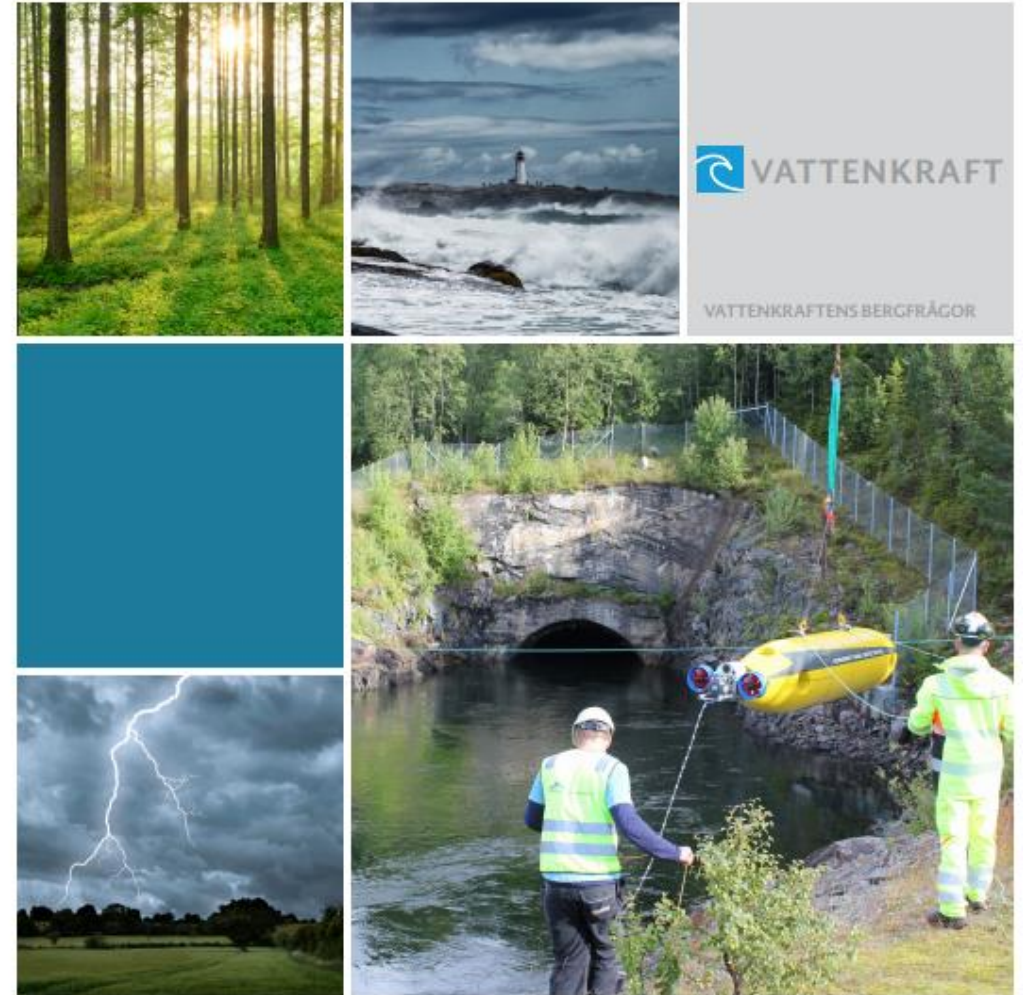


Inspektion av vattenfyllda tunnlar

MARTIN HANSSON, AFRY

Energiforskrapport 2020:660

- Kortfattad litteratursammanfattning
- Sammanställning av workshop i Sundsvall 2019-11-19
- Kortare diskussion samt några förslag på fortsatta aktiviteter inom Energiforsks bergprogram vattenkraft



Varför inspektera?

- Säkerheten för tredje man
- För att veta produktionssäkerheten
- Den tekniska livslängden kan förväntas vara uppnådd speciellt för vissa förstärkningar
- Fler start och stopp
- Anläggningen kan ha utsatts för lastfall som den inte var dimensionerad för



Hultman, Stille, Söder (1993) Ras i kraftverkstunnel, Befo 471:1/93



Varför inte tömma?

