

Manual

for

Ikke-destruktiv prøving av stasjonære deler oppstrøms turbinen

Akseptkriterier

Inspeksjonsmetodikk

NDT metoder og prosedyrer

Revisjon no.	Formål	Utgitt
D	For utgivelse	08.02.2003
C	Til utsendelse for kommentarer	19.12.02
B	Oversikt over deler og akseptgrenser	22.11.02
A	For kommentarer	20.06.02

EBL prosjekt ref.: EBL – 111 - 2003	Tilgang: Konfidensiell	Side: 1	av: 57
---	----------------------------------	-------------------	------------------

INNHOLDSFORTEGNELSE

Innholdsfortegnelse	2
Forord	4
1. Hensikt og gyldighet	5
2. Akseptkriterier	8
2.1 Generelt om sprekkfunn	8
2.2 Nye komponenter	8
2.3 Krympebolter (kun Francis)	9
2.3.1 Soneinndeling	9
2.3.2 Akseptkriterier – Krympebolter	9
2.4 Sikkerhetsventil (kun Francis)	10
2.4.1 Kontrollomfang	10
2.5 Ekspansjonsboks	10
2.5.1 Soneinndeling – Ekspansjonsboks	10
2.5.1.1 Langsgående sveiser	10
2.5.1.2 Stusser og mannhull	10
2.5.1.3 Hydraulisk styrt omløpsventil	10
2.5.2 Akseptkriterier – Ekspansjonsboks	11
2.5.2.1 Langsgående sveiser	11
2.5.2.2 Stusser og mannhull	11
2.5.2.3 Hydraulisk styrt omløpsventil	11
2.6 Hovedstengeventil	11
2.6.1 Soneinndeling – Hovedventil	11
2.6.1.1 Hovedflenser	11
2.6.1.2 Omløpsrør	12
2.6.1.3 Flenshus	12
2.6.2 Akseptkriterier – hovedventil	13
2.6.2.1 Hovedflenser	13
2.6.2.2 Omløpsrør	13
2.6.2.3 Flenshus	13
2.7 Rørstuss	13
2.7.1 Soneinndeling – Rørstuss	13
2.7.1.1 Rørsveiser	13
2.7.1.2 Tømmerør	14
2.7.1.3 Stusser og mannhull	14
2.7.2 Akseptkriterier – Rørstuss	14
2.7.2.1 Rørsveiser	14
2.7.2.2 Tømmerør	15
2.7.2.3 Stusser og mannhull	15
2.8 Stusser og mannhull	15
2.8.1 Soneinndeling – Stusser og Mannhull	15
2.8.2 Akseptkriterier – Stusser og Mannhull	16
2.9 Grenrør	16
2.9.1 Akseptkriterier – Grenrør	17
2.10 Trykksjakt	18
2.11 Ventilkammer	18
2.11.1 Rørbruddsventil med utløsermekanisme	18
2.11.2 Luftinnslippingsventil	18
2.11.3 Luftinnslippingsventil	19
2.12 Oppsummering	19
3. Inspeksjonsstrategi	20
3.1 Generelt	20
3.2 Områder og valg av inspeksjonsnivåer	20
3.3 Inspeksjonsintervaller	21
4. NDT-metodikk. Krav og anbefalinger	22
4.1 Krav til personell	22
4.2 Moderate NDT-krav	22
4.3 Beskjedne NDT-krav	22

1. Hensikt og gyldighet

4.4	Beskrivelse av krav og anbefalinger til NDT-metodene	23
4.4.1	Magnetpulverprøving (MT)	23
4.4.2	Virvelstrømprøving (ET)	23
4.4.3	Penetrantprøving (PT)	24
4.4.4	Ultralydprøving (UT) for tykkelsesmåling	24
4.4.5	Ultralydprøving (UT) for sprekk søking	24
4.5	Oversikt over komponenter og anbefalt bruk av NDT-metodene	25
5.	Vurdering av indikasjoner	27
5.1	Generelt	27
5.2	Rapporteringsnivå	27
5.3	Akseptnivå	27
6.	Tiltak og protokollføring	28
6.1	Reparasjoner	28
6.1.1	Generelt	28
6.1.2	Reparasjoner	28
6.2	Protokoll	28
	Referanser	29
	Vedlegg 1. Prosedyre for Magnetpulverprøving	30
	Vedlegg 2. Prosedyre for Virvelstrømprøving	38
	Vedlegg 3. Prosedyre for Penetrantprøving	44
	Vedlegg 4. Prosedyre for Ultralydprøving – tykkelsesmåling	48
	Vedlegg 5. Prosedyre for Ultralydprøving - sprekk søking i bolt	54

FORORD

Innføring av markedsstyrt energiproduksjon har ført til endret kjørestrategi for mange av kraftverkene. Det er blitt langt flere start/stopp i løpet av et år enn hva som var forutsatt da kraftverkene ble designet. Trykkutsatte komponenter med vekslende belastning blir utsatt for utmatting, noe som kan føre til brudd dersom det ikke kontrolleres og overvåkes med riktig metode og riktig utstyr.

Denne manualen gjelder stasjonære deler oppstrøms turbinene og er en videreføring av arbeidet som er nedlagt i EBL- Publikasjon 417-2000 (Løpehjul) og 81-2002 (Stasjonære deler i turbinene). Manualene er et supplement til håndbøkene som tidligere er gitt ut gjennom Enfo/EBL-Kompetanse. Det tas sikte på at det ved en fremtidig oppdatering av håndbøkene, vil informasjon fra disse manualene bli innarbeidet.

Manualene inneholder bare det som vi mener er vesentlig informasjon for brukerne. Rapporter og notater som er benyttet i prosjektet er presentert i prosjektrapporten som er oversendt EBL-Kompetanse.

Styringskomiteen har bestått av:

Thomas Wiborg,	EBL-Kompetanse
Kjell-Tore Fjærvold	Statkraft SF
John Hansen	Helgelandskraft
Rolf Grønnerud	Hydro Energi

Utøvende deltagere:

Per Egil Skåre	Dr.ing, SINTEF Energiforskning
Hermød Brekke	Professor NTNU
Peer Dalberg	Dr.ing. CorrOcean
Arnfinn Hansen	Overing. CorrOcean

Involverte leverandører:

GE Hydro	Kjeller
VA Tech Hydro	Jevnaker

Leverandørene har deltatt i en høringsrunde før utgivelsen.

