene.

Det er ikke utenkelig at noe av korrosjonen som har skjedd etter boltene ble frisprenget fra bergmassen. På et par av boltene fra Øksfjordtunnelen var det korrosjon på bolteender der disse var kappet.

Det kan konkluderes med følgende korrosjonsomfang på de mottatte boltene:

Tabell 8: Korrosjon på innsamlede frisprengete bolter

Nr	Tunnel/Skjæring	Anleggsdel	Rustgrad
A	Kvalsundtunnelen	Nisje 1 og 2	A, (B), C
B	Øksfjordtunnelen	Nisje 4 og 5	A, (B)

() angir at rustgraden kun ble observert i et begrenset omfang

Tilstanden på de øvrige boltene i tunnelene er ikke kjent siden disse ikke er vurdert visuelt.

7.3 Registreringer ved fremtidige tunnelinspeksjoner

Ved gjennomgang av eksisterende tilstandsregistreringer av tunneler er det lite å hente angående tilstand på boltesikringen. Noen av rapportene beskriver tilstanden på boltene å være ”uten skadelig korrosjon”, eller at det er korroderte bergbånd og steinsprangnett, men det gjennomgåtte materialet inneholder lite og utilstrekkelig informasjon til å kunne si noe om tilstand og gjenværende levetid på bergsikringen i tunnelene. De beskrivelsene som finnes av eventuell korrosjon er ikke klassifisert, slik at det er vanskelig å sammenligne korrosjonsomfanget i de ulike tunnelene.

For framtidige tunnelinspeksjoner bør det som del av instruksjonen for hva som skal registreres, også inngå en vurdering av tilstand (og gjenværende levetid) på bergsikringen. Dette kan gjøres i form av en enkel klassifisering av korrosjon på sikringsmateriellet. Her kan en tabell tilsvarende tabell 5 benyttes. Det svenske Vägverket (nå Trafikverket) har i sin *Inspektionshandbok för tunnlar* en tilsvarende tabell for å klassifisere korrosjonsomfang på bærende elementer i tunneler, inkludert bergbolter [14]. Tabellen er her vist som eksempel, se tabell 9.

Klassifiseringstabellen bør inneholde beskrivelser som er dekkende for alle typer korrosjonsbeskyttelse (enkel, dobbel) og typer av korrosjonsskader, men bør samtidig ikke inneholde for mange nivåer.

Tabell 9: Klassifisering av korrosjon i henhold til *Inspeksjonshandbok for tunnlar* [14]

KORROSION	
Nivå 1	Ytlig korrosjon på bergbult/bricka
Nivå 2	Ytlig korrosjon på armeringsj�rn
Nivå 3	Viss korrosjon på armering och/eller bergbultar/bultbricka
Nivå 4	Omfattande korrosjon på armering och/eller bergbultar/bultbricka, areaminskning < 20 %
Nivå 5	Omfattande korrosjon på armering och/eller bergbultar/bultbricka, areaminskning ≥ 20 %

I tillegg til registrering av det generelle korrosjonsomfanget på sikringsmaterialet, bør det gjøres registreringer av boltetype, type korrosjonsbeskyttelse og hvordan sikringen er satt (utenpå eller innenfor sprøytebetongen) for den enkelte tunnel. Videre bør det gjøres registrering av tunnelmilj , bergartstype(r) og surhet på grunnvannet (pH).

7.4 Håndtering av sikringsmateriell ved utførelse av sikring

Det ble i Godøytunnelen observert en rekke korrosjonsskader på boltene som kunne settes i direkte sammenheng med håndtering av boltene. Det var mekaniske skader på mutter, halvkule og bolteskive som hadde skadet korrosjonsbeskyttelsen og dermed åpnet opp for lokal korrosjon. For at boltene skal få en lengst mulig levetid er det viktig at korrosjonsbeskyttelsen beskyttes mot slike unødvendige skader under lagring, håndtering og montering.

8 UNDERSØKELSER AV BOLTER – FASE 2

Basert på de observasjoner som er gjort under inspeksjon i tunneler vil det kunne være aktuelt å gå videre med undersøkelser i felt og undersøkelser av utborede bolter i laboratorium (Fase 2).

8.1 Aktuelle lokaliteter

Basert på de inspeksjonene som er gjort, er følgende lokaliteter de som synes å være mest egnet for undersøkelser av boltesikringen ved felt- og laboratorieundersøkelser:

- ❖ Ellingsøytunnelen, i pumpestasjonen (korrosjon i aggressivt miljø)
- ❖ Valderøytunnelen, i pumpestasjonen (korrosjon i aggressivt miljø)
- ❖ Godøytunnelen, i tunnelrommet og i pumpestasjonen (korrosjon i aggressivt miljø)
- ❖ (Oslofjordtunnelen, i pumpestasjonen (korrosjon i aggressivt miljø))

8.2 Aktuelle undersøkelser i felt

For undersøkelser i felt er det to – tre alternative undersøkelsesmetoder:

- ❖ Prøvetrekking av bolter. Metoden er kun aktuell for endeforankrede bolter, og vil gi begrenset med informasjon om korrosjonsskader på bolten med mindre denne prøvetrekkes til brudd slik at uttrukket del kan observeres nærmere. Metoden er både ikke-destruktiv og destruktiv på bolten som prøvetrekkes (avhengig av om bolten prøvetrekkes til brudd eller ikke).
- ❖ Undersøkelser av bolter med boltometer. Metoden er aktuell for fullt innstøpte bolter, men vil gi informasjon hovedsakelig om inngysningen av boltene mer enn om korrosjon på boltene. Det er usikkert hvorvidt metoden vil gi tolkbare resultater for kombinasjonsbolter (CT-bolt, rørbolt).
- ❖ Utboring av bolter ved kjerneboring. Ved utboring av bolt må bolten som tas ut erstattes med ny bolt for ivareta stabiliteten på stedet. Metoden vil gi klart mest informasjon om levetidstilstanden på bolten, og er også nødvendig for å kunne gjøre undersøkelser i laboratorium.

8.3 Aktuelle undersøkelser i laboratorium

Bergbolter satt i berg består av samvirket mellom fire enkeltelementer:

- ❖ Bolten - Stålet som utgjør selve bolten
- ❖ Korrosjonsbeskyttelsen på stålet
- ❖ Boltømørtelen (eller polyestere) som forankrer bolten
- ❖ Samvirket mellom berg og mørtel (eller polyester)

I tillegg er av stor betydning for aldringsprosessen:

- ❖ Grunnvann
- ❖ Bergart

For å kunne si noe kvalifisert omkring aldring og levetid på bergsikringen, bør derfor alle disse fire delfaktorene inngå i en laboratorieundersøkelse.

8.3.1 Bolt

Testing av bolter kan utføres i stor eller liten skala.

Før mekanisk testing av bolten må den kjerneborede bolten klargjøres ved at overboret berg og mørtel/polyester fjernes. Det kan også gjøres registrering av korrosjonstap.

Bolten kappes så til prøvestykkestørrelse, enten testene gjøres i fullskala bolterigg (som utviklet av Gisle Stjern) eller i mindre skala.

For å kunne si noe om hva aldringen/degraderingen av bolten har hatt å si for styrkeegenskapene vil det være nødvendig å ha en ukorrovert referansebolt eller i det minste referansedata for å kunne gjøre sammenligninger av gjenværende kapasitet, korrosjonstap m.m.

8.3.2 Korrosjonsbeskyttelse

Korrosjonsbeskyttelsen på boltene kan blant annet undersøkes for gjenværende levetid, slagfasthet, aldring og korrosjonstykkelen. Dette gjøres blant annet ved lysmikroskopering av tverrsnitt og skanning med elektronisk mikroskop.

8.3.3 Forankring

For å si noe om selve forankringen kan det gjøres prøving av boltemørtel og polyester.

Mørtelens trykkfasthet kan undersøkes på små mørtelkuber tatt fra de utborede boltene. Det kan også gjøres undersøkelser av heftfasthet mellom mørtel og stål. For å vurdere aldring på gysemassen kan det gjøres undersøkelser av tynnslip med lysmikroskopering eller elektromikroskopering. Det kan også gjøre tilbakeberegning på v/c-forholdet også, men her kan det bli store muligheter for variasjon, med tanke på vannforhold i borehull, evt. feil ved utførelsen m.m.

Polyester som forankringsmateriale kan testes for sine mekaniske egenskaper, og aldring av materialet kan vurderes ved identifisering av degraderingsprodukter.

8.3.4 Grunnvann

Grunnvannkjemien har stor betydning for levetiden på bolter. Analyser av grunnvannet bør gjøres der boltene hentes ut.

Angående testing av bolter innenfor/utenfor saltvannssonen i undersjøiske tunneler: Grensen må kartlegges ved å ta vannprøver, og man må være sikre på at vannprøvene kommer fra den samme bergmassen som der boltene står.

8.3.5 Bergart

Også bergartene i den aktuelle bergmassen har stor betydning for levetid på bolter. For å undersøke boltene nærmere kan det gjøres tynnslipanalyser av bergartsprøver fra de overborede boltene for kartlegging av kisminerale med mer, og det kan også gjøres røntgendiffraksjonsanalyse (XRD) for å få en kartlegging av alle mineralene i bergarten.

9 REFERANSER

- [1] SveBeFo Rapport 58, 2002: *Cementingjutna bultars beständighet Durability of cement grouted rock bolts*. Lagerblad Björn – CBI, Sandberg Bertil – KI, Windelhed Kjell – Sycon.
- [2] MainTech, 2001: *Tilstandskontroll av Vardøtunnelen*. Dokument nr. 1046-010
- [3] Statens vegvesen Veglaboratoriet, 1993: *Foreløpig rapport fra korrosjonsforsøk på bolter i Vardøtunnelen*. Intern rapport nr. 1608.
- [4] Statens vegvesen Region Sør, Ressursavdelingen, Vegteknisk seksjon, 2008: *Rv.313 Holmestrandtunnelen. Ing.geologisk inspeksjon*. Nr. 2005040747-108.
- [5] Statens vegvesen Region Sør, Ressursavdelingen, Vegteknisk seksjon, 2009: *Rv.313/Hp04/km 1380-3240. Ras i Holmestrandtunnelen, Holmestrand kommune i Vestfold*. Nr. 2005040747-128.
- [6] Statens vegvesen Region Øst, 2008: *Nordbyttunnelen. Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon*. Norconsult-rapport 01.
- [7] Statens vegvesen Region Midt, 2009: *Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon. Tunneler i Møre og Romsdal*. Norconsult-rapport 01.
- [8] Statens vegvesen, Region sør: *E18 i Vestfold, Botnetunnelene. Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon*. Norconsult-rapport snr007r.
- [9] Statens vegvesen, Region sør: *E18 i Vestfold, Brekketunnelene. Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon*. Norconsult-rapport snr008r.
- [10] Statens vegvesen, Region sør: *E18 i Vestfold, Løkentunnelene. Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon*. Norconsult-rapport snr006r.
- [11] Statens vegvesen Region Øst, 2005: *Oslofjordtunnelen. Kontroll av berg og bergsikring – uke 39 2005*. Multiconsult-rapport 41199.
- [12] Multiconsult, 2010: *Kvalsundtunnelen. Befaringsnotater*. 12. oktober 2010.
- [13] Sweco, 2011: *Øksfjordtunnelen. Nisje 4, Snunisje 5, Nisje 7. Kartleggings-skjema for tunnel*. Håndskrevne notater. 12. januar 2011.
- [14] Vägverket, Avdelningen för Bro och tunnel: *Inspektionshandbok för tunnlar – Slutrapport*. 15. desember 2004.

10 VEDLEGG

Vedlegg 1 – Sammendrag tunneler og skjæringer

- Tabelloversikt

Vedlegg 2 – Geografisk plassering av tunneler

- Kart

Vedlegg 3 – Fotodokumentasjon

- Registrerte forhold, tunneler
- Registrerte forhold, skjæringer
- Dokumentasjon av frisprenge bolter

VEDLEGG 1 – SAMMENDRAG TUNNELER OG SKJÆRINGER

Nr	Tunnel/ Skjæring	Ferdigstilt / rehabilitert	Fylke, Kommune	Undersjøisk Antall løp	Inspisert del av anlegget Dato inspisert	Type bolter observert	Korrosjons- beskyttelse	Bergart	Målt pH på grunnavann	Observerte skader og korrosjonsomfang på bolter
1	Oslofjordtunnelen	2000	Akershus/ Buskerud, Frogn/Hurum	Ja 1	Pumpestasjon, tverrlag 2010-09-08	Polysterforankret bolt. Innstøpt bolt	Varmforsinking, Varmforsinking + pulverlakk	Gneis	-	Vabler (i pulverlakk) på skiver Lett korrosjon på noen gjenger, bolteender
2	Svartdålstunnelen	2000	Oslo	Nei 2	Tverrforbindelser, verkstedshall 2010-09-09	Polysterforankret bolt. Innstøpt bolt.	Varmforsinking, Varmforsinking + pulverlakk	Gneis, skifer alunskifer	6 (sprutbetong) 3 (alunskifer)	Ubetydelig korrosjonsomfang. Noe misløsing av ståloverflater
3	Nordbyttunnelen	1993	Akershus, Ås	Nei 2	Tverrforbindelser 2010-09-15	Polysterforankret bolt. Innstøpt bolt	Varmforsinking	Gneis	5 - 6	Ubetydelig korrosjonsomfang. Noe misløsing, noen gjenger og bolteender med rustbelegg.
4	Ellingsøyttunnelen	1987 / 2009	Møre og Romsdal, Ålesund	Ja 1	Pumpestasjon 2010-10-26	Rørbolt. Innstøpt bolt	Varmforsinking	Gneis	-	Omfattende korrosjon på alt synlig boltemateriell. Tykt rustlag 1 - 4 mm.
5	Valderøyttunnelen	1987 / 2009	Møre og Romsdal, Ålesund	Ja 1	Pumpestasjon 2010-10-26	Rørbolt. Innstøpt bolt	Varmforsinking	Gneis	6	Omfattende korrosjon på alt synlig boltemateriell. Tykt rustlag 1 - 4 mm.
6	Godøyttunnelen	1989	Møre og Romsdal, Ålesund	Ja 1	Pumpestasjon, tunnelrom 2010-10-27	Rørbolt. Innstøpt bolt. CT-bolt	Varmforsinking, Varmforsinking + pulverlakk	Gneis, gabbro	6	Lite korrosjonsomfang, moderat skadeomfang. Vabler (i pulverlakk) på skiver. Skader og rust på halvkluler, muttere, bolteender og skiver fra montering. Noe misfarging.
7	Hatlaåstunnelen	1986	Møre og Romsdal, Ålesund	Nei 1	Tunnelrom (gammel del) 2010-10-26	Endeforankret bolt	Varmforsinking	Gneis	-	Ubetydelig korrosjonsomfang. Noe misløsing av ståloverflater
8	Streketunnelen	1960 / 1983, 2011	Møre og Romsdal, Stranda	Nei 1	Tunnelrom 2010-10-26	Endeforankret bolt	Varmforsinking	Gneis	-	Ubetydelig korrosjonsomfang. Noe misløsing av ståloverflater
9	Storfosstunnelen	1958	Møre og Romsdal, Stranda	Nei 1	Tunnelrom 2010-10-26	Endeforankret bolt	Varmforsinking	Glimmergneis, amfibolitt	-	Ubetydelig korrosjonsomfang. Noe misløsing av ståloverflater
10	Hamregjøttunnelen	1962 / 1983	Møre og Romsdal, Stranda	Nei 1	Tunnelrom 2010-10-26	Endeforankret bolt. Innstøpt 16 mm bolt. Swellexbolt	Varmforsinking Ingen (svartstål)	Glimmergneis, amfibolitt	-	Omfattende korrosjon på gammelt materieell. Heldekkende rust. Noe misløsing av stål, nytt materieell.
11	Ljønbetunnelen	1963 / 1983	Møre og Romsdal, Stranda	Nei 1	Tunnelrom 2010-10-26	Endeforankret bolt. Innstøpt 16 mm bolt	Varmforsinking Ingen (svartstål)	Glimmergneis, amfibolitt	5	Omfattende korrosjon på gammelt materieell. Heldekkende rust. Noe misløsing av stål, nytt materieell.
12	Rælingstunnelen	1998	Akershus, Rælingen	Nei 2	Tverrforbindelser 2011-01-18	Innstøpt bolt	Varmforsinking	Gneis	-	Ubetydelig korrosjonsomfang. Noe misløsing av ståloverflater, noen gjenger og bolteender med rustbelegg
13	Skjæringer Fv. 33	-	Akershus, Eidsvoll	-	Skjæringer 2010-08-17	Innstøpt bolt	Varmforsinking	Kalkbergarter, sandstein, nordmarkitt	-	Ikke skadelig korrosjon. Misfarging av stål, rustbelegg på bolt og skiver, anatt delvis svertet fra kisholdig berg