- Säkerhetsmässigt dåligt. Risk för nya/förvärrade skador. Risker under utförandet.
- Stora kostnader – produktionsförluster, avställning, vattentömning, säkring av tunnel

Undervattensfarkoster

Fördelar:

- Mindre arbetsmiljörisker
- Låg risk för skador på tunneln
- Tidsåtgången för inspektionen minskar

Nackdelar:

- Svårt att slå de mänskliga sinnen
- Kan inte göra tester eller ta ut prover

Remote Operated Vehicle, ROV

- Olika farkoster för olika syften/behov
- Pilot styr via kabel
- Kabel (kommunikation & vanligen kraftförsörjning)



Sundberg & Amsköld (2015)

Svårigheter att inspektera vattenfyllda tunnlar – navigering, kommunikation

- Djupet kan fås med bra noggrannhet
- I plan är lägesbestämningen vanligen betydligt sämre
- Kommunikation under vatten är svårt utan kabel!

Workshop 2019-11-19, Sundsvall

“Inspektion av vattenfyllda bergtunnlar”

Moderatorer: Anders Isander, Uniper
Monika Adsten, Energiforsk

- Jonas Hammarson, Marcus Hautakoski, Fortum och Jonas Bosell, UW-Tech, *Inspektion och fotogrammetri i vattenfyllda tunnlar*
- Erik Digerud och Jonas Björnström, Norconsult, *Varför och hur vattenfyllda tunnlar skannas*
- Frank Ellingsen, Norwegian tunnel inspection AS, *Erfarenheter från nyligen utförda inspektioner av långa vattenfyllda tunnlar*
- Mikko Simola, Loxus, *Erfarenheter av 3D skanning av vattenfyllda tunnlar med ROV*
- Lars Lundberg, SAAB, *Utveckling av AUV* för tunnelinspektion*
- Leif Lia, NTNU, *Tunnelforskning i HydroCen – ny kunskap och nya möjligheter*

* Autonomous underwater vehicle

<https://energiforsk.se/konferenser/genomforda/workshop-inspektion-av-vattenfyllda-bergtunnlar/>

Två huvudtyper av inspektions-ROV

Mindre och enklare ROV-systemen

- Portabla och avsedda för mindre uppdrag



Större och avancerade

- Långa tunnlar eller med multibeam 3D skanning



Norwegian tunnel inspection, Ellingsen (2019)

Kablar begränsande

- Kablar för kommunikation/datainsamling samt strömförsörjning
- Neutral flytkraft
- Kan fastna
- Batteridrift
- Autonoma system?



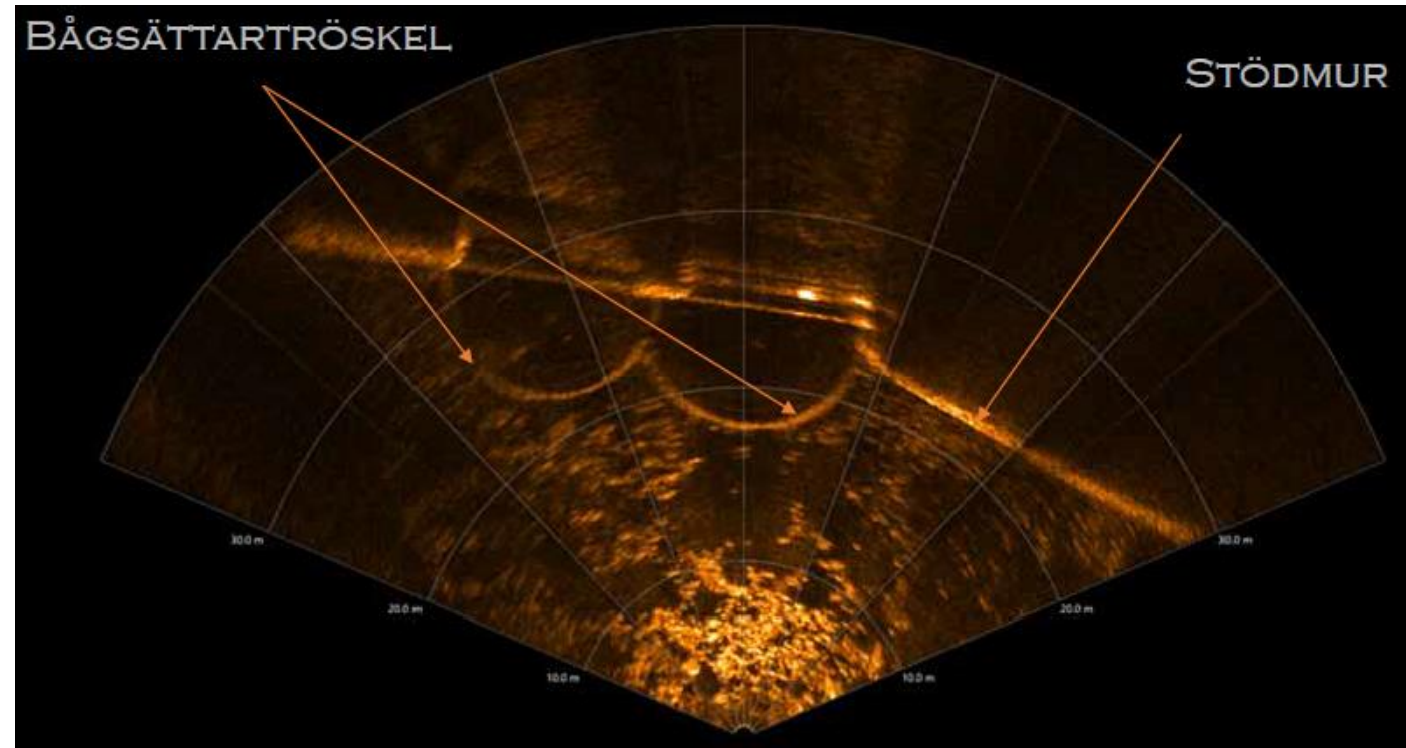
Loxus (2020)