Prosjektleder:

Bjørn Undrum	Statkraft Grøner
--------------	------------------

EBL-Kompetanse er interessert i at brukere som har kommentarer til disse publikasjonene sender disse inn, slik at en senere revisjon kan bli så god som mulig.

Benytt primært adressen: tcw@ebl-kompetanse.no.

Oslo/Lysaker, januar 2003.

Thomas C. Wiborg
EBL-Kompetanse

Bjørn Undrum
Prosjektleder

1. HENSIKT OG GYLDIGHET

Hensikten med denne manualen er å bedre og standardisere bruken av NDT (Non-Destructive Testing eller ikke-destruktiv prøving) på stasjonære deler oppstrøms turbinen i kraftverk. Med stasjonære deler menes deler som er dynamisk påkjent og dermed utsatt for utmatting. Med begrepet "oppstrøms" søker manualen å definere omfanget til komponenter plassert oppstrøms turbin. Deler som er omfattet av manualen er:

- ❖ Krympebolter (Francis)
- ❖ Sikkerhetsventil (Francis)
- ❖ Ekspansjonsboks
- ❖ Hovedstengeventil med omløpsrør
- ❖ Rørstuss med tømmerør
- ❖ Stusser og Mannhull
- ❖ Grenrør
- ❖ Trykksjakt
- ❖ Ventilkammer med rørbruddsventil, luftinn- og luftutslippingsventil.

Manualen omhandler stasjonære deler oppstrøms for Pelton- og Francisturbin. Trykkpåkjenningene for de andre turbintypene, dvs. Kaplan og Rørturbiner, blir vurdert å være så lave at en begrensning i omfanget her er naturlig. Enkelte av delene trenger ikke kontrolleres ved hjelp av NDT, men funksjonstestes. Disse er med fordi det er stor risiko for havari eller menneskelige skader dersom disse ikke fungerer som forutsatt.

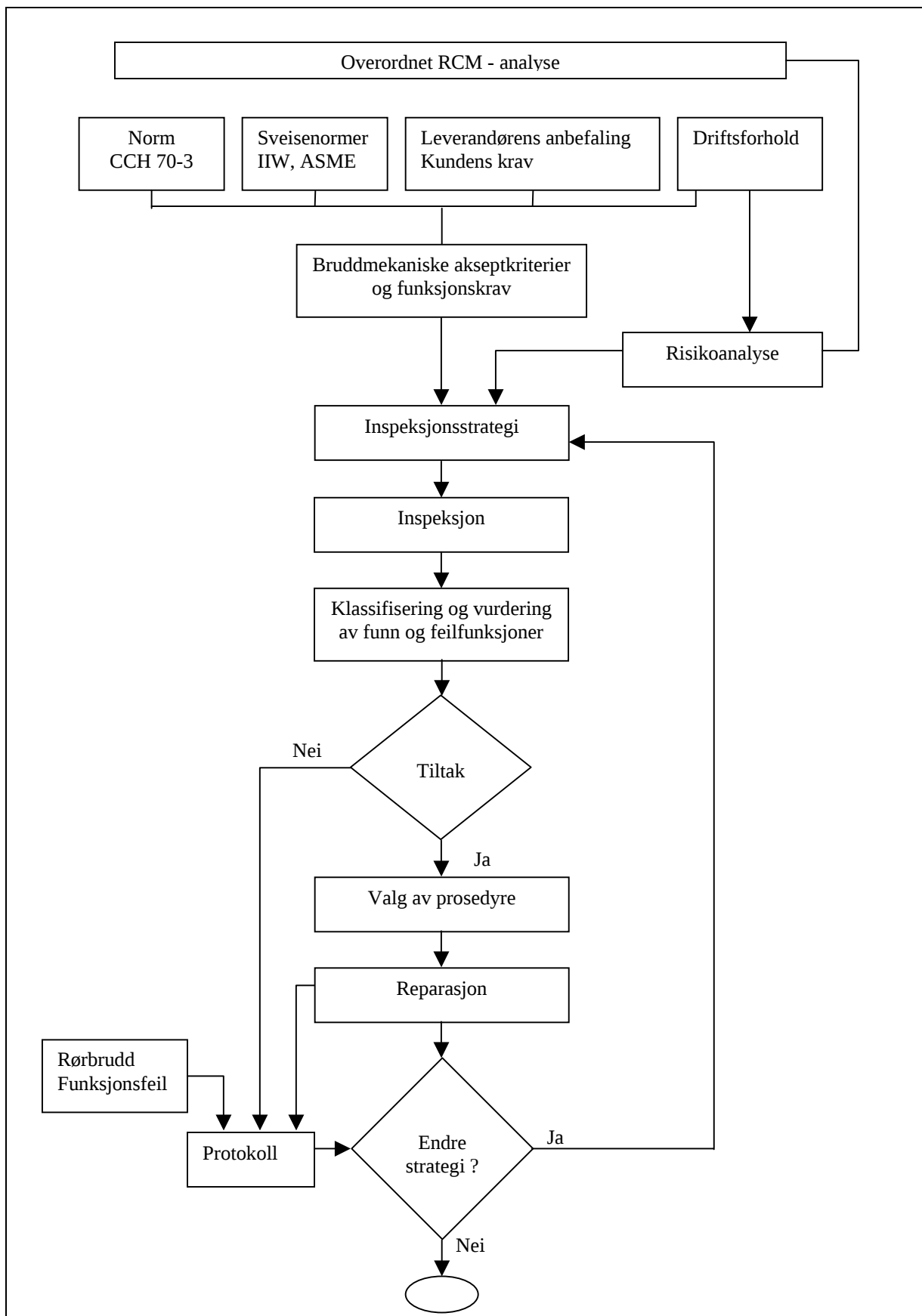
Håndbøkene "Tilstandskontroll av vannkraftverk" som omhandler vannkraftturbiner, ref. [2] og [3], er ikke spesielt detaljert i behandling av NDT. I lys av at bruken av NDT ofte har vært mangelfull og lite konsekvent, ble det besluttet å utarbeide denne rettledningen for å bedre praksisen innen dette viktige området.