VEDLEGG 2 – GEOGRAFISK PlassERING AV TUNNELER

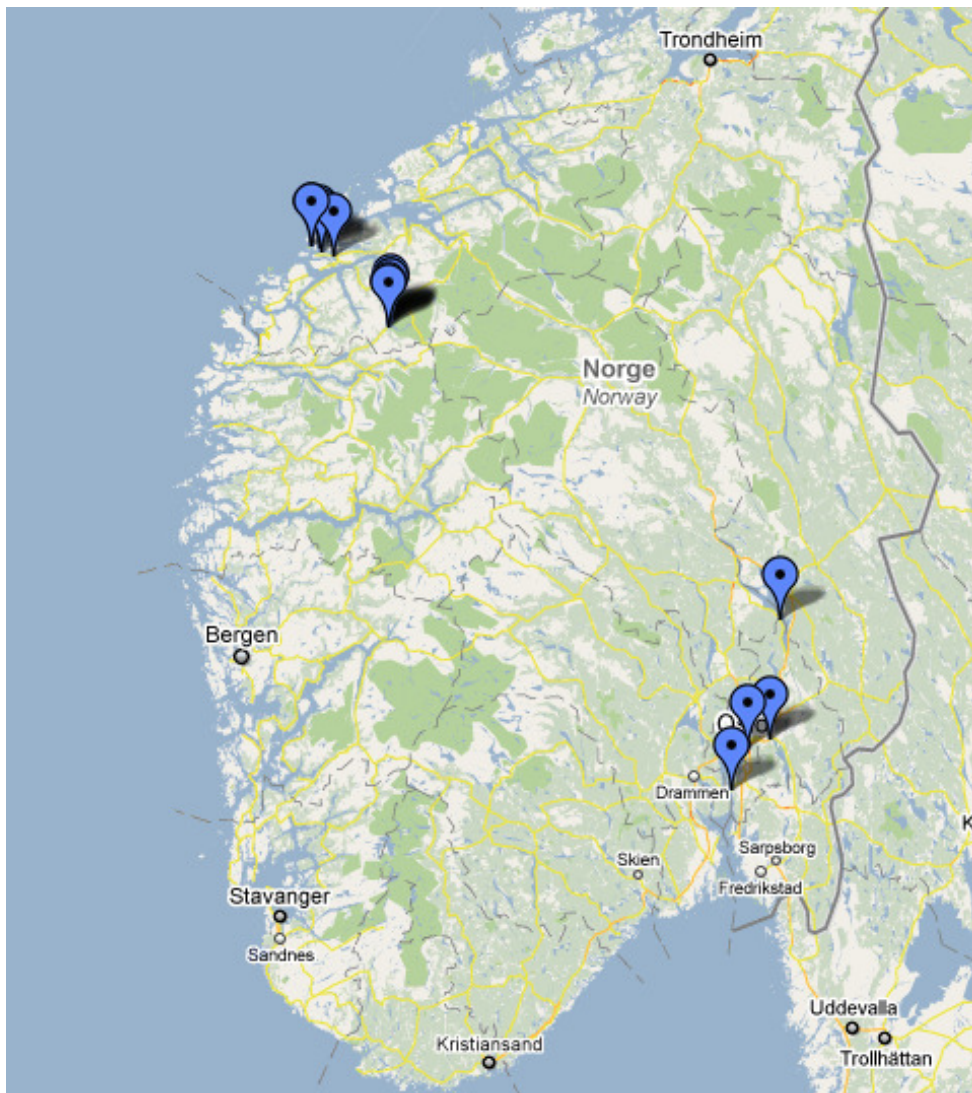
INNHOLDSFORTEGNELSE

1	OVERSIKT	2
2	INSPISERTE TUNNELER OG SKJÆRINGER, OSLO OG AKERSHUS	3
2.1	Oslo og omegn.....	3
2.2	Mjøstraktene.....	4
3	INSPISERTE TUNNELER, MØRE OG ROMSDAL	5
3.1	Ålesund.....	5
3.2	Stranda	6
4	TUNNELER UNDER REHABILITERING, TROMS OG FINNMARK.....	7
4.1	Kvalsundtunnelen, Troms	7
4.2	Øksfjordtunnelen, Finnmark	8

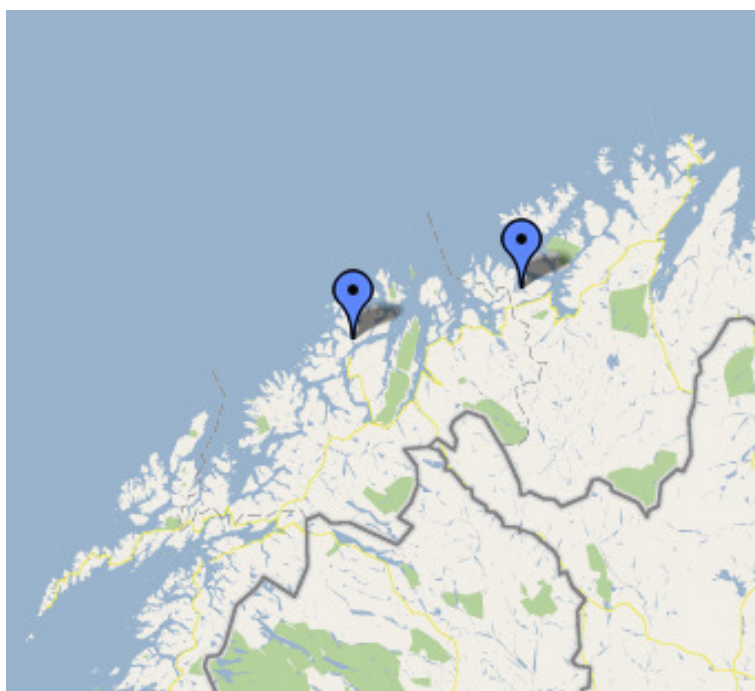
KARTGRUNNLAG

Alle kartene er hentet fra maps.google.no

1 OVERSIKT



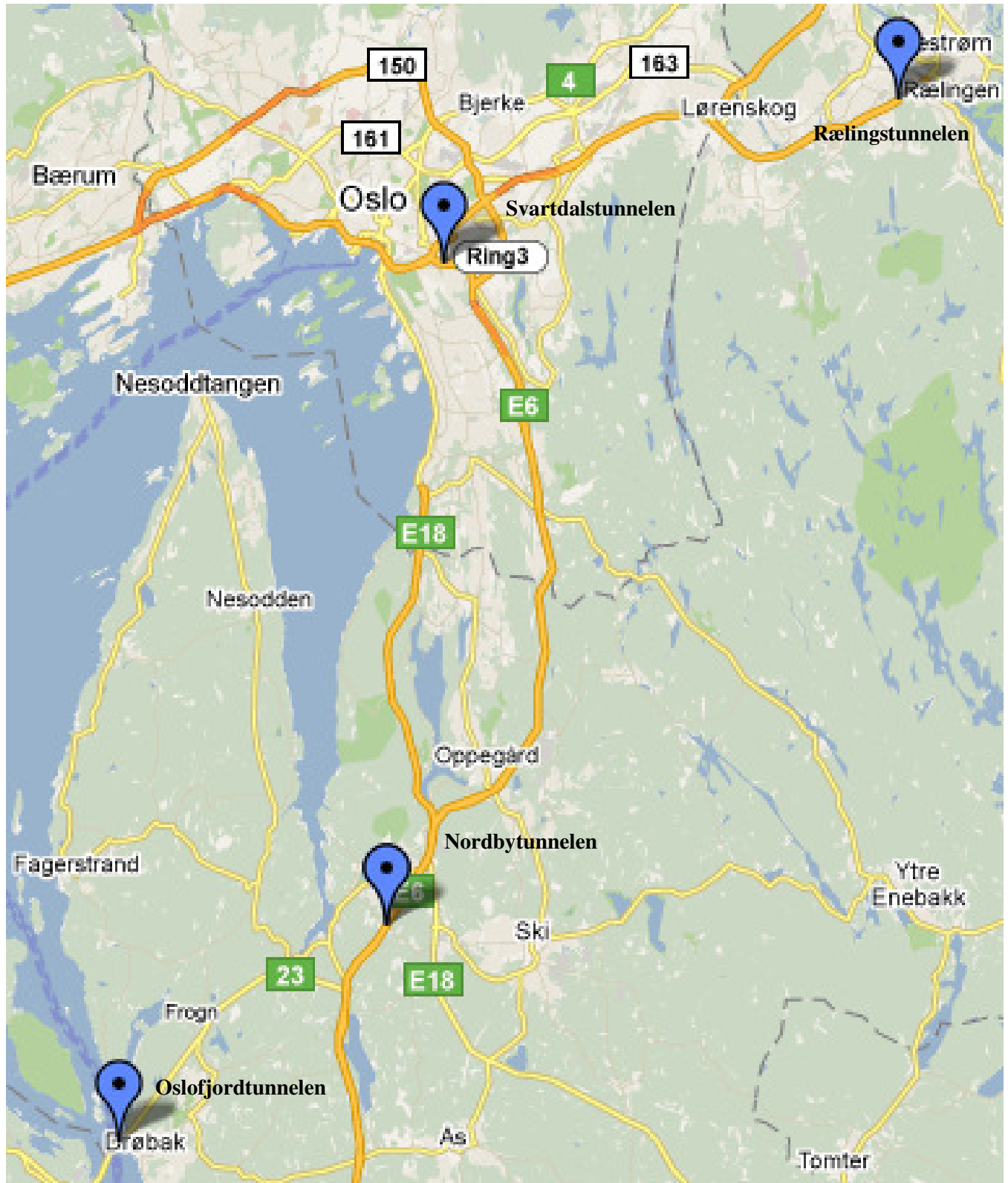
Figur 1: Oversikt over alle inspiserte tunneler og skjæringer