Resultat från ROV

- Video och stillbilder
- 2D-sonarbilder
- 3D sonarskanningsdata ger punktmoln
- Fotogrammetri ger punktmoln

Video/stillbilder & 2D sonar

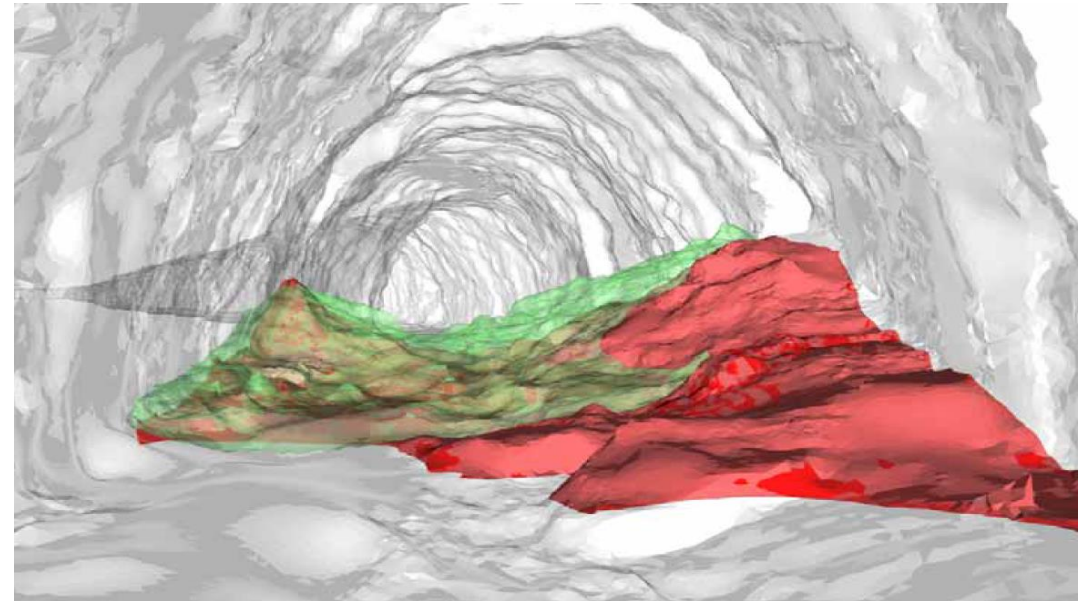
- Standard-metoder
- Video/stillbild beroende av sikt och belysning



UW-Tech, Bosell (2019)