Manualen er skrevet over samme lest som publikasjonene "Manual for ikke-destruktiv prøving av turbinløpehjul – inspeksjonsmetodikk og akseptkriterier"¹ (EBL 2000, publikasjon nr. 417-2000, ref. [4]) og "NDT Brukermanual – stasjonære deler" (utgitt EBL 2002, publikasjon nr. 81-2002, ref. [5]).

Kapittelinnstillingen er gjort med tanke på at det skal være lett å finne frem til den aktuelle komponenten oppstrøms turbin. Komponentene er listet i kronologisk rekkefølge fra turbin og oppstrøms til om med ventilkammeret. Manualen skiller ikke mellom Pelton og Francis aggregat siden oppbyggingen av vannveien er i prinsippet likt for begge aggregattyper. De to første komponentene, dvs. Krympebolter og Sikkerhetsventil, gjelder imidlertid kun for Francis aggregat.

¹ Inneholder "NDT Brukermanual – Peltonløpehjul", "NDT Brukermanual – Francisløpehjul" og "NDT Brukermanual – Løpehjul i Kaplan- og rørturbiner"

1. Hensikt og gyldighet



Figur 1.1. Illustrasjon av metodikk for bestemmelse av inspeksjonsrutiner.

1. Hensikt og gyldighet

Flytskjemaet i figur 1.1 illustrerer systematikken som denne "NDT Brukermanual" følger. Forkortelser benyttet i flytskjemaet er forklart i den etterfølgende tekst.

Når et kraftverk har fullført utarbeidelsen av den overordnede vedlikeholdsanalyse (Reliability Centered Maintenance (RCM), eller pålitelighetsstyrt vedlikehold), vil det være kartlagt hvilke deler av kraftverket som trenger hvilken type inspeksjon.

Manualen beskriver i de følgende kapitler på detaljnivå hvordan de stasjonære deler oppstrøms skal undersøkes med ikke-destruktive prøvemethoder (NDT). Valget av NDT-metoder (kapittel 3 og 4) i de forskjellige områder på de stasjonære delene, er basert på bruddmekaniske beregninger og betraktninger (kapittel 2), og en inspeksjonsstrategi etter modellen i figur 1.1.

Denne manual gjelder for stålqualiteter med maks. flytegrense på 460 MPa

Høyeste spenningsvidde² ("peak to peak" eller differansen mellom maks. og min. spenning) er begrenset³ til 200MPa.

I motsetning til NDT Manual - stasjonære deler [5] som omhandler spenningsvariasjoner på grunn av start og stopp omfatter denne rapporten også spenningsvariasjoner på grunn av trykkvariasjoner i vannveien. Her kan den nominelle (midlere) spenningen nærme seg flytegrensa til stålet (gjelder innstøpte trykksjakter) og så vil ha en mindre spenningsvariasjon om middelspenningen på grunn av trykksvingninger i vannveien.

Akseptkriteriene gitt i kapittel 2 har en innebygd sikkerhet basert bl.a. på de ulike mulige belastningstilfellene på komponentene.

Manualen konsentrerer seg i første rekke om lineære indikasjoner (f.eks. 2D-defekter/sprekker) i overflaten, men det er også gitt anbefalinger om hvordan korrosjon og erosjon kan detekteres og vurderes. Kapittel 5 gir føringer for vurdering av indikasjoner. Grunnen til at en har begrenset manualen til lineære indikasjoner kun i overflaten eller like under overflaten, er at innvendige sprekker er ansett som mindre farlige for trykkpåkjennte stasjonære deler dersom de ikke har nådd ut i overflaten. Erfaringsmessig vil disse vokse ut mot overflaten før de gir en gjennomgående sprekk og vil da oppdages som en overflatesprekk ved bruk av NDT. NDT-metodene for sprekkseeking, anbefalt i denne manualen for trykkpåkjennte deler, er derfor begrenset til å finne sprekker i overflaten.

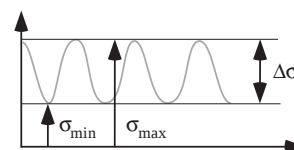
Dersom man med NDT-metoder registrerer indikasjoner eller dersom det registreres unormale hendelser, skal man følge retningslinjer for tiltak og protokollføring, beskrevet i kapittel 6.

I denne NDT- manualen er det i hovedsak beskrevet akseptkriterier for komponenter som har vært i bruk en stund (eldre enn 10 år). På grunn av de valgte NDT metodene har en valgt samme strategi som beskrevet i NDT Brukermanual – Stasjonære deler. Dette er:

En anbefaler å slippe ut alle sprekker som er over enn en viss lengde for å stoppe sprekkveksten i en tidlig fase. Kriterier for om en utsliping er nok eller om en må sveisereparere er gitt for de eldre komponentene. Dette gjelder ikke bolter eller pinneskruer som skal skiftes ut dersom en finner sprekker.

Akseptkriteriene i denne manual er inndelt i **Klasse A, Klasse B og Klasse C**. Disse gjelder i sin tur for fysiske områder på komponentene som betegnes **Sone A, Sone B og Sone C**.

² Spenningsvidde ($\Delta\sigma$) er total spenning fra minimum amplitude til maksimum amplitude, se figur til høyre. For trykkpåkjennte deler settes normalt $\sigma_{\min} \approx 0$ (nedstrøms for innløpsventil som er påvirket av start og stopp av aggregatet.) Dette gjelder ikke for bolter og deler oppstrøms innløpsventilen.



³ Denne kan overstiges i enkelte begrensede områder som f. eks. i skrittet i bukserør i grennrøret, se kapittel 2.9

2. AKSEPTKRITERIER

Dette kapitlet gir en gjennomgang over de komponenter som anses viktige å kontrollere for å opprettholde sikkerheten i deler oppstrøms turbinen for Francis og Pelton turbin. Akseptklassene A, B og C er de samme som er brukt i NDT manual for stasjonære deler, og disse klasser samsvarer med tilsvarende soneinndeling A, B og C på komponentene. Klasse A omfatter også bolter selv om spenningsvariasjonen ved riktig forspenning er mye mindre enn i klasse A, men på grunn av den høye nominelle spenningen. Hele bolten er klasse A.

Avhengig av design, materialvalg, sammenstillingsmetoder, spenningsfordeling og spenningsvariasjon i de ulike delene, vil akseptkriteriene for sprekkstørrelsene variere. Akseptkriteriene gjenspeiler sprekkstørrelser som vil vise målbar vekst ved kontrollintervaller ved overhaling av turbinene og vannvei, eksempelvis ved intervaller på 5 til 20 år avhengig av antall start/stopp og kjøremønstre.