Figur 2: Oversikt over tunneler under rehabilitering

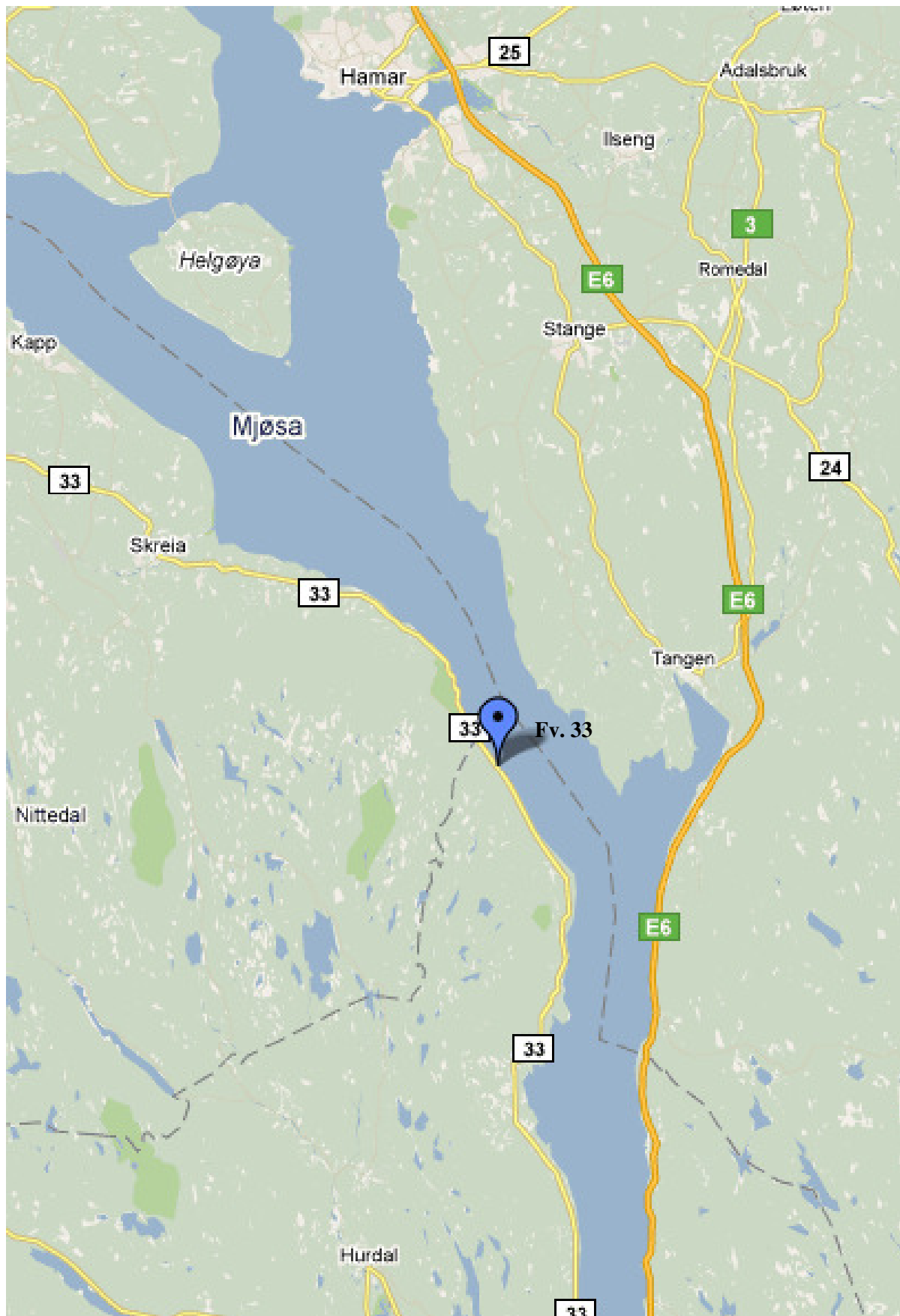
2 INSPISERTE TUNNELER OG SKJÆRINGER, OSLO OG AKERSHUS

2.1 Oslo og omegn



Figur 3: Inspiserte tunneler Oslo og Akershus

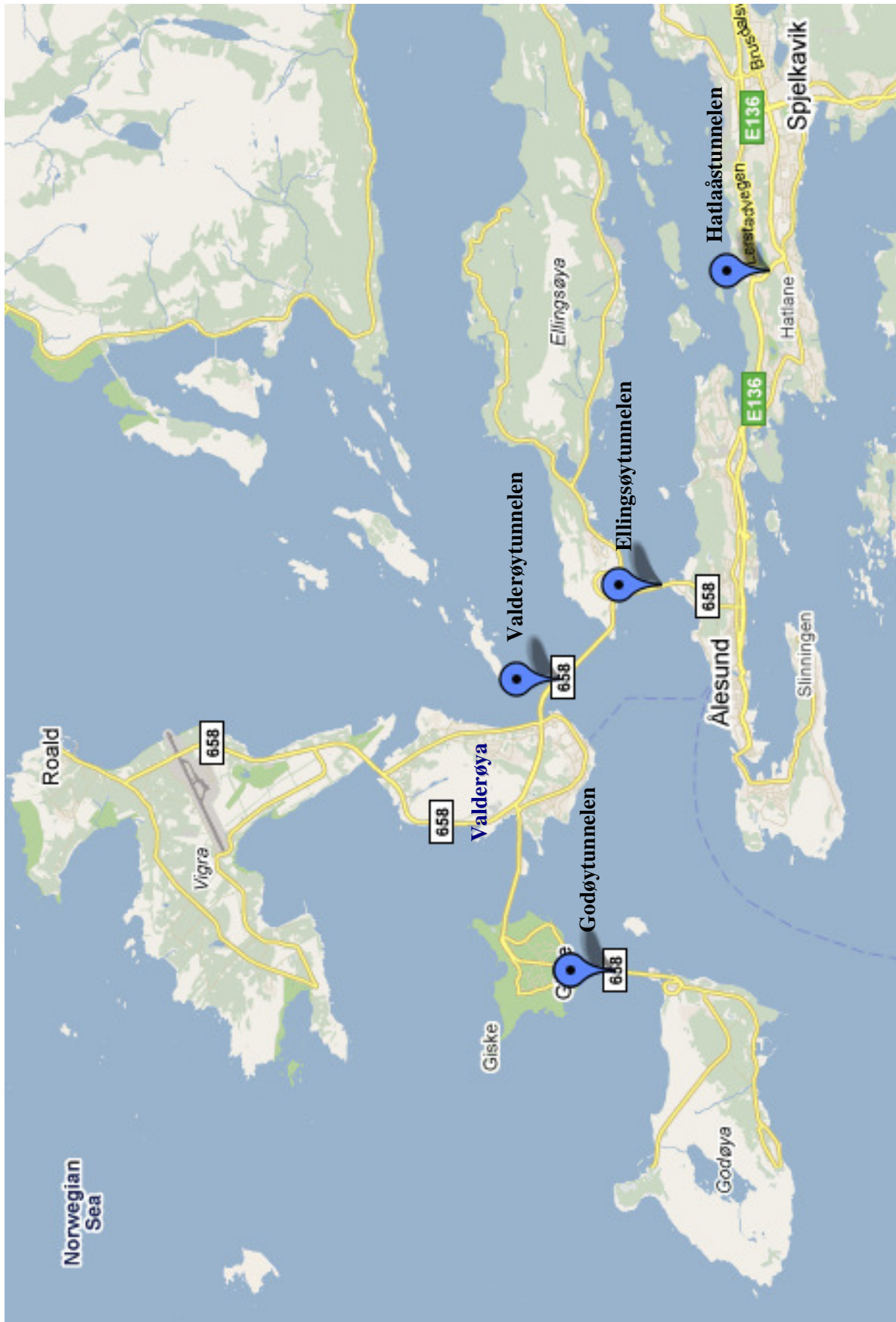
2.2 Mjøstraktene



Figur 4: Innspererte skjæringer Fv. 33

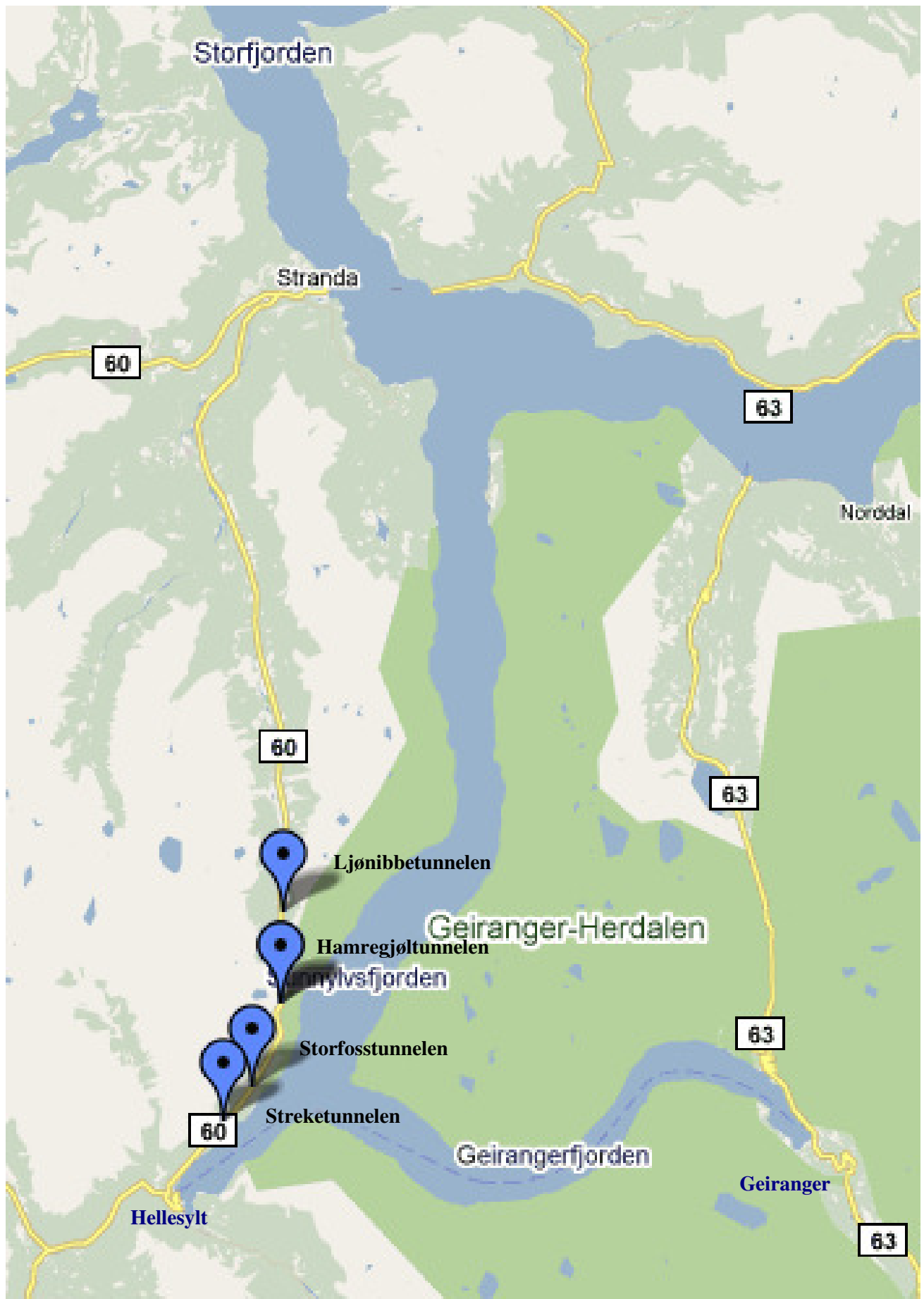
3 INSPISERTE TUNNELER, MØRE OG ROMSDAL

3.1 Ålesund



Figur 5: Inspiserte tunneler i Ålesund

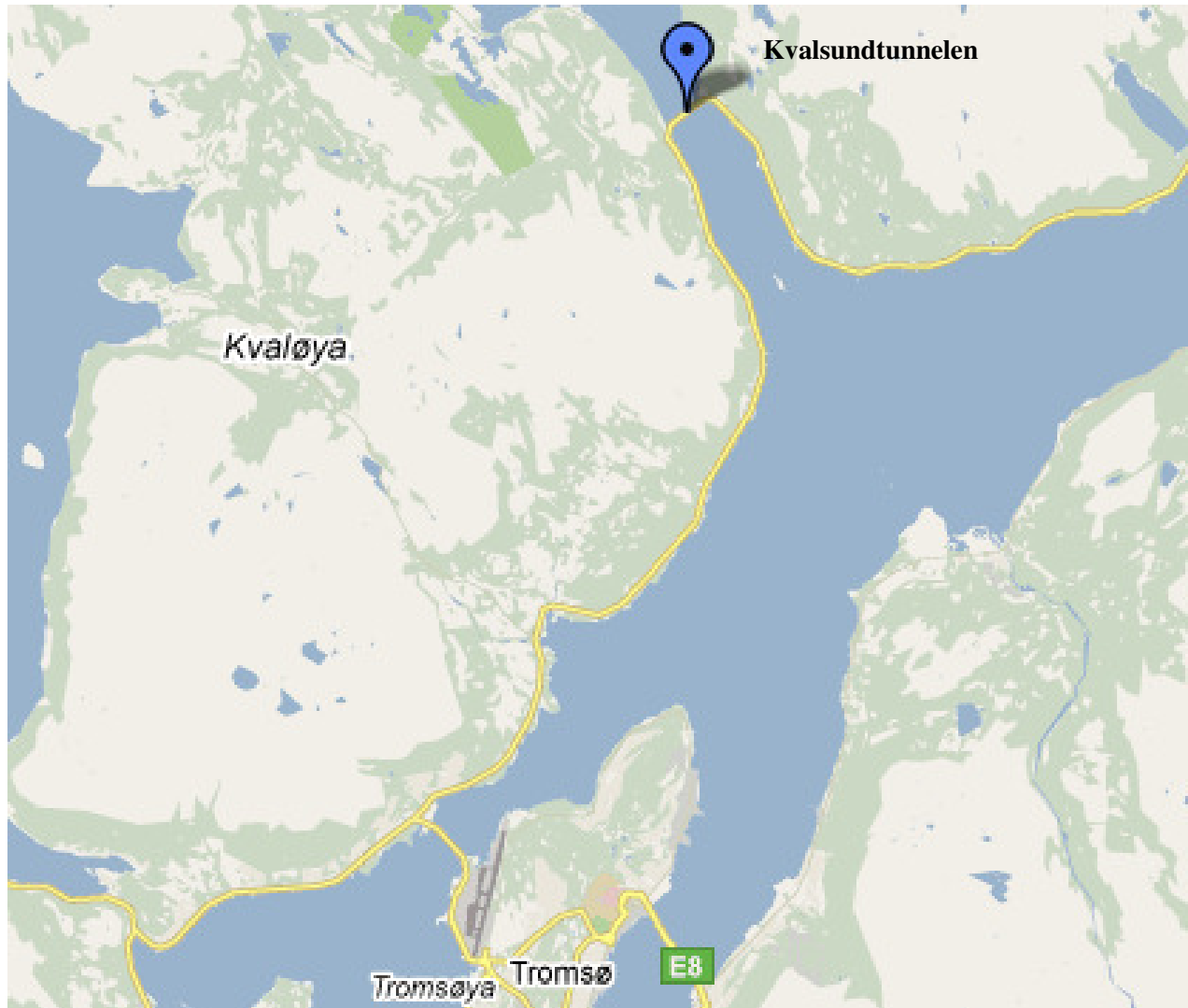
3.2 Stranda



Figur 6: Inspiserte tunneler ved Hellesylt

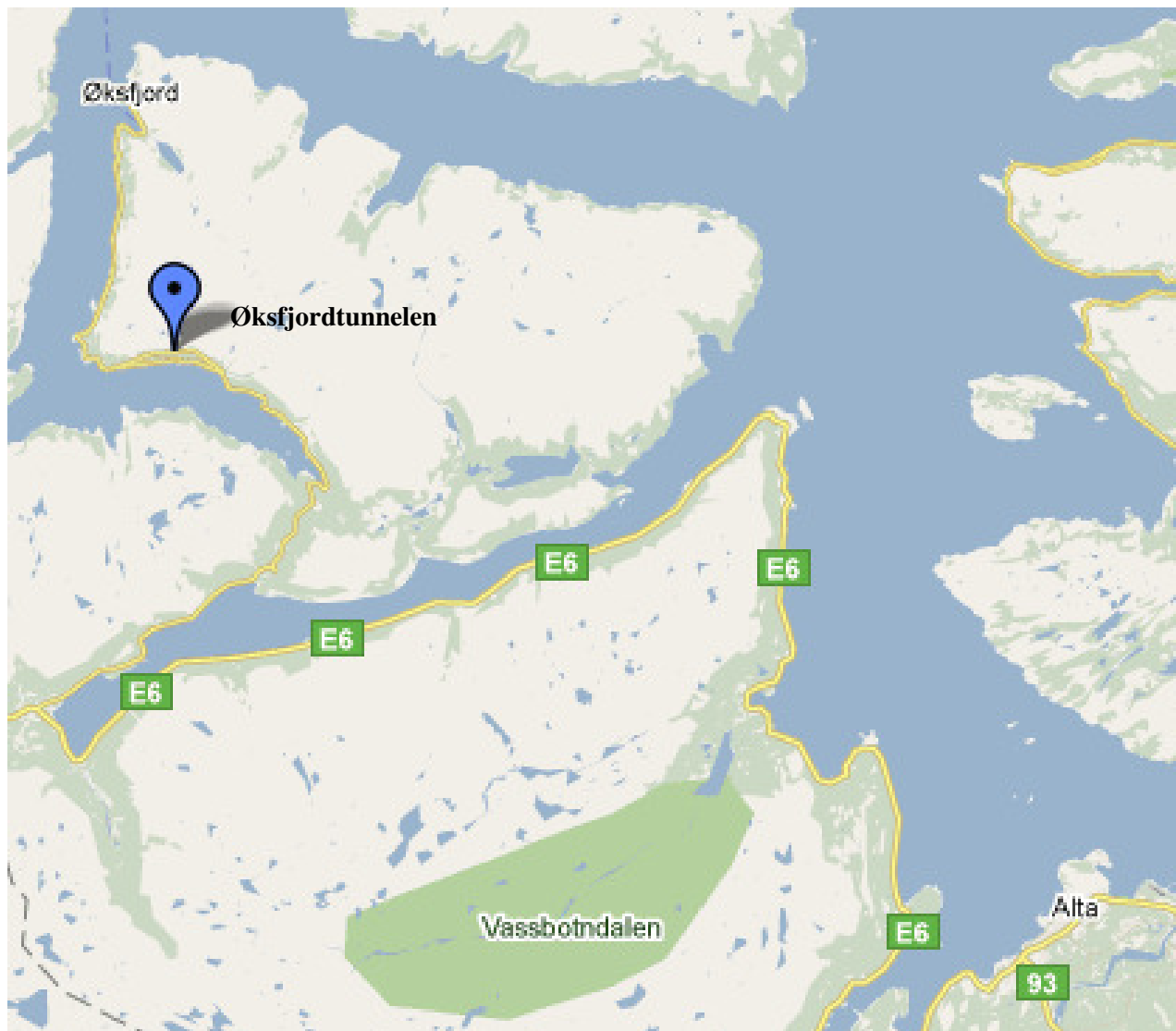
4 TUNNELER UNDER REHABILITERING, TROMS OG FINNMARK

4.1 Kvalsundtunnelen, Troms



Figur 7: Kvalsundtunnelen

4.2 Øksfjordtunnelen, Finnmark



Figur 8: Øksfjordtunnelen

VEDLEGG 3 – FOTODOKUMENTASJON

INNHALDSFORTEGNELSE

1	TUNNELER	2
1.1	Oslofjordtunnelen.....	2
1.2	Svartdalstunnelen.....	7
1.3	Nordbyttunnelen.....	15
1.4	Ellingsøytunnelen.....	21
1.5	Valderøytunnelen.....	35
1.6	Godøytunnelen.....	48
1.7	Hatlaåstunnelen.....	68
1.8	Streketunnelen.....	75
1.9	Storfosstunnelen.....	79
1.10	Hammargjøltunnelen.....	85
1.11	Ljønibbetunnelen.....	94
1.12	Rælingstunnelen.....	99
2	SKJÆRINGER	101
2.1	Skjæringer Fv. 33.....	101
3	FRISPRENGTE BOLTER	105
3.1	Kvalsundtunnelen.....	105
3.2	Øksfjordtunnelen.....	109

1 TUNNELER

1.1 Oslofjordtunnelen



Figur 1.1-1 Antatt endeforankret bolt med dobbel korrosjonsbeskyttelse. Pulverlakkbelegget er vablete og lar seg på disse steder lett skrape av.