3D sonar

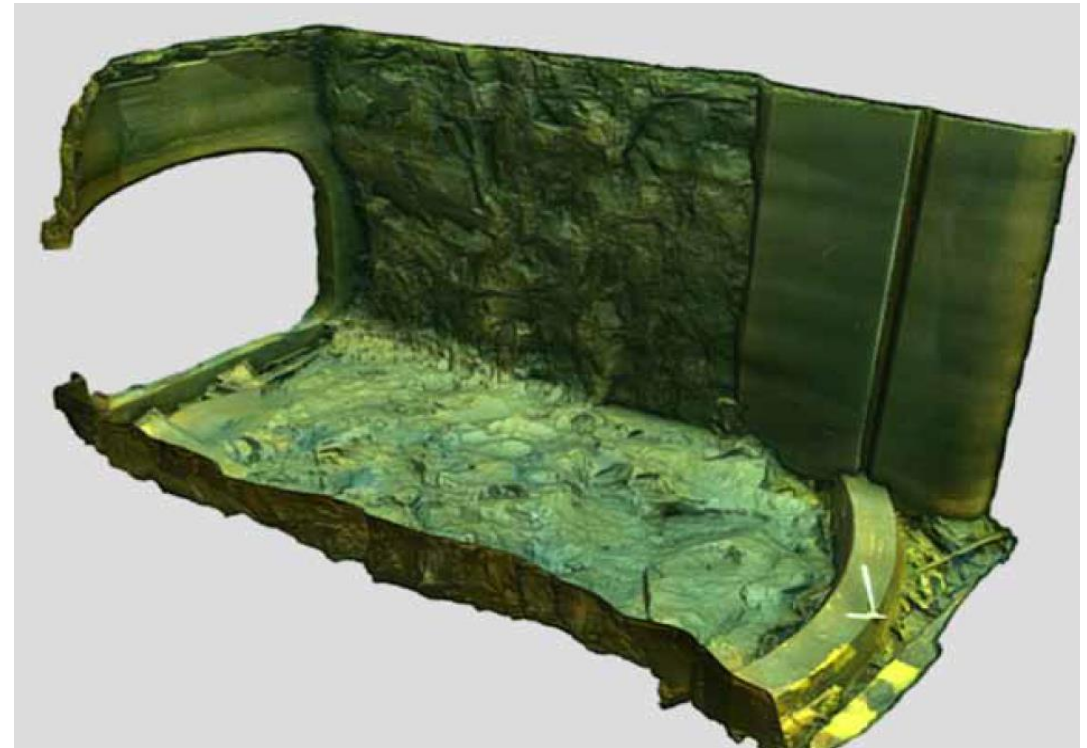
- Relativt snabb
- Hög noggrannhet även i dålig sikt
- Förslagsvis bergmekaniker som analysera under scanningen
- Ur punktmolnet kan man sedan göra olika beräkningar
- Problem med fisk, luftbubblor och is
- Inga resultat vid luftfickor
- Stora datamängder



Norconsult, Digerud & Björnström (2019)

Fotogrammetri

- Detaljstudera kortare sträckor
- Högupplösta foton som tas på nära håll
- Beroende av sikten
- Avancerad efterarbetning
- Stora datamängder
- Hög noggrannhet



Bosell (2019)

Autonoma system

- Mjukvara behövs för att självständigt ta beslut
- Har inte använts för kraftverkstunnlar
- Troligen fullt möjligt
- Rekommendation att använda enbart då det är omöjligt med kablade system

ROV förberedelser - upphandling

- Inspektionens syfte och omfattning
- Tidsramar för inspektionen
- Relevanta ritningar
- Dokumenterade svaghetszoner och förstärkningar från byggtiden eller eventuella underhållsreparationer
- Vilken vattenhastighet kan förväntas i tunneln under inspektionen
- Tillgängligheten till tunnlarna
- Eventuella luftfyllda delar av tunneln
- Vad skall ingå vid leverans
- Inspektionen är intensiv. Underlätta det praktiska
- Elkraftförsörjning behöver lösas
- Eventuellt ett backupsystem / räddningssystem

Prioritera inspektionerna

- De flesta vattenfyllda tunnlar är aldrig inspekterade
- Säkra produktionen på lång sikt
- Inspektera för att hitta ras och statusbedömning

Riskbaserad prioritering

Aspekter att ta hänsyn till:

- Kritiska tunnlar för säkerhet till exempel avbördningssäkerhet
- Tunnlar med kända ras
- Höga eller plötsligt ökande fallförluster
- Anläggningar med hög produktion / effektreglering
- Anläggningar med kända svaghetszoner i berget

Rekommendationer för utvecklingsprojekt

- Stöd till prioriteringsordning. Tag fram viktigaste parametrarna som påverkar prioriteringen
- Tag reda på vilka prover eller analyser som behövs och kan utföras under vatten på förstärkningarna för att bestämma statusen på dem
- Rekommendationer hur data skall dokumenteras och lagras.

Making Future