Akseptkriteriene for sprekkstørrelser varierer fra omtrent 2x1mm (lengde x dybde) som er typisk for forspente bolter og opp til sprekker med lengde i størrelsesorden på 50 – 100 mm.

Når det gjelder korrosjon og erosjon er akseptkriteriene angitt som reduksjon i veggtykkelse, det vil si at grensen for aksept/ikke-aksept går ved 50% tykkelsesreduksjon uavhengig av hvor stort areal som dekkes av reduksjonen.

2.1 Generelt om sprekkfunn

Med NDT-metodene magnetpulverprøving (MT) og penetrantprøving (PT) kan man ikke finne sprekkdybden. Man må derfor benytte akseptkriterier som baserer seg på sprekk lengden som et mål på om sprekken skal slipes opp eller ikke.

Når virvelstrømprøving (ET) anbefales i bruk kan akseptkriterier basert på dybde (dybder opp til ca. 2 mm) også benyttes.

Akseptkriteriene for ultralydprøving (UT) av bolter baseres på sprekkens dybde x lengde. For MT, PT eller ET av bolter gjelder ovenfor nevnte begrensninger.

Når en har detektert en sprekk som er lengre eller dypere enn akseptkriteriet for den aktuelle sonen, må en foreta en oppsliping av sprekken. Dette gjøres med å foreta en forsiktig oppsliping, etterfulgt av en polering og NDT. Dette gjentas til at en er helt sikker på at en har fått fjernet sprekken. Ved hjelp av denne prosedyren har en nå fått kjennskap om sprekkens dimensjoner.

Deretter må en vurdere om oppslipingen av sprekken skal stå som den er eller om den skal sveiserepareres. Kriterier for dette er gitt ved hver komponent (gjelder ikke deler som skal byttes ut). Basert på erfaringer og beregninger kan spenningene i bunnen av utslipingen øke med en faktor på 2 og 3 i forhold til maks. spenning i materialet uten sprekk. Dermed vil det være en økt fare for videre sprekkvekst i en oppsliping dersom rester av en sprekk gjenstår. Utslipinger bør derfor kontrolleres hyppigere enn ved et normalt kontrollintervall.

2.2 Nye komponenter

For nye komponenter i vannveien er en interessert i å finne feil som kan vokse til kritiske feil i løpet av levetiden. En typisk levetid er satt til 50 år, med 3 start/stopp pr. dag, som gir omkring 50.000 veklinger for deler som er påvirket av start/stopp. Dette gjelder deler som er nedstrøms fra og med rørstussen. For grenrøret og trykksjakten er det trykksvinginger i vannveien som er drivende for sprekkveksten. Disse trykksvingningene vil normalt oppstå ved avslag eller nødstop.

For Klasse A, B og C har en satt begrensninger på den maksimale spenningsvariasjoner, $\Delta\sigma_{max}$, til hhv. 200, 150 og 100 MPa. Ved hjelp av bruddmekanisk teori, beskrevet i ref. [5], har en anbefalt at maks. tillatte overflatefeil på nye komponenter begrenses som vist i figur 2.1.

2. Akseptkriterier

Her er det antatt at kritisk sprekkestørrelse som gir ustabil brudd er antatt å ha en dybde på ca. 100 mm. Det er videre antatt at "Critical Crack Tip Opening Displacement" ($CTODC = \delta_{CT}$) er større enn 0.5 mm. Sprekkvekstkurver for dybde/lengdeforhold på $a/2c$ lik 0.5 er brukt å estimere sprekkveksten, ref. [5].

Klasse A		Klasse B		Klasse C	
1.0 x ∞		2.0 x ∞		3.0 x ∞	
2.0 x 20 mm		3.0 x 80 mm		5.0 x 150 mm	
2.5 x 10 mm		4.0 x 40 mm		7.0 x 100 mm	
		5.0 x 30 mm		10.0 x 60 mm	

Figur 2.1 Aksept kriterier for overflatesprekker i nye komponenter (unntatt bolter). Kriteriene er basert på anbefalinger for nye trommer fra GE Hydro (Kværner).

Minste sprekkestørrelse for Klasse A er begrenset til en lengde på 10 mm, siden mulighetene er tilstede for å overse mindre feil ved bruk av konvensjonelle NDT metoder. For Klasse B og C er mulighetene til å finne de feil som kan beregnes nesten 100%. Av denne grunn er maks. tillatt sprekkestørrelse redusert noe i forhold til beregnede akseptgrenser.

For nye bolter eller skruer skal disse være "feilfrie" når de settes inn. Kravet til dette og anbefalt forspenning fås av produsent av turbinkomponent.

2.3 Krympebolter (kun Francis)

Krympebolter ble brukt i kløven i delte støpte trommer frem til omtrent 1960, der de største spiraltrømmene var støpt i flere deler. De delte spiraltrømmene ble satt sammen med krympebolter og disse er kun tilgjengelig ved større revisjoner når lokket er fjernet. For delte trommer (etter 1970) er også kløven satt sammen med pineskruer, mens de nyeste delte trømmene er sveist sammen på anlegget. Som navnet henspiller er krympeboltene forspent, ettersom de er satt på varme og når de kjøler vil de trekke seg sammen og gi en ønsket forspenning. Dette gjør at hvilegraden⁴ er god, slik at spenningsvariasjonen er lav for hver start og stopp.

2.3.1 Soneinndeling

Spenningsene er høyest i overgangen (hulkilen) mellom bolt og bolthode og her kan spenningsene komme opp i flytespenningen. For å komme til dette område uten demontering av boltforbindelsen, må det benyttes ultralydprøving i lengderetning av krympeboltene. Hele boltene anses som Klasse A.

Den visuelt tilgjengelige delen av overgangen mellom bolt og bolthode⁵ kan i tillegg også kontrolleres med andre NDT metoder.

2.3.2 Akseptkriterier – Krympebolter

Så lenge hvilegraden er god (stor forspenning) vil spenningsamplitudene være relativt lave. Derimot er de nominelle spenningsene høye slik at dersom en finner sprekker eller lineære feilindikasjoner større enn⁶ 6x3 mm i krympeboltene eller boltene skal disse byttes umiddelbart.