Figur 1.1-2 Ukorrodert bolteende og mutter (ikke dobbel korrosjonsbeskyttelse). Noe rustutfelling nedenfor boltehull.



Figur 1.1-3 Ukorrodert bolteende. Mutter, plate og kule er innsprøytet, boltetupp mekanisk rengjort for sprøytebetong.



Figur 1.1-4 Utstikkende bolteende med lett korrosjon på tupp og på gjenger.



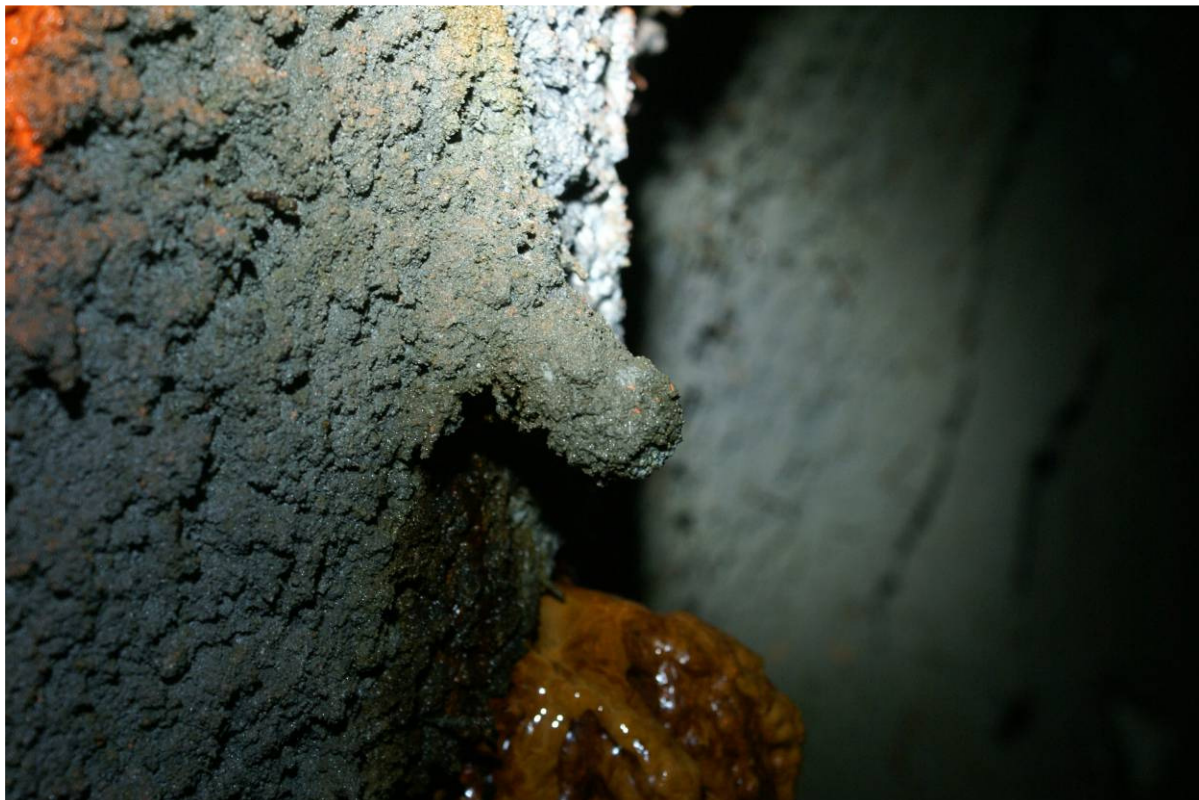
Figur 1.1-5 Ukorrodert bolt, men med noen vabler i den dobbelte korrosjonsbeskyttelsen. Synlige deler mekanisk rengjort for sprøytebetong.



Figur 1.1-6 Korrodert festebolt. Overflatekorrosjon på gjenger, bolteende og hele bolten nærmest boltehull. Rustutfelling fra boltehull.



Figur 1.1-7 Korrodert festebolt. Lett overflatekorrosjon på gjenger



Figur 1.1-8 Helt innsprøytet bolt. Mye vann, utfelling av bløt, brun "gjørme" eller algevekst fra boltehull – stor kake på vegg og vegbane under boltten.



Figur 1.1-9 Endeforankret bolt med dobbel korrosjonsbeskyttelse ikke angrepet av rust. Festekrok i svartstål fra drivefasen helt dekket av korrosjon.



Figur 1.1-10 Kamstålbolt for oppheng i drivefasen, korrodert og dekket med vegstøv. Korrosjonsprodukter ligger som løse, tynne radielle flak rundt bolten som smuldrer opp.

1.2 Svartdalstunnelen



Figur 1.2-1 Bolt i fuktig parti. Synlig vann og kondens på bolt. Korrosjon på deler av utstikkende bolteende, misfarging på halvkule.



Figur 1.2-2 Bolt i fuktig parti. Synlig vann og kondens på bolt. Korrosjon på bolteende og enkelte gjenger. Misfarging på halvkule.



Figur 1.2-3 Bolt uten synlig korrosjon.



Figur 1.2-4 Bolt uten synlig korrosjon. Synlig fukt og vanddrypp.



Figur 1.2-5 Bolt, forurenset med vegstøv.



Figur 1.2-6 Utfelling fra boltehull og synlig lekkasje. Kalk fra innstøpningsmørtel? Noe misfarging på kule, mutter og bolteende.



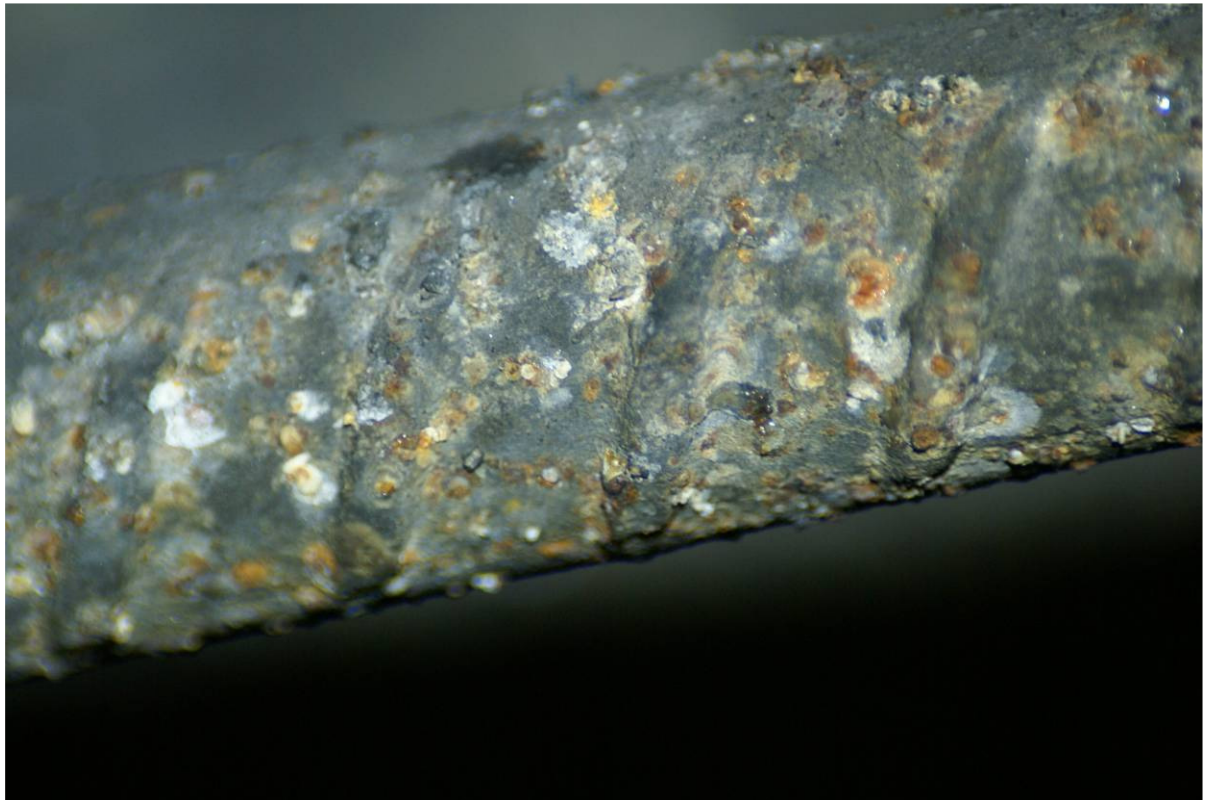
Figur 1.2-7 Bolt uten synlig korrosjon. Sprøytebetongfragmenter på utstikkende bolteende



Figur 1.2-8 Noe overflatekorrosjon på gjenger.



Figur 1.2-9 Ubetydelig overflatekorrosjon på gjenger



Figur 1.2-10 Spredt overflatekorrosjon på kamstålbolt. Små vanndråper på overflaten bidrar til punktkorrosjon.



Figur 1.2-11 Korrodert kamstålbolt benyttet for oppheng, står ca. 1 m ut av boltehullet. Mange vanndråper på overflaten av stålet. Antatt ingen korrosjonsbeskyttelse på kamstålet.



Figur 1.2-12 Tunnelvegger i verkstedhall. Lite korrosjon å se på bolter selv om det er fukt, rustutfelling og brunt slam/algevekst fra berget.



Figur 1.2-13 Eksponert kamstål i sprøytebetongbue



Figur 1.2-14 Det ubeskyttede kamstålet er korrodert på overflaten, men har tilsynelatende foreløpig ikke blitt svekket av korrosjonen

1.3 Nordbytunnelen



Figur 1.3-1 Endeforankret bolt uten synlig korrosjon. Enkel korrosjonsbeskyttelse



Figur 1.3-2 Endeforankret bolt med kun lett misfarging som kan skyldes skitt og ikke rust.



Figur 1.3-3 Innstøpt bolt kun med skitt på. Ingen synlig korrosjon eller misfaring.



Figur 1.3-4 Bolter med misfarging og skittbelegg, men ikke synlig korroderte.



Figur 1.3-5 Bolt med noe misfarging på kule, mutter, og utstikkende bolteende, men ingen synlig korrosjon. Synlig fukt på bolt og berg.



Figur 1.3-6 Skitt og misfarging på bolteende. Ikke synlig korrosjon.



Figur 1.3-7 Lite korrosjon å se på festemateriell for vann og frostsikring, selv ved fukt og drypp på stålet.



Figur 1.3-8 Gulnet sprøytebetong på bolteende.



Figur 1.3-9 Vann fra boltehull, korroderte stålfibre i sprøytebetong, men kun beskjeden misfaring på bolteskive.



Figur 1.3-10 Punktkorrosjon på kamstål for feste av vann- og frostsikring

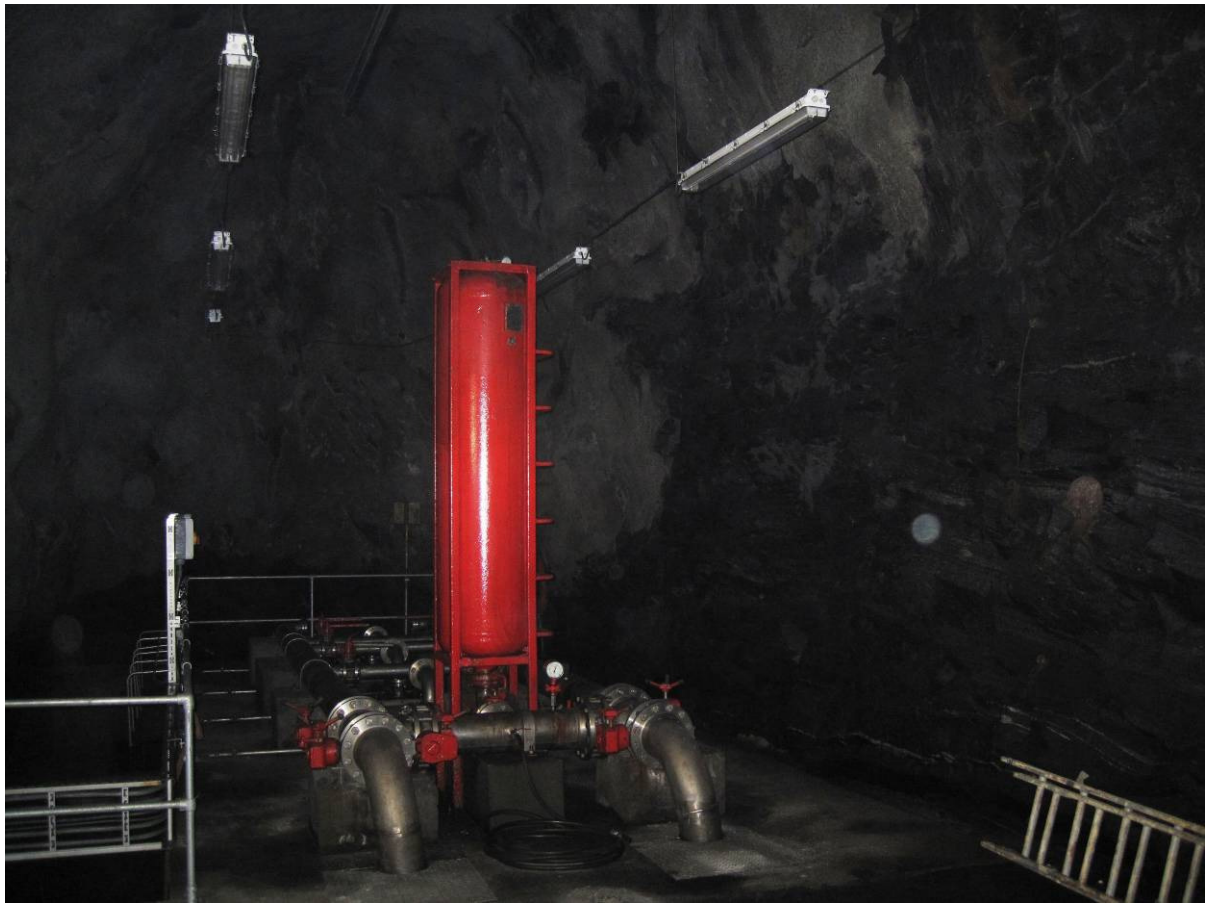


Figur 1.3-11 Punktkorrosjon på kamstål for feste av vann- og frostsikring



Figur 1.3-12 Punktkorrosjon på kamstålbolt for opphengingsformål under driveperioden. Antatt uten korrosjonsbeskyttelse