⁴ Hvilegraden er et uttrykk for hvor godt sammenpressede flatene ligger mot hverandre når anlegget er trykksatt. Er hvilegraden god skal ikke være noe bevegelse, slik at spenningsvariasjonen blir liten.

⁵ Er tilgjengelig når øvre og nedre lokk er fjernet.

⁶ Denne størrelsen er begrenset av at UT ikke klarer å finne mindre sprekker med høy nok sannsynlighet.

Grunnen til dette er at sprekker kan føre til siging i materialet som igjen reduserer hvilgraden og øker spenningsamplitudene. Tiden til neste inspeksjon er også svært usikker siden inspeksjon kun kan gjøres når lokkene er fjernet.

Anbefalt minimum tidsrom mellom hver inspeksjon av krympebolter eller bolter i kløven er 30 år. Forspenningen fåes av turbinleverandøren.

2.4 Sikkerhetsventil (kun Francis)

Mange Francis aggregat er utstyrt med en sikkerhetsventil for å redusere trykkstigningen i spiraltromma ved et eventuelt avslag. Sikkerhetsventilen vil da åpne og sørge for at trykkstigningen begrenses ved at vannet blir ført direkte til sugerøret gjennom en energidreper. På grunn av at avslagene er relativt sjeldne er det ikke noe stor fare for sprekkvekst i selve ventilen selv om trykkstigningen kan være stor (10-25%).

2.4.1 Kontrollomfang

Det er viktig å kontrollere hydraulikkørret som fører veske inn til stempelkammeret. Her er det viktig at riktig trykkklasse på rørene er brukt (fåes av leverandør av reguleringssystemet).

Det anbefales at trykkørret demonteres og trykkprøves med 30% overtrykk i forhold til maksimal trykket. Veiledning for å beregne trykket er gitt i TR A5773 ref. [6]. Trykkprøving av hydraulikkørret bør gjøres hvert 20 år. I tillegg anbefales det å kontrollere strupeblenden på stempelkammerets lavtrykkside.

I noen anlegg er det brukt hydraulikkslanger av gummi. Kvaliteten på disse avtar over tid, og det anbefales å skiftes disse ut etter 10 års drift.

2.5 Ekspansjonsboks

Dette er tilførselsørret fra stengeventil til spiraltromme (Francis) eller ringledning/grenør (Pelton). På grunn av at dette øret skal kunne ta opp lengdevariasjonene i vannveien, vil de aksielle spenningene i hovedørret bli lave (tilnærmet ingen aksiell spenning i øret). Dette fører til at spenninger i rundsømmene (radielle sveiseskjøter) er mye lavere enn i langsømmene (langsgående sveiseskjøter), som må ta opp vanntrykket.

2.5.1 Soneinndeling – Ekspansjonsboks

2.5.1.1 Langsgående sveiser

Spenningsvariasjonen er avhengig av forholdet mellom produktet av variasjonen av vanntrykket og ørdiameteren og den doble platetykkelsen. Siden nesten alle sveisene er tilgjengelig/synlig fra utsiden, vil eventuelle lekkasjer med stor sannsynligvis oppdages med en gang. Siden ørtykkelsen er begrenset vil kravet om "lekkasje før brudd" være oppfylt.

Sveisene bør kontrolleres med et intervall på 5000 start/stopp eller 10 år.

2.5.1.2 Stusser og mannhull

Stusser og mannhull er konstruksjonsdetaljer som kan gi et høyt spenningsnivå. Nivået i forhold til spenningene i hovedørret er i hovedsak avhengig av hvordan overgangen mellom stuss og hovedør er utformet. Se delkapittel 2.8

2.5.1.3 Hydraulisk styrt omløpsventil

Innvendig status på den hydrauliske styrt omløpsventilen (seteventil) sjekkes visuelt med hensyn på tæring og evt. kavitasjonsskader. En bør også kontrollere styrekrysset for seteventilen. Overganger mellom rustfritt og ulegert finkornstål sjekkes visuelt med hensyn på korrosjonsangrep.

Kontrolleres etter 5000 start/stopp eller 10 år. Ved sandholdig vann halveres inspeksjonsintervallene.

2.5.2 Akseptkriterier – Ekspansjonsboks

2.5.2.1 Langsgående sveiser

For ekspansjonsbokser skal oppsliping skje dersom sprekken i overflaten (innvendig) har en lengde større enn det som vist i Tabell 2.1.

	Langsømmene (Klasse C)
Oppsliping foretas dersom sprekken er lengre enn:	60 med mer

Tabell 2.1 Tillatt sprekklengde uten å slipe opp sprekken.

Etter at sprekken er oppslipt må en vurdere om en kan la utsliping stå eller om en må sveisereparere sprekken. Anbefalte grenser er vist i Tabell 2.2.

	Langsømmene (Klasse C)	
	Dybde	Lengde
Maks. oppsliping uten sveisereparasjon	0.4 B	2 B

Tabell 2.2 Tillatt maks. dybde og lengde uten sveisereparasjon i langsømmene. B er platetykkelsen

Dybden og lengden er basert på det verst tenkelige tilfellet som er at en ny sprekk oppstår i utsliping og sprekken ikke skal vokse til over 70% av platetykkelsen, B, før neste inspeksjon (maks. 10.000 start/stopp). Basert på dette skal sprekker sveiserepareres når det oppslipte dimensjonene er større enn gitt i Tabell 2.2. Sveisereparasjoner må kun utføres av kvalifisert personell.

2.5.2.2 Stusser og mannhull

Se delkapittel 2.8

2.5.2.3 Hydraulisk styrt omløpsventil

Slitte deler repareres eller byttes ut. Kontakt utstyrsleverandør for anbefalinger.

2.6 Hovedstengeventil

Hovedventilen brukes ved start og stopp av anlegget og ved revisjoner av turbinen. Antall spenningsvariasjonene er styrt av antall start/stopp på anlegget. Det finnes ulike typer ventiler, fra spjeld-, sluse- og kuleventil. De kan enten være utstyrt med vann eller oljestyring. Typisk benyttes kuleventiler ved vanntrykk over 200 mVs for større turbiner. For lavere trykk og store dimensjoner (større enn 1200 mm) benyttes i hovedsak spjeldventiler. Mange eldre høytrykksaggregat er utstyrt med sluseventiler.

2.6.1 Soneinndeling – Hovedventil

2.6.1.1 Hovedflenser

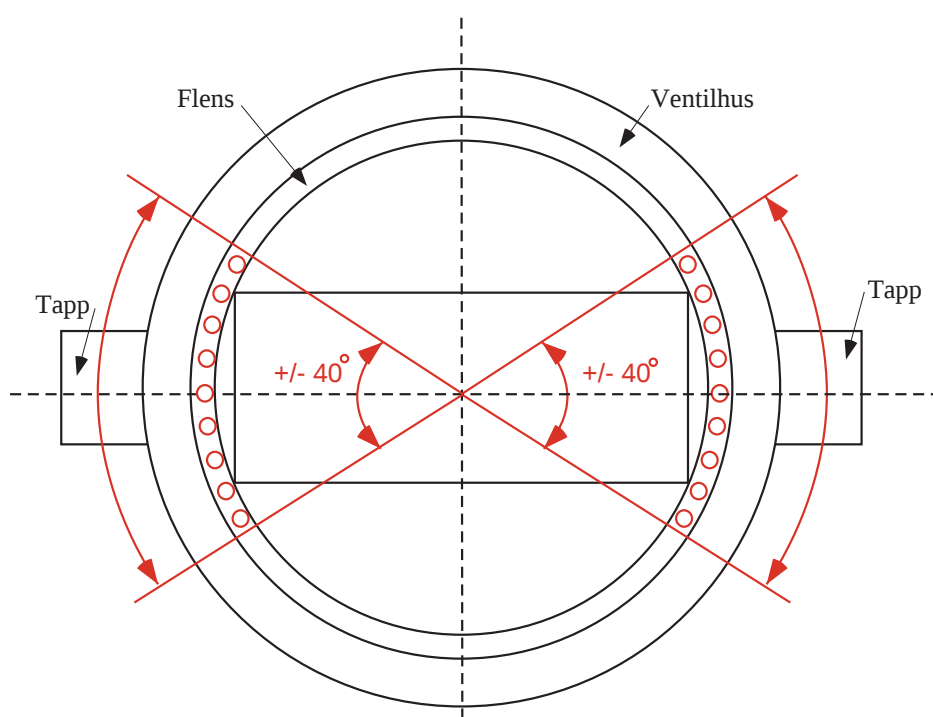
De høyeste spenningene finnes i hovedflens oppstrøms ventil, siden denne må ta nesten alt vanntrykket fra oppstrøms vannsøyle når ventilen er stengt. Lokalisering av akslingene (tappene) til stengeventilen er avgjørende for hvor de høyeste spenningene finnes, siden aksialkreftene fra akslingene (tappene) overføres til flensen. For en kuleventil eller en spjeldventil vil de høyeste spenningene være i området omtrent kl. 2 – 4 og 8 – 10 når tappene står horisontalt. For ventilene med vertikal tapper konsentreres inspeksjonen mellom kl. 11 – 01 og 5 – 7. For sluseventiler er spenningen mer jevnt fordelt siden stengeplata har en stor anleggsflate. Alle boltene i flens oppstrøms kuleventil er Klasse A.

Dersom en finner sprekker i området med de høyeste spenningene anbefales det å ta stikkprøvekontroll rundt hele flensen.

Siden forspenningen er så stor at hvilgradene er god, vil spenningsvariasjonen være liten for hver start/stopp. På grunn av at den nominelle spenningen er høy så tillates ikke feil større enn 2x1mm i de eldre boltene.

Det anbefales at ultralydprøving (UT) brukes på alle boltene i det mest belastede området (se figur 2.2) for å kontrollere skruene eller boltene for eventuelle sprekker (tverrsprekker) uten demontering. De viktigste steder å kontrollere for sprekkdannelser er hulkilene mellom bolthode og bolt, eller mellom gjengeparti og bolt (for pinne boltene). Dette betyr i hovedsak lydveier på 50-100 mm. I disse tilfeller vil ultralydekk fra en 2x1 mm sprekke gi ganske dårlig signal/støyforhold (S/N), slik at deteksjonen blir usikker. Sprekkestørrelser som ligger mellom 2x1 mm og typisk 6x3 mm, gir økende S/N og dermed bedret sannsynlighet for å finne sprekker. Ved bruk av UT på alle monterte bolter kan man derfor plukke ut de bolter hvor det er klare sprekkindikasjoner, pluss de bolter hvor det er antydning til at noe er på gang.

I tillegg anbefales det å demontere 50% av boltene i det mest belastede området for NDT med MT, PT eller ET for en mer omfattende kontroll. Boltene kontrolleres også med hensyn på korrosjonsangrep. Må settes tilbake med riktig forspenning som fåes av ventilleverandør.



Figur 2.2 Kontrollsone for bolter i flens oppstrøms innløpsventil

2.6.1.2 Omløpsrør

Omløpsrøret brukes til å utjevne trykket over ventilen ved åpning av ventilen (start av aggregatet). På grunn av høye vannhastigheter vil det være fare for kavitasjonsskader og sandslitasje spesielt i forbindelse med bend og ventiler. Sandslitasje vil være størst i ytterbend, mens kavitasjonsskadene vil høyst sannsynlig oppstå nedstrøms innerbend og eventuelle etter ujevnheter i ventiler. Hele omløpsrøret representerer Sone C. Dette kan føre til at rørtykkelsen reduseres over tid, og dette kan enten kontrolleres ved en full demontering, eller tykkelsesmåling ved hjelp av ultralyd.

2.6.1.3 Flenshus

Flenshus er delt i to og enten sveist eller kløven er satt sammen med bolter etter at dreieleget er satt inn. Dersom huset er sammensatt med flensforbindelse eller kløv, bør boltforbindelsene kontrolleres. Dersom det er flere rekker med boltforbindelse vil de høyeste spenningene være i den innerste rekken. Spenningene her er i samme området som i flens oppstrøms innløpsventil. Sveiste forbindelse anses å ha moderate spenninger og her er det også store innebygde feil (Klasse C).

2. Akseptkriterier

2.6.2 Akseptkriterier – hovedventil

2.6.2.1 Hovedflenser

Boltene i hovedflensen oppstrøms ventilen bør kontrolleres med et intervall på 20 år. Kontrollomfanget er begrenset til bolter som er innenfor sektoren som vist i Figur 2.2. Siden forspenningene er stor på boltene, må boltene byttes ut dersom det finnes feil eller sprekker i boltene eller pinneskruene.