1.4 Ellingsøytunnelen



Figur 1.4-1 Pumpestasjon Ellingsøytunnelen



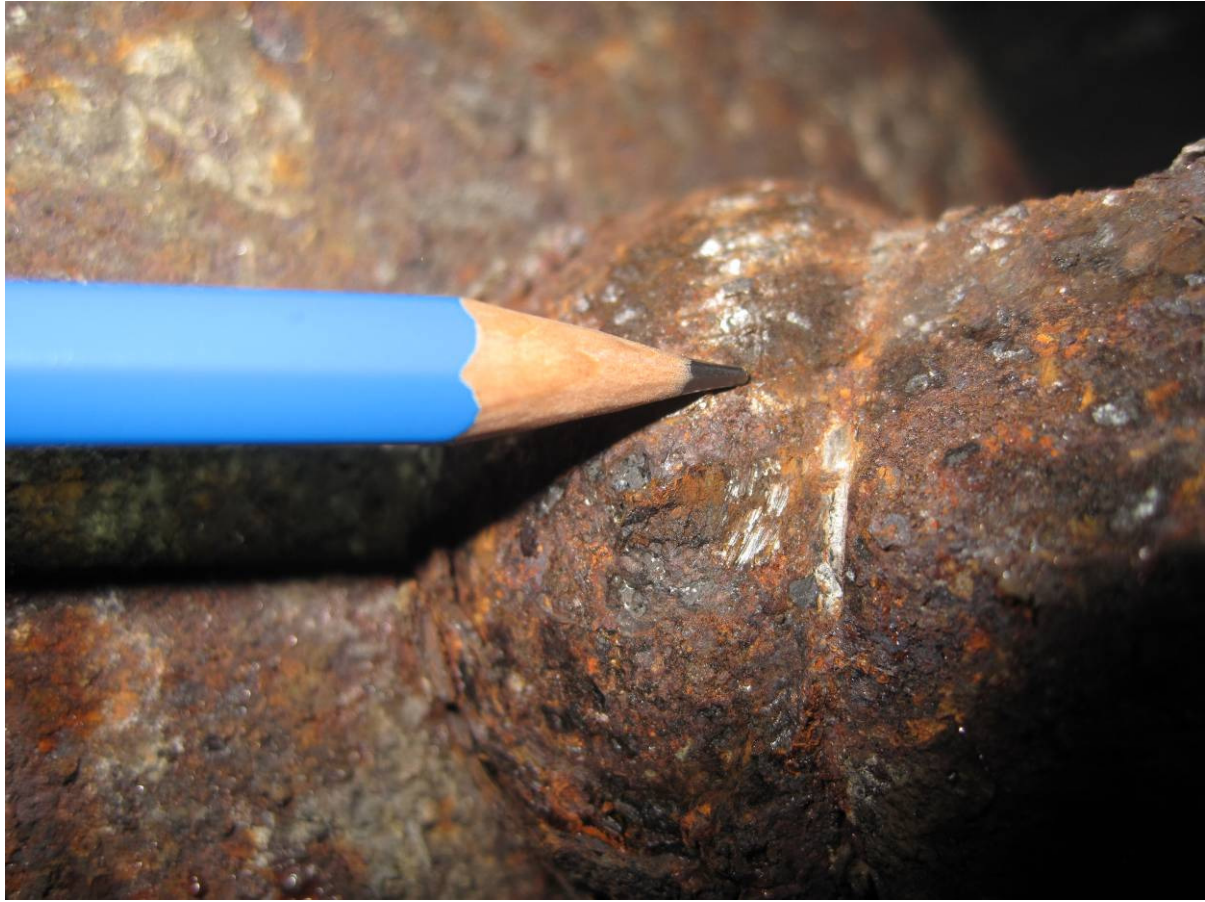
Figur 1.4-2 Sterkt korroderte bolter i høyre vegg. Rørbolter med skive og fullt innstøpte uten skive



Figur 1.4-3 Bolt 1. Hele bolt inkludert skive, mutter og kule er kraftig angrepet av korrosjon. Bolt har enkel korrosjonsbeskyttelse.



Figur 1.4-4 Bolt 1. Krakelering av korrosjonsmateriale, som ligger som flere radielle flak rundt halvkule og mutter



Figur 1.4-5 Bolt 1, etter at løst korrosjonsmateriale er slått vekk med geologhammer



Figur 1.4-6 Bolt 1, før fjerning av korrosjon på skive



Figur 1.4-7 Bolt 1, etter fjerning av korrosjon på skive med geologhammer



Figur 1.4-8 Bolt 1, synlig rustutfelling fra boltehullet bak skiva.



Figur 1.4-9 Bolt 1. Flak med rust og synlig stål under



Figur 1.4-10 Bolt 1. Synlig tykkelse på korrosjonen 0,5 – 1,5 mm. Stålet under har fått en ruglete overflate pga. ujevn korrosjon.



Figur 1.4-11 Bolt 2. Også kraftig angrepet av korrosjon.



Figur 1.4-12 Bolt 3. Også kraftig angrepet av korrosjon.



Figur 1.4-13 Bolt 4. Kraftig korrodert bolt. Store groper i skive og korrosjon i flere lag rundt kule, bolt og mutter. Synlig hulrom under korrosjonsoverflaten.



Figur 1.4-14 Bolt 4, etter at løst korrosjonsmateriale er slått vekk med geologhammer. Målt tykkelse på korrosjonslaget opptil 4 mm.



Figur 1.4-15 Bolt 4. Synlig groper i underliggende stål og tykt lag korrosjonsprodukter (~ 4 mm)



Figur 1.4-16 Bolt 4. Gjenger nesten korrodert bort.



Figur 1.4-17 Avslått korrosjonslag, Bolt 4. Synlig hulrom og lagdeling.



Figur 1.4-18 Avslått korrosjonslag, Bolt 4. Bakside. Synlig grått sinklag?



Figur 1.4-19 Bolt 5. Innerst i pumpestasjon – nærmest vannbasseng. Mindre korrosjon på skive enn på andre bolter i tunnelen. Vært vurdert (og rengjort) tidligere?



Figur 1.4-20 Bolt 5. Tydelig lagdeling med rust rundt bolt. Vanndråper



Figur 1.4-21 Bolt 5. Etter korrosjon på halvkule og på bolteende er slått vekk med geologhammer



Figur 1.4-22 Bolt 5. Korrosjon på halvkule. Reststål synlig etter at korrosjonslaget er slått vekk med geologhammer



Figur 1.4-23 Bolt 5. Korrosjon på bolteende, mål av korrosjonstap etter rust er sltt vekk med geologhammer



Figur 1.4-24 Bolt 6. Fullt innstøpt bolt i bakkant.



Figur 1.4-25 Bolt 7. Mindre angrepet bolt.



Figur 1.4-26 Bolt 8 Fullt innstøpt kamstålbolt, uten skive, halvkule og mutter. Korrosjonsprodukter fra bolten har satt seg i berget rundt.



Figur 1.4-27 Bolt 9 Fullt innstøpt og fullstendig dekket av korrosjon i utstikkende del



Figur 1.4-28 Bolt 11, en av de med minst korrosjon i pumpestasjonen.

1.5 Valderøytunnelen



Figur 1.5-1 Pumpestasjon Valderøytunnelen



Figur 1.5-2 Korroderte rørbolter og fiberbetong. Nye festebolter fra 2009 for montering av vannsikring.



Figur 1.5-3 Korroderte, innsprøytede rørbolter og fullt innstøpte bolter



Figur 1.5-4 Bolt 1. Innsprøytet rørbolt med korrosjon på eksponerte stålfater



Figur 1.5-5 Bolt 2. Etter fjerning av sprøytebetong med geologhammer



Figur 1.5-6 Bolt 3



Figur 1.5-7 Bolt 4. Ikke sprøytet inn. Synlig rustutfelling fra nedre del av bolt eller boltehull.



Figur 1.5-8 Bolt 5.



Figur 1.5-9 Bolt 6. Etter at sprøytebetong er fjernet fra bolt.



Figur 1.5-10 Bolt 6.



Figur 1.5-11 Bolt 7. Fullt innstøpt bolt uten skive



Figur 1.5-12 Bolt 8



Figur 1.5-13 Bolt 8



Figur 1.5-14 Bolt 8



Figur 1.5-15 Bolt 8. Korrodert mutter



Figur 1.5-16 Bolt 8. Korrodert plate. Noe sprøytebetong og korrosjon skrapet vekk med geologhammer



Figur 1.5-17 Bolt 9



Figur 1.5-18 Bolt 9



Figur 1.5-19 Bolt 9 Bolteende, kule og mutter etter fjerning av løs korrosjon med geologhammer



Figur 1.5-20 Bolt 10 Bolteende etter fjerning av løs korrosjon med geologhammer



Figur 1.5-21 Bolt 11



Figur 1.5-22 Bolt 12



Figur 1.5-23 Sprøytebetongskalk slått av bolt 13. Stålfiber er helt "ferske" der de ligger inne i betongen, selv om utstikkende ende er helt oppspist. Korrosjonsmateriale fra overflate bolt



Figur 1.5-24 Bolt 13. Sprøytebetong har dekket hele plata og trolig virket retarderende på korrosjonen av stålet, men har ikke beskyttet fullstendig.



Figur 1.5-25 Bolt 13. Utstikkende bolteende, dekket av sprøytebetong og korrosjon



Figur 1.5-26 Bolt på innsiden av plate – kraftig angrepet av korrosjon

1.6 Godøytunnelen



Figur 1.6-1 Rørbolt med mørtelsøl og korrosjon på mutter og bolteende



Figur 1.6-2 Annen bolt med noe mer korrosjon på bolt og mutter



Figur 1.6-3 Angrepet bolteende



Figur 1.6-4 Korrosjon på mutter



Figur 1.6-5 Mørtelsøl, men ikke synlig korrosjon på bolt



Figur 1.6-6 Lokal korrosjon på kule, mutter og bolteende



Figur 1.6-7 Bolt fri for korrosjon med unntak av gjenger på innside av mutter



Figur 1.6-8 Rennende vann, og korrosjon på bolteplaten der denne er i kontakt med vannet



Figur 1.6-9 Bolt i fuktig miljø, men få synlige tegn til korrosjon



Figur 1.6-10 Bolter i heng uten synlig korrosjon. Synlig fukt på berg



Figur 1.6-11 Bolt med dobbel korrosjonsbeskyttelse på skive, enkel beskyttelse på mutter/kule?



Figur 1.6-12 Bolter og vannsikring i heng – få eller ingen tegning til korrosjon, noe mørtelsøl på bolteskiver



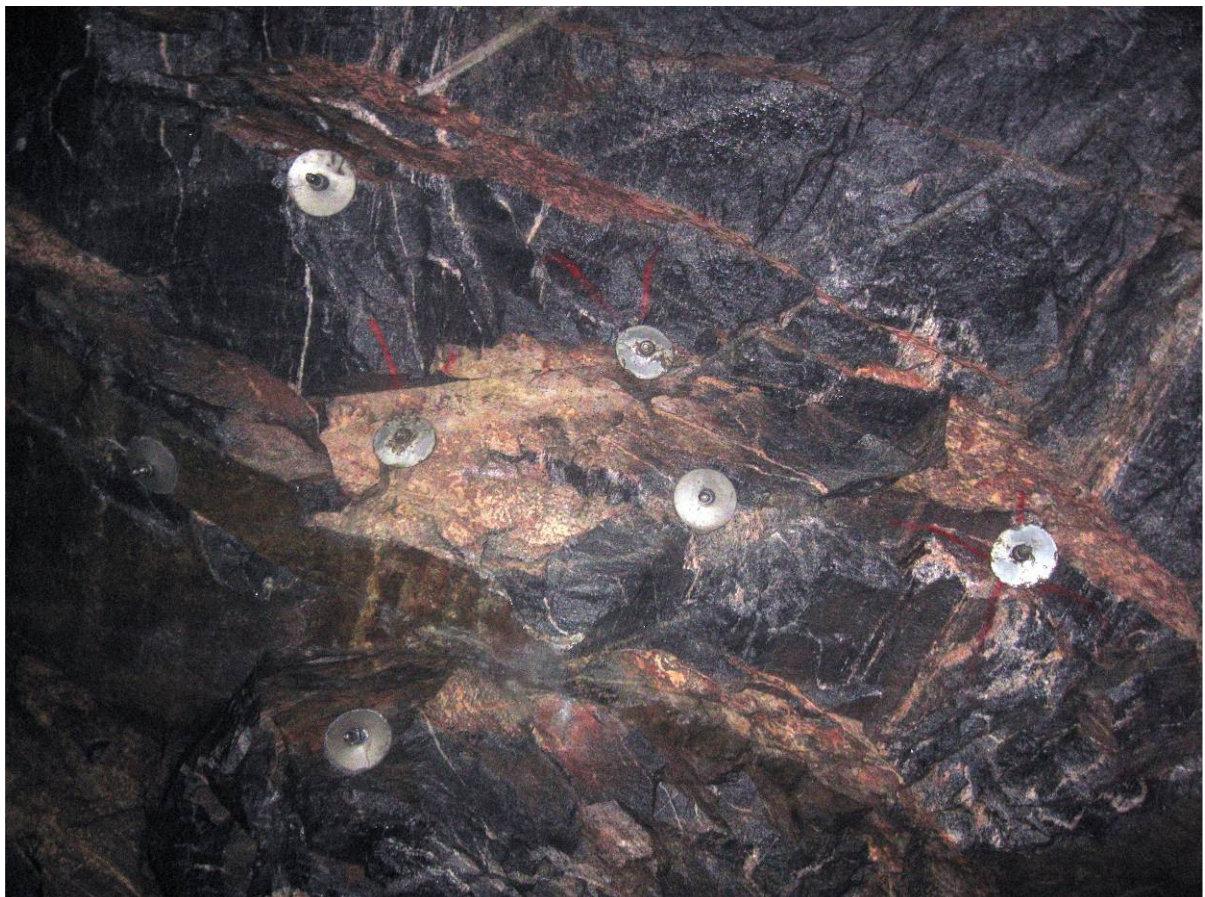
Figur 1.6-13 Fullt innstøpt bolt med korrodert bolteende og rustfarget mørtel rundt boltehullet



Figur 1.6-14 Fullt innstøpt bolt med korrodert bolteende



Figur 1.6-15 Korrosjonsangrepet fullt innstøpt bolt. Mørtelen har sprukket opp, trolig pga av korrosjon av ytterste del av inngyst bolt. Avskalling av korrosjonsprodukter fra den innstøpte bolten.