	Bolter
Boltene skal byttes ut dersom det oppdages sprekker som er større enn:	1 mm

Tabell 2.3 Tillatt sprekkdyp i bolter i oppstrøms flens.

2.6.2.2 Omløpsrør

Dersom omløpsrøret er utsatt for slitasje, må det aktuelle delen byttes ut dersom tykkelsen er redusert i forhold til original tykkelse som vist i Tabell 2.4. Dette gjelder en lokal reduksjon (uansett areal) og ikke hele røret.

Kontrollintervall er 10 000 start/stopp eller 20 år. Ved sandholdig vann halveres inspeksjonsintervallene.

	Omløpsrør
Rørlengder byttes ut dersom tykkelsesreduksjonen er større enn:	50% av veggtykkelsen

Tabell 2.4 Tillatt reduksjon av tykkelsen i omløpsrøret

2.6.2.3 Flenshus

Dersom sprekker oppdages i boltene skal de byttes ut med en gang. For å komme til de kritiske områder med NDT, uten demontering, må det benyttes ultralydprøving i lengderetning av bolt. Det anbefales i tillegg å ta ut boltene ytterst i rekken for en visuell kontroll av boltene og sprekksøking i overflaten. Må settes tilbake med riktig forspenning som fåes av ventilleverandør.

Anbefalt kontrollintervall er 10 000 start/stopp eller 20 år.

	Bolter
Boltene skal byttes ut dersom det oppdages sprekker som er større enn:	1 mm

Tabell 2.5 Tillatt sprekkdyp i bolter i kløv til flenshus

2.7 Rørstuss

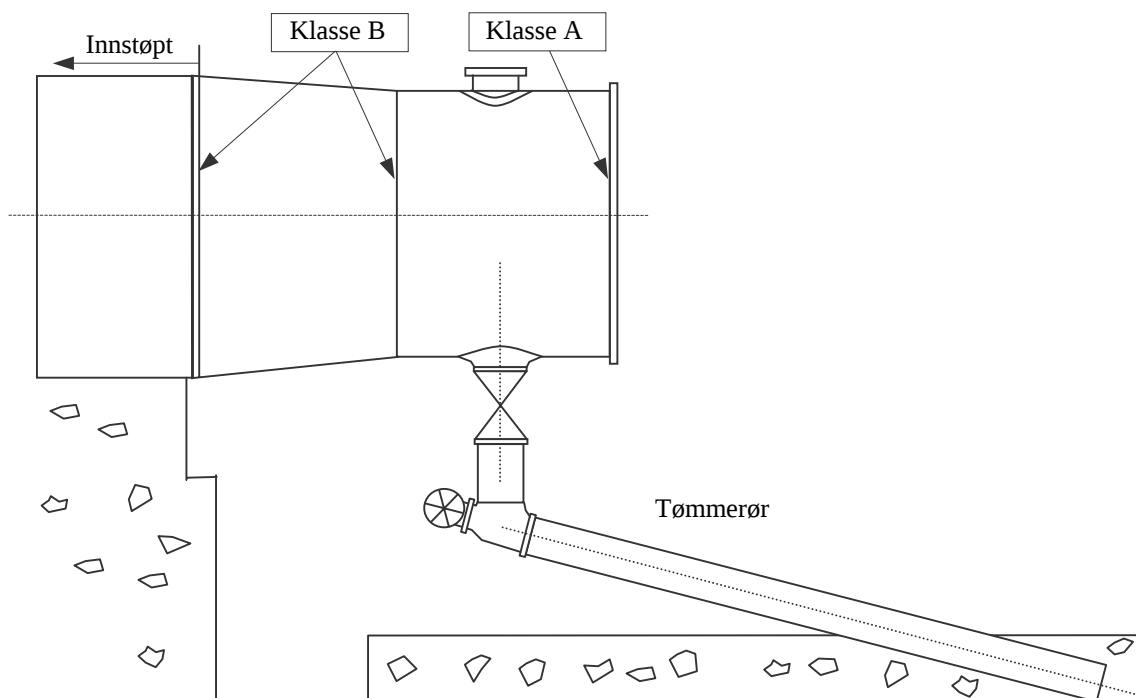
Rør som forbinder hovedventilen med grenrøret som normal er innstøpt i fjellet. Spenningsvariasjoner er avhengig av trykkvariasjoner på typisk +/- 15% av tilgjengelig trykkfall for turbinen. I tillegg vil røret få en aksial spenningsvariasjon pga. start/stopp siden hovedventilen henger på rørstussen.

2.7.1 Soneinndeling – Rørstuss

2.7.1.1 Rørsveiser

Siden rørstussen er fylt med vann hele tiden utenom ved større revisjoner, vil langsømmene få en spenningsvariasjon på omtrent +/- 15% av vanntrykket. Vi antar 40 spenningssyklus for hver nødstop eller avslag av aggregatet. Siden hovedventilen henger på rørstussen må en få overført en aksial spenningsvariasjon hver gang anlegget starter og stopper. Denne aksielle spenningsvariasjonen må opptas i rundsømmene og flensforbindelsen mot innløpsventilen. Spenningsvariasjonen vil bli klart størst i rundsømmene siden disse varierer fra omtrent 0 til maks. spenning for hver start og stopp. Soneinndelingen er vist i Figur 2.3.

Sveisene i rørstussen bør kontrolleres med et intervall på 5000 start/stopp eller 10 år.



Figur 2.3 Soneinndeling for rørstuss (merk forskjell på rundsømmene)

2.7.1.2 Tømmerør

Brukes i forbindelse med tømning av vannveien ved større revisjoner (skal vel være "revisjoner"). Tømmerøret blir sjelden brukt, slik at slitasjen er relativ liten. På grunn av at en har en viss bevegelse i rørstussen ved start/stopp vil tømmerøret som er innstøpt og festet til sugerøret, få spenningsvariasjoner ved overgangen stuss/tømmerør som vil være drivende for sprekker. Tømmerøret bør også kontrolleres for korrosjonsangrep, siden det står i forbindelse med sugerøret.

2.7.1.3 Stusser og mannhull

Se delkap. 2.8.

2.7.2 Akseptkriterier – Rørstuss

2.7.2.1 Rørsveiser

Siden spenningsvariasjonen er forskjellig i rund- og langsømmene vil kriteriene være at når en finner en overflatesprekk med lengde over det som er vist i Tabell 2.6 skal en slippe opp sprekken for å finne dimensjonene, dvs. lengde og dybde, på sprekkindikasjonen.

	Rundsømmene		Langsømmene
	Klasse A	Klasse B	Klasse C
Oppsliping foretas dersom sprekken er lengre enn:	10 mm	30 mm	60 mm

Tabell 2.6 Tillatt maks. lengde uten sveisereparasjon.

Etter at dimensjonene er funnet må det avgjøres om utslipningen kan stå eller om en må sveisereparere sprekken. Basert på bruddmekanisk teori og erfaringer er anbefalte maks. dimensjoner gitt i Tabell 2.7.

2. Akseptkriterier

	Rundsømmene				Langsømmene	
	Klasse A		Klasse B		Klasse C	
	Dybde	Lengde	Dybde	Lengde	Dybde	Lengde
Maks. oppsliping uten sveisereparasjon	0.3 B	B	0.4 B	1.5 B	0.4 B	2 B

Tabell 2.7 Tillatt maks. dybde og lengde uten sveisereparasjon. B er platetykkelsen

2.7.2.2 Tømmerør

Akseptkriterier for tømmerør når det gjelder korrosjon er at 50% reduksjon av veggtykkelsen er ikke akseptert uansett arealutbredelse.

2.7.2.3 Stusser og mannhull

Se delkap. 2.8.

2.8 Stusser og mannhull

Stusser og mannhull er plassert på ulike steder i vannveien, fra spiraltrømme og ringledning til trykksjakten og ventilkammeret for innvendig inspeksjon av vannveien. Typisk vil mannhullene være Ø450 nedstrøms grenrøret og Ø500 mm i trykksjakten og ventilkammeret.

En introduksjon av stusser og mannhull i rørene vil øke variasjonen for den tangentielle spenningen rundt stussen med en faktor på 1.5 og opp imot 2.5 i forhold til den nominelle spenningen i røret avhengig av utforming av stussen.

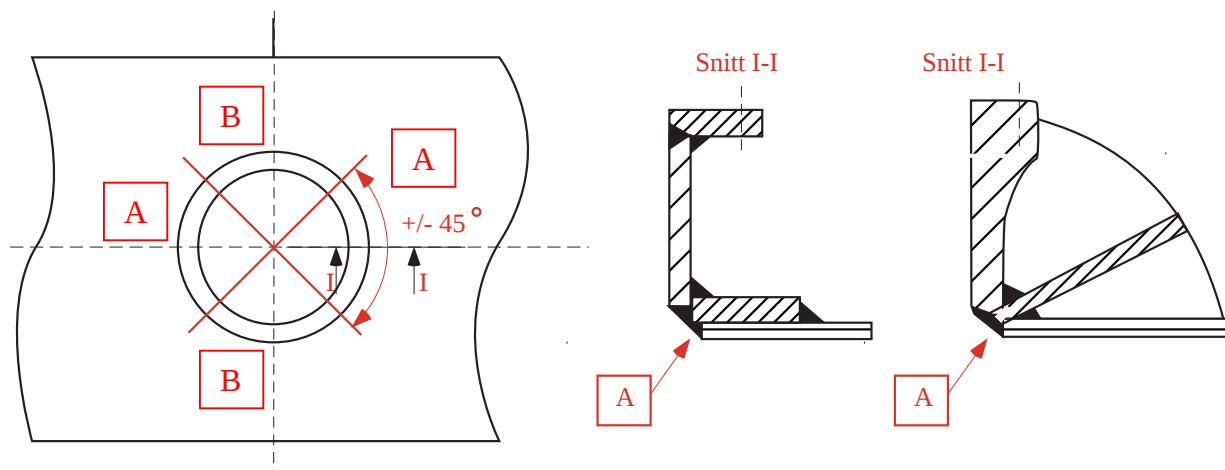
2.8.1 Soneinndeling – Stusser og Mannhull

De høyeste spenningene finnes i de innvendige sveisene som ligger i lengderetningen av røret, se Figur 2.4. Kontrollen må derfor utføres når vannet på innsiden av mannhullet eller stussen er tømt. I Sone A leter en etter sprekker i aksial retning (i strømrretningen). I Sone B vil sprekkveksten være størst for sprekken som ligger i tangentiell retning.

Dette gjelder for stusser og mannhull som er utsatt for spenningsvariasjoner på grunn av start/stopp. Det vil si mannhull og stusser som er nedstrøms for innløpsventilen.

For stusser og mannhull i rørstussen vil de aksielle spenningsvariasjon bli den høyeste slik at for disse har en sone B for hele omkretsen [6].

Stusser og mannhull bør kontrolleres med et intervall på 5000 start/stopp eller 10 år for de som står fra og med nedstrøms rørstussen. For stusser oppstrøms, dvs. grenrør, trykksjakt og ventilkammer, er inspeksjonsintervallet 20 år.



Figur 2.4 Anbefalt inndeling av stusser og mann hull.

Siden den tangentielle spenningen er størst i Sone A er det sprekker som ligger i aksial retning som er farligst med hensyn på sprekkvekst.

2.8.2 Akseptkriterier – Stusser og Mannhull

For aggregat som har vært i drift i 10 år eller med mange start stopp vil en lete etter overflatesprekker i materialet. Oppsliping og fjerning av sprekkene bør gjøres dersom sprekkene er større enn det som er vist i Tabell 2.8

	Klasse A	Klasse B
Oppsliping foretas dersom sprekkene er lengre enn:	10 mm	30 mm

Tabell 2.8 Tillatt maks. lengde uten sveisereparasjon rundt mann hull.

Etter at dimensjonene er funnet må det avgjøres om utslipningen kan stå eller om en må sveisereparere sprekkene. Basert på bruddmekanisk teori og erfaringer er anbefalte maks. dimensjoner gitt i Tabell 2.9.

	Klasse A		Klasse B	
	Dybde	Lengde	Dybde	Lengde
Maks. oppsliping uten sveisereparasjon	0.4 B	1 B	0.4 B	1.5 B

Tabell 2.9 Tillatt maks. dybde og lengde uten sveisereparasjon. B er platetykkelsen på hovedrøret.

2.9 Grenrør