Figur 1.6-16 Bolter i heng. Begynnende korrosjon på enkelte bolteplater



Figur 1.6-17 Antydning til misfaring på bolteplate



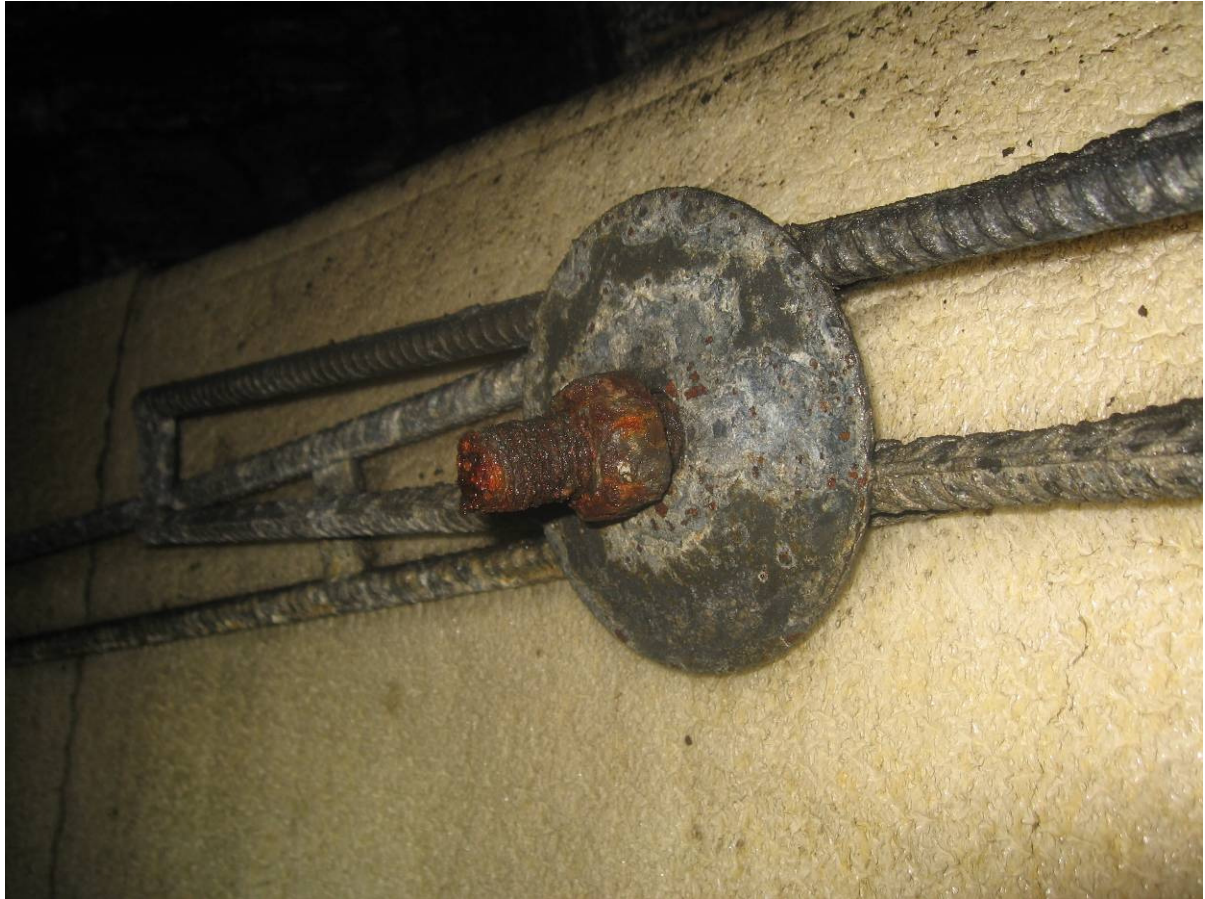
Figur 1.6-18 Korrosjon på enkelte punkter på skive og halvkule



Figur 1.6-19 Korrosjon på bolteende og halvkule, og misfarging på bolteplate



Figur 1.6-20 Vannlekkasjer og utfellinger. Noe korrosjon på øverste bolteplate



Figur 1.6-21 Festebolt for vannsikring. Korrodert bolt og mutter



Figur 1.6-22 Festebolt for vannsikring. Korrodert bolt og mutter. Radiell oppsprekning og avskalling av rust på mutter



Figur 1.6-23 Korrosjon på festebolt for vannsikring. Alt er korrodert. Vabler på plate.



Figur 1.6-24 Korrodert festebolt og stigebånd. Korrosjonsmateriale på mutter sprekker opp radielt.



Figur 1.6-25 Bolt med tydelig vannlekkasje fra boltehullet, men bare beskjeden misfarging av boltestålet.



Figur 1.6-26 Kalkutfelling fra boltehull. Korrodert halvkule og mutter



Figur 1.6-27 Korrodert bolteskive, ingen misfarging på halvkule, mutter, bolt



Figur 1.6-28 Innsprøytet bolteskive. Synlig del av skive med pulverlakk er vablete



Figur 1.6-29 Bolt med dobbel korrosjonsbeskyttelse. Pulverlakken er vablete og flasser av på bolteskive og halvkule



Figur 1.6-30 Noe korrosjon å se på bolten, vablete pulverlakk som skaller av



Figur 1.6-31 Gropkorrosjon på mutter, korrosjon på gjenger, småvablete pulverlakk på skive



Figur 1.6-32 Lite korrosjon å se på boltedeler, men vablete pulverlakk som skaller av



Figur 1.6-33 Bolt 1. Gulbrun rustfarge på pulverlakk som er veldig vablete



Figur 1.6-34 Bolt 1. Avskrapet pulverlakk. Tydeligvis mye luft under lakken siden den kan skrapes av i større flak



Figur 1.6-35 Bolt 1. Avskraping av pulverlakk avslører vannlommer og korrosjon på boltestålet



Figur 1.6-36 Bolt med dobbel korrosjonsbeskyttelse. Rustfarget pulverlakk med avskalling og veldig vablete overflate på skive



Figur 1.6-37 Bolteskive som det er vanskelig å si om har hatt pulverlakk eller ikke



Figur 1.6-38 Utfelling fra borehull. Denne type utfelling, som antas å kunne skyldes alger, ble observert flere steder i tunnelen og i flere av de andre tunnelene.



Figur 1.6-39 Bolt uten korrosjon, men tilgriset og med hvitspettet ståloverflate



Figur 1.6-40 Bolt som står fuktig til. Helt dekket av korrosjon

1.7 Hatlaåstunnelen



Figur 1.7-1 Bolter i påhugg mot Ålesund. Ingen korrosjon å se.



Figur 1.7-2 Vannsikring i påhugg mot Ålesund. Ingen korrosjon å se på festebolter eller flettverksnett



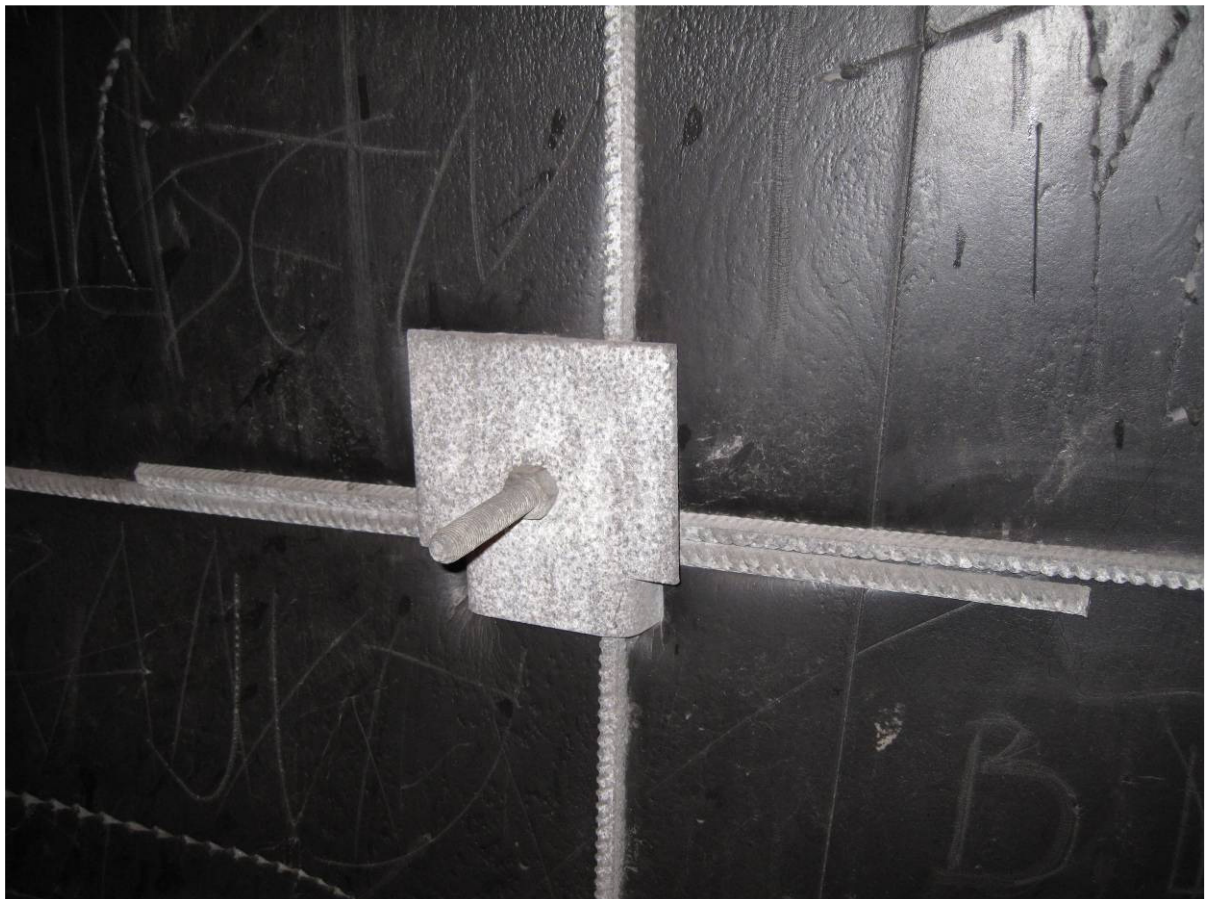
Figur 1.7-3 Festebolt og flettverksnett. Ingen misfarging



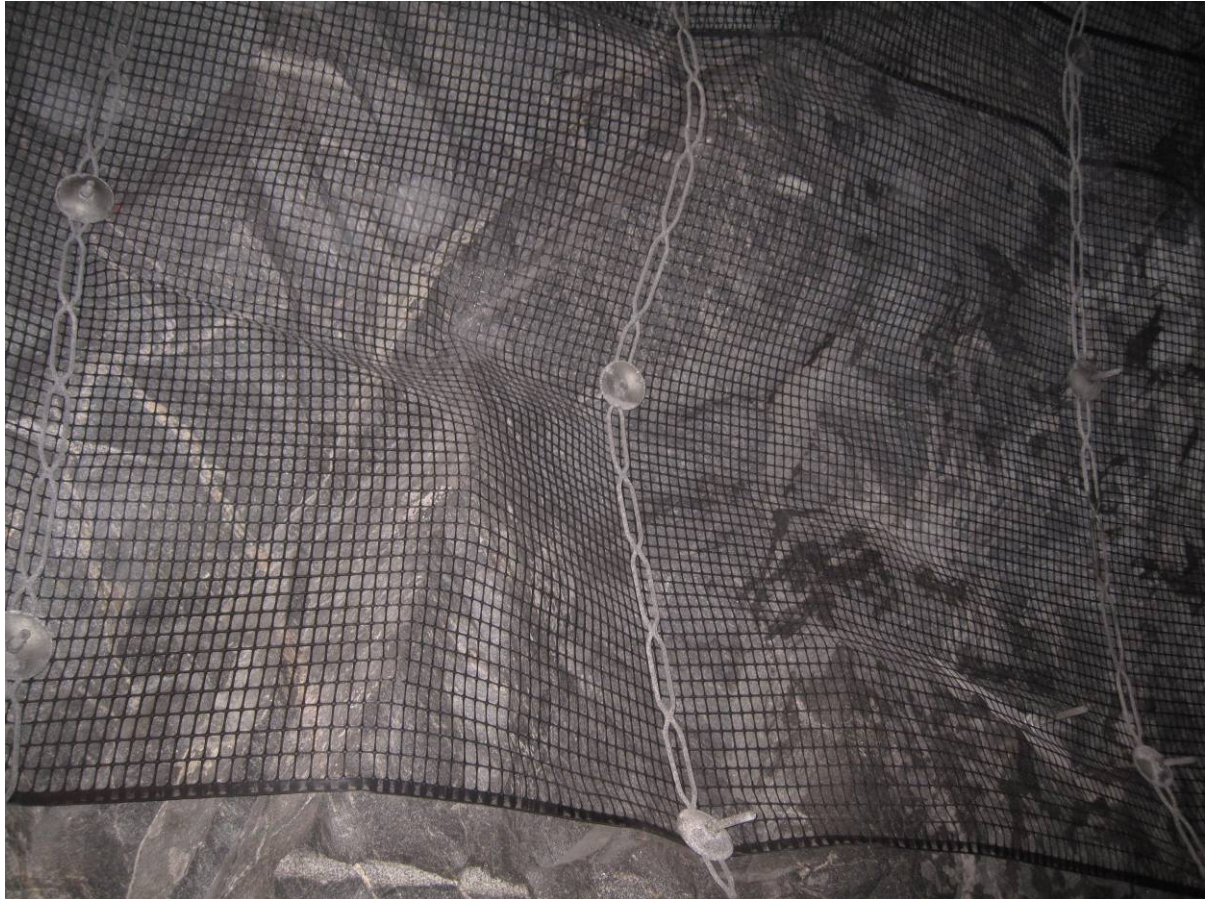
Figur 1.7-4 Festebolt og flettverksnett. Noe brunfarge på bolteskive



Figur 1.7-5 Vannsikring i portal mot Ålesund. Ingen korrosjon å se på festebolter eller kamstål



Figur 1.7-6 Festebolt og kamstenger for feste av PE-skum



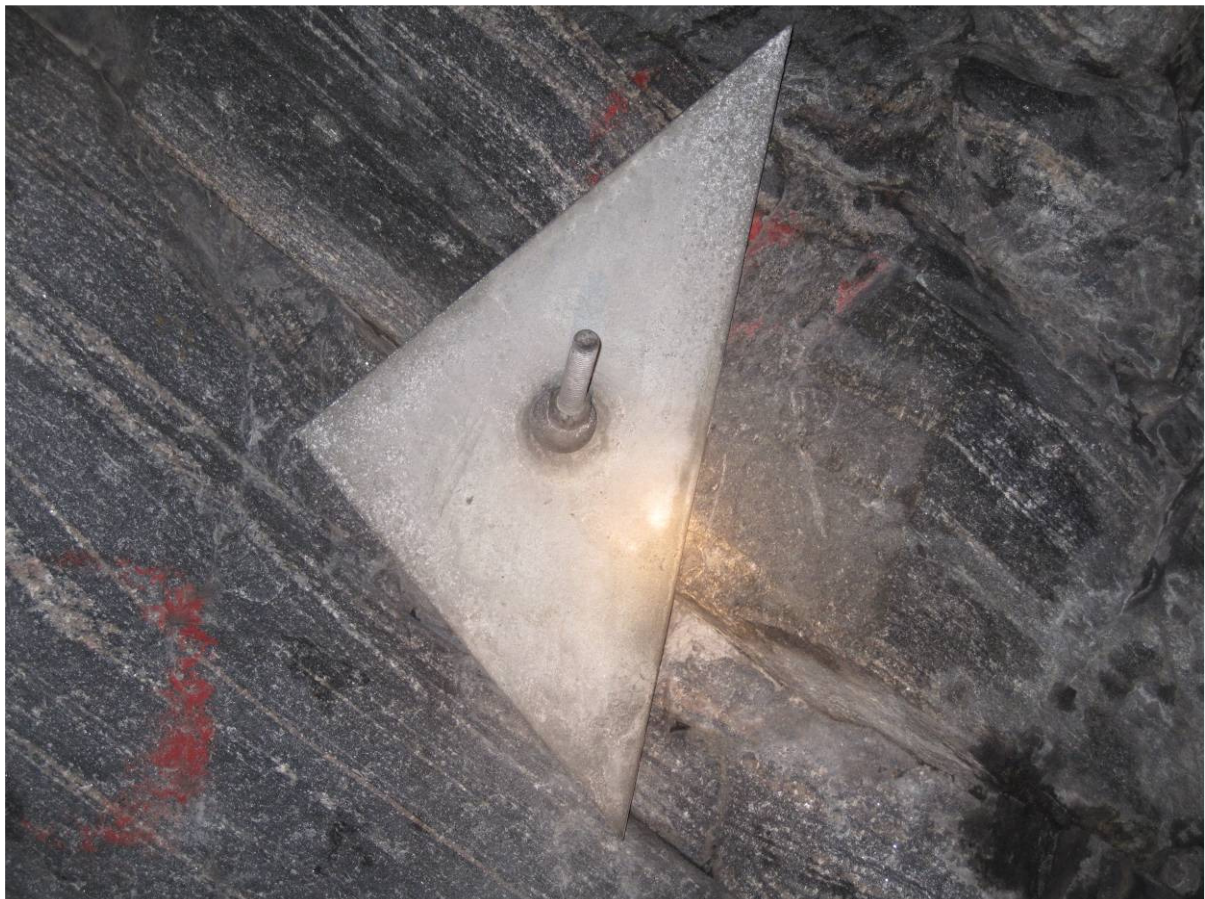
Figur 1.7-7 Plastnett, festebolter og bergbånd. Korrosjonsfritt



Figur 1.7-8 Ikke noe å se på bolter heller



Figur 1.7-9 Hvitspetting på ståloverflater, men ellers ikke noe å se



Figur 1.7-10 For det meste tørre forhold eller spredte drypp gir små muligheter for korrosjon



Figur 1.7-11 Ikke korrosjon selv der det er skader på boltmateriell (halvkule)



Figur 1.7-12 Korrodert flettverksnett nært inntil vannsikring



Figur 1.7-13 Korrosjon på tupp av festebolt og på bolteskive

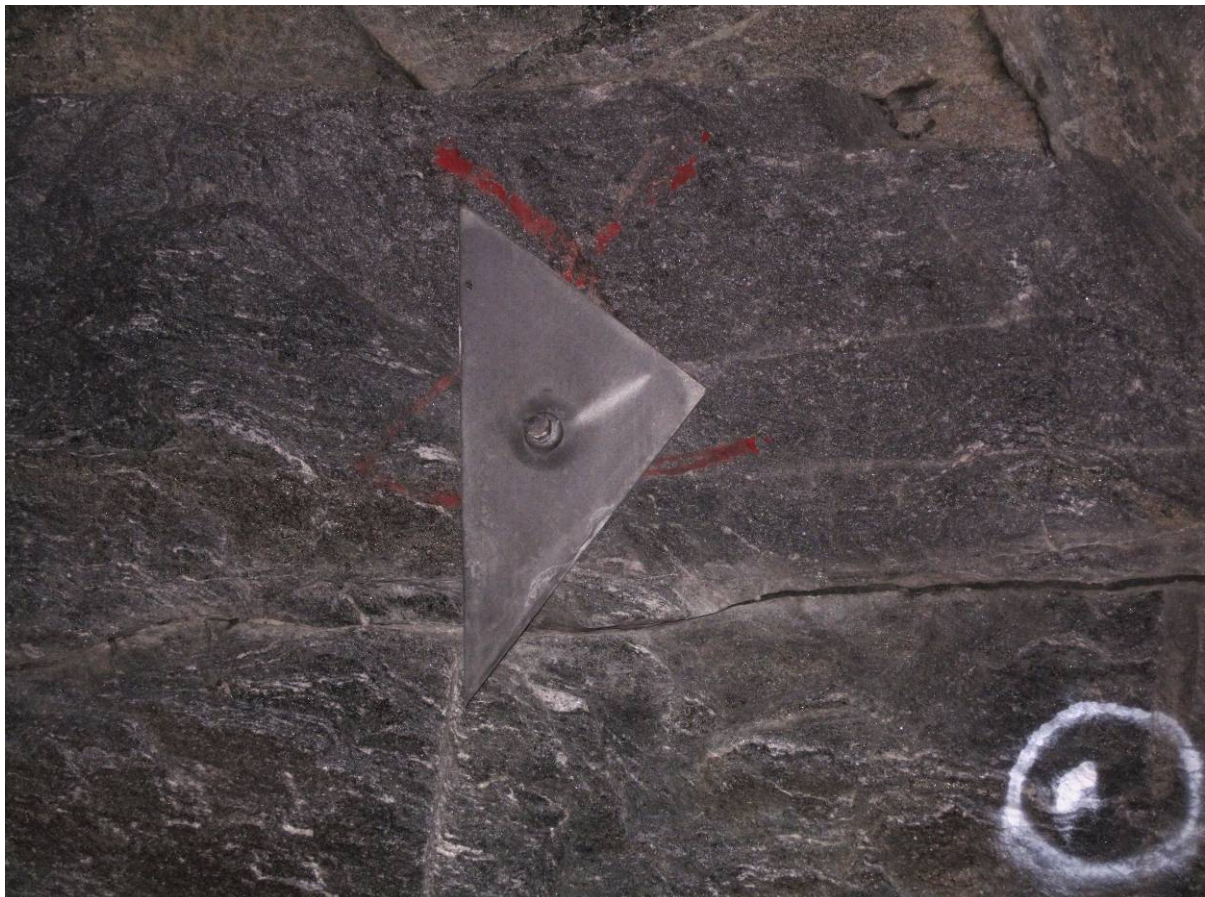


Figur 1.7-14 Korrosjon på boltetupp

1.8 Streketunnelen



Figur 1.8-1 Festemateriell for vann- og frostsikring i portal



Figur 1.8-2 Bolt i tørt miljø. Mye merking for bolt i tunnel som ikke er gjort



Figur 1.8-3 Ingen antydning til korrosjon



Figur 1.8-4 Tørt



Figur 1.8-5 Ikke noe å se



Figur 1.8-6 Eneste bolt med misfarging som skyldes overfladisk korrosjon. Vått, rennende vann fra sleppe



Figur 1.8-7 Korrosjon og rustutfelling der det er vann. Bolt ved siden av fuktig berg er tilsynelatende rustfri



Figur 1.8-8 Ikke noe rust å se her heller, selv om bolt står rett ved fuktig parti

1.9 Storfosstunnelen



Figur 1.9-1 Isnett ved portal sør. Overflatekorrosjon å se på enkelte festebolter og deler av nett.



Figur 1.9-2 Noe korrosjon på enkelte festebolter og deler av nett



Figur 1.9-3 Beskjeden misfarging av skive



Figur 1.9-4 Overflatekorrosjon på bolt og misfarging av skiver



Figur 1.9-5 Misfarging på skive og bolt, og noe punktkorrosjon på nett



Figur 1.9-6 Ingen korrosjon å se på bolter



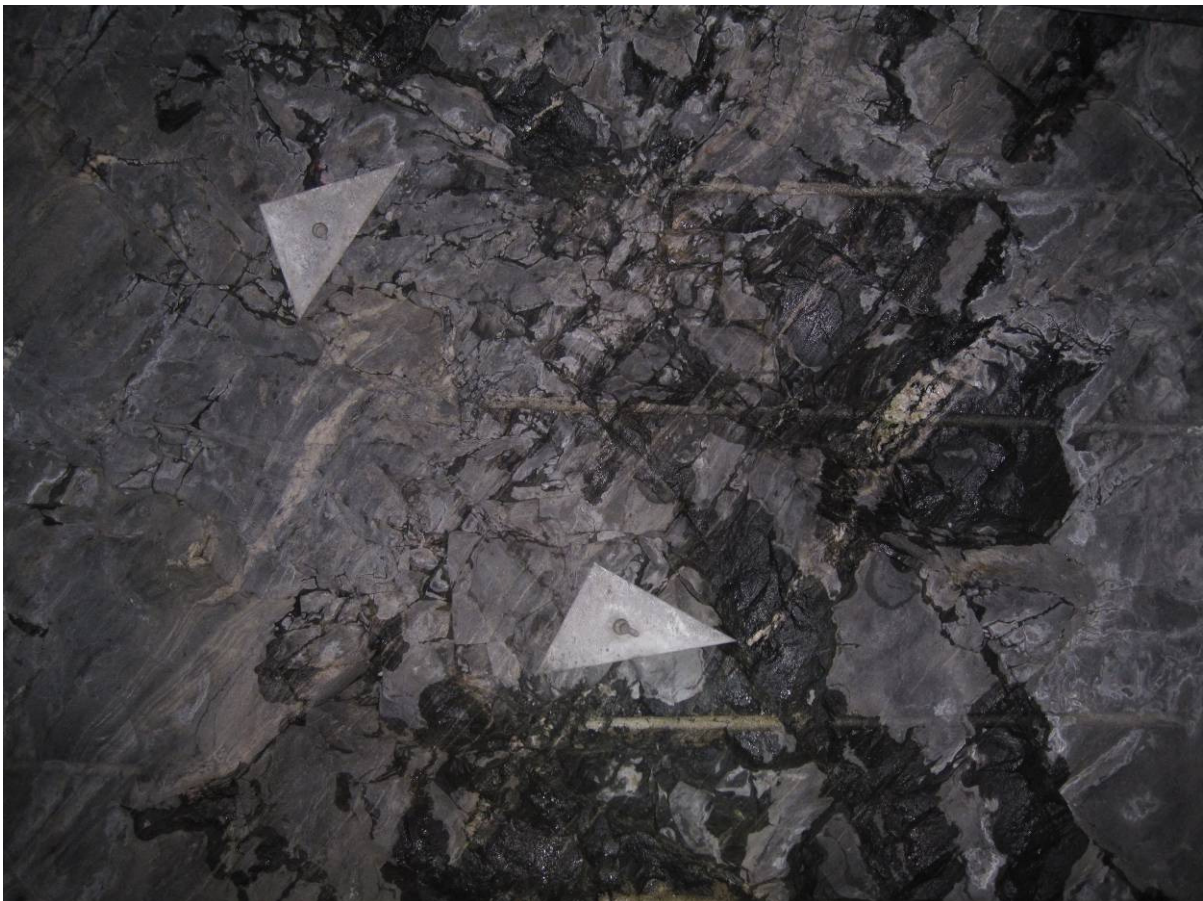
Figur 1.9-7 Spredt fukt – ingen misfarging av bolter



Figur 1.9-8 Fukt, men ikke misfarging av bolt eller trekantplate



Figur 1.9-9 Noe misfarging av trekantplater



Figur 1.9-10 Fukt og småfallent berg, men ikke noe å utsette på boltene (unntatt antallet).



Figur 1.9-11 Portal nord. Fuktig berg, beskjeden misfarging av enkelte skiver og korrosjon på steinsprangnettet enkelte steder



Figur 1.9-12 Korrosjon på bolt, mutter og wire enkelte steder, misfarging på bolteskive

1.10 Hammargjøltunnelen



Figur 1.10-1 Mye ettersikring. Enkel korrosjonsbeskyttelse tydeligvis tilstrekkelig for denne type forhold



Figur 1.10-2 Ikke antydning til misfarging en gang



Figur 1.10-3 Swellexbolt 1. Påfallende at skiva ikke er det minste misfarget mens bolten omtrent er oppspist



Figur 1.10-4 Swellexbolt 1 etter at løs korrosjon er fjernet med geologhammer



Figur 1.10-5 Swellexbolt 2. Mye løst korrosjonsmateriale på bolt



Figur 1.10-6 Swellexbolt 2. Radiell dannelse av rustflak både utenpå og inni bolten



Figur 1.10-7 Swellexbolt 2. Bolteende før fjerning av rust med geologhammer



Figur 1.10-8 Swellexbolt 2. Bolteende etter fjerning av rust med geologhammer



Figur 1.10-9 Swellexbolt 2. Bolteende etter fjernet korrosjon



Figur 1.10-10 Swellexbolt 2



Figur 1.10-11 Gamle bolter \varnothing 16mm med firkantplate, svartstål. Ettersikring i tunnelen har erstattet alle disse



Figur 1.10-12 Fukt fra boltehull, men ingen antydning til misfarging av stålet



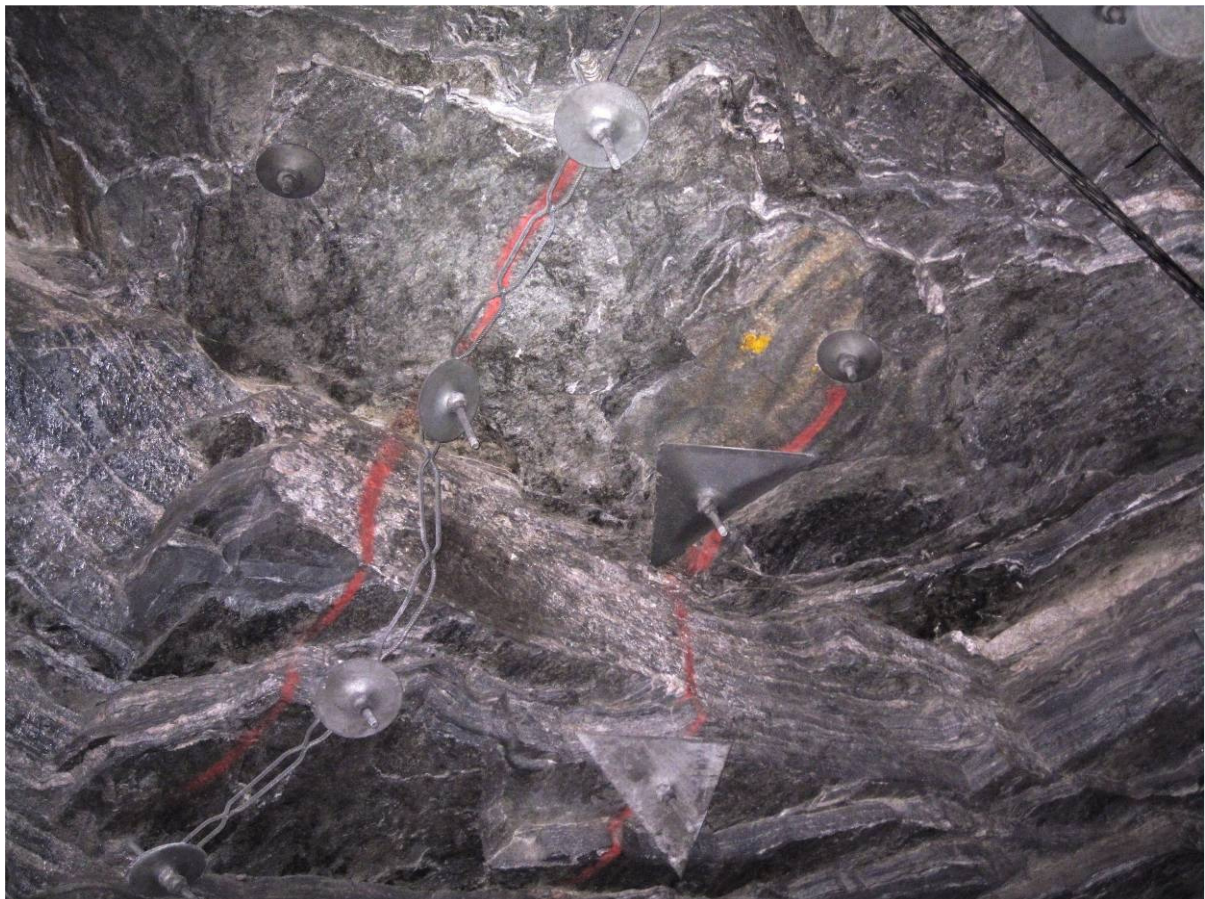
Figur 1.10-13 Gammel boltetype, korrodert svartstål. Vabler på bolteplate



Figur 1.10-14 Gammel og ny bolt. Gammel bolt har vabler på rustoverflaten



Figur 1.10-15 Gammel og nye bolter.



Figur 1.10-16 Til dels omfattende ettersikring, men ikke noe korrosjon eller misfarging av betydning

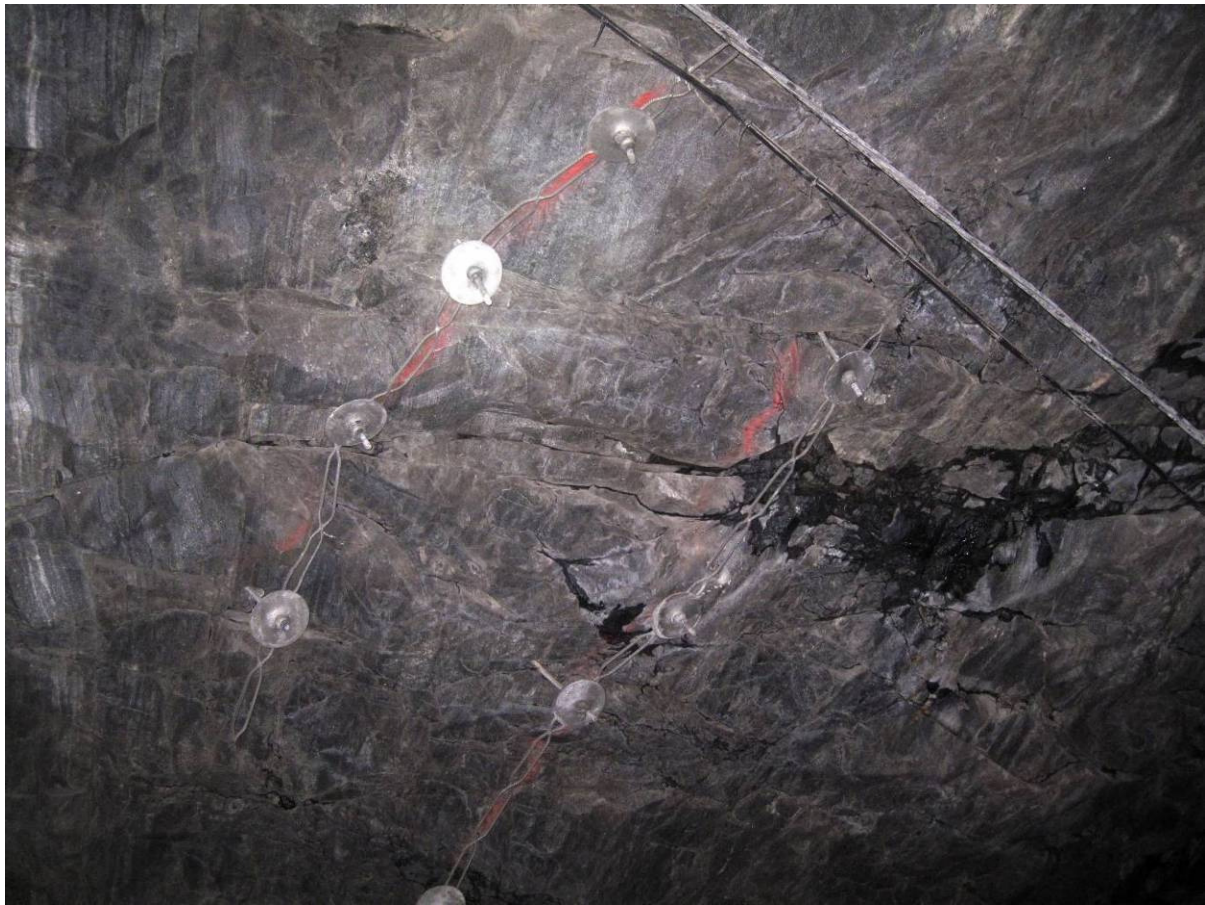


Figur 1.10-17 To gamle bolter med og uten plate sammen med nye bolter



Figur 1.10-18 Gammel svartstålbolt, kraftig korrodert. Vanskelig å si omfanget. All sikring med svartstålbolter er gjort i heng

1.11 Ljønbetunnelen



Figur 1.11-1 Samme forhold her som i Hammargjøltunnelen. Mye ettersikring, som ikke er korrodert



Figur 1.11-2 Bergbånd



Figur 1.11-3 Gammel og ny sikring. Tørre forhold



Figur 1.11-4



Figur 1.11-5 Misfarging på boltetupp. Fuktig berg



Figur 1.11-6 Tyngre sikring i dårlig, fuktig berg. Ikke noe rust på sikringen



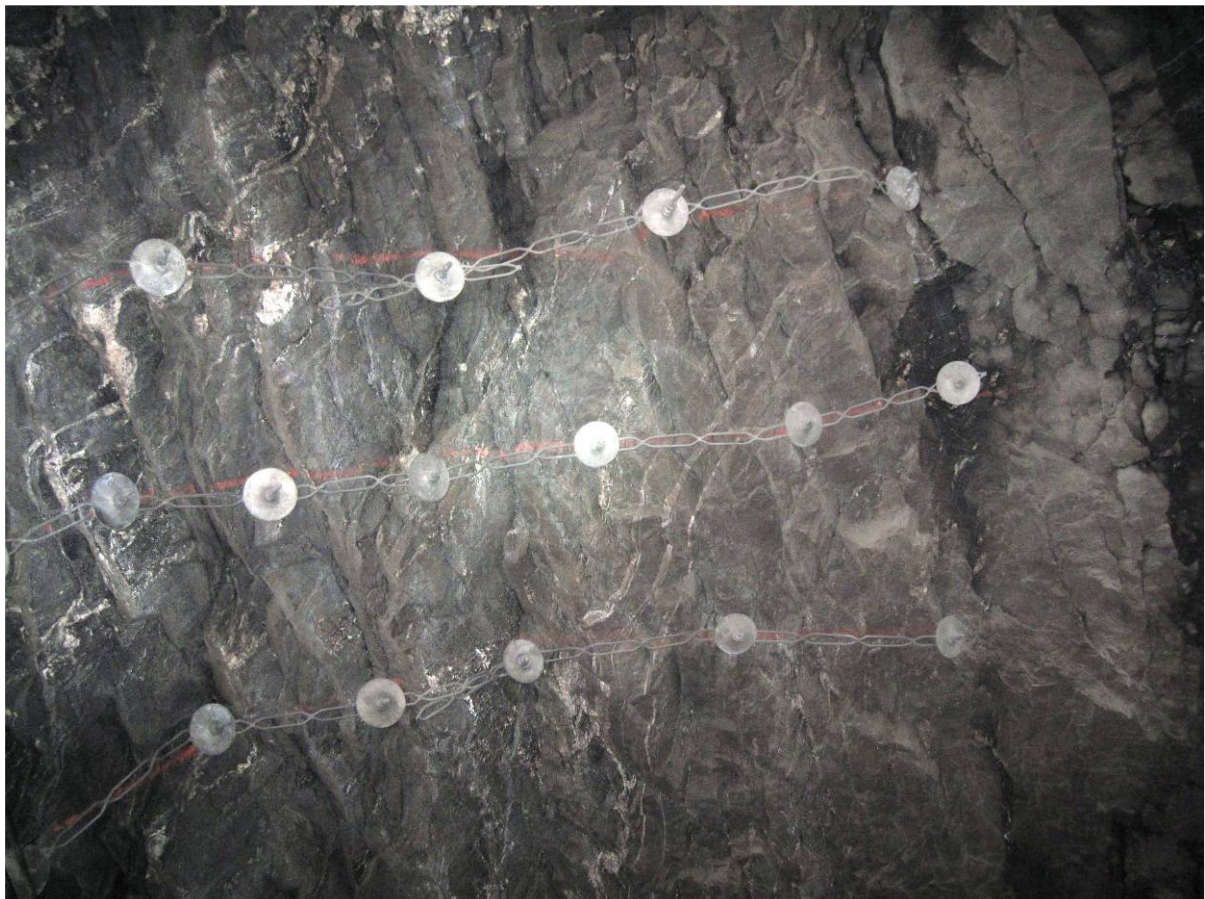
Figur 1.11-7 Bolter med dobbel korrosjonsbeskyttelse, og en gammel uten noen beskyttelse



Figur 1.11-8 Ny bolt montert oppå gammel



Figur 1.11-9 Tørt. Mye ettersikring



Figur 1.11-10 Skifrigt berg i heng

1.12 Rælingstunnelen



Figur 1.12-1 Farging av bolteende på varmforsinket bolt. Gysemasse på bolteskive



Figur 1.12-2 Beskjeden misarging av bolteende. Ellers ikke noe å se



Figur 1.12-3 Fukt og rustutfelling fra bergmassen. Ikke korrosjon å se på bolt



Figur 1.12-4 Ikke noe korrosjon å se

2 SKJÆRINGER

2.1 Skjæringer Fv. 33



Figur 2.1-1 Flere bolteskiver med korrosjon/misfarging. Berget er også oksidert, pga. høyt jerninnhold



Figur 2.1-2 Bolt uten korrosjon, oksidert berg



Figur 2.1-3 Korroderte bolteskiver, misfarging på bolt, halvkule og mutter



Figur 2.1-4 Bolteskiver med korrosjon/misfarging



Figur 2.1-5 Berg med rustutfelling og korrodert/misfarget bolteskive



Figur 2.1-6 Korrodert bolteskive, misfarging på mutter, bolt og halvkule

3 FRISPRENGTE BOLTER

3.1 Kvalsundtunnelen



Figur 3.1-1 Frisprengte sikringsbolter fra Kvalsundtunnelen – nisje 1 og 2



Figur 3.1-2 Frisprengete sikringsbolter fra Kvalsundtunnelen – nisje 1



Figur 3.1-3 Frisprengete sikringsbolter fra Kvalsundtunnelen – nisje 1 og 2



Figur 3.1-4 Frisprenge sikringsbolter fra Kvalsundtunnelen – nisje 1 og 2



Figur 3.1-5 Frisprenge sikringsbolter fra Kvalsundtunnelen – nisje 1



Figur 3.1-6 Gyst rørbolt fra Kvalsundtunnelen

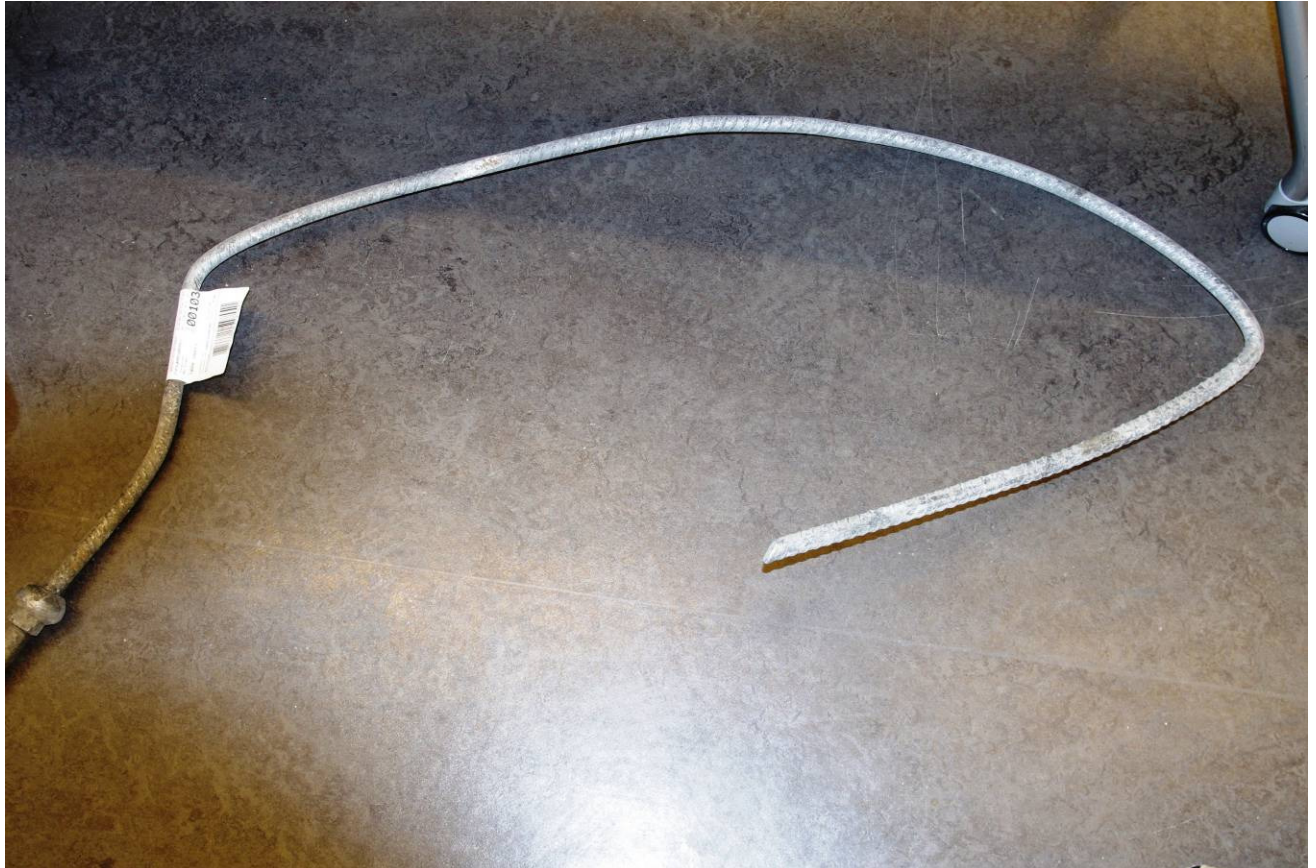


Figur 3.1-7 Rørbolter fra Kvalsundtunnelen tildekket med sprøytebetong

3.2 Øksfjordtunnelen



Figur 3.2-1 Frisprengte sikringsbolter fra Øksfjordtunnelen – nisje 4 og 5



Figur 3.2-2 Frisprengt kamstålbolt fra Øksfjordtunnelen



Figur 3.2-3 Frisprengt kamstålbolt fra Øksfjordtunnelen



Figur 3.2-4 Frisprengt kamstålbolter – nisje 4 o g 5



Figur 3.2-5 Frisprengt kamstålbolt med tynn mørtelfilm



Statens vegvesen

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

ISSN: 1893-1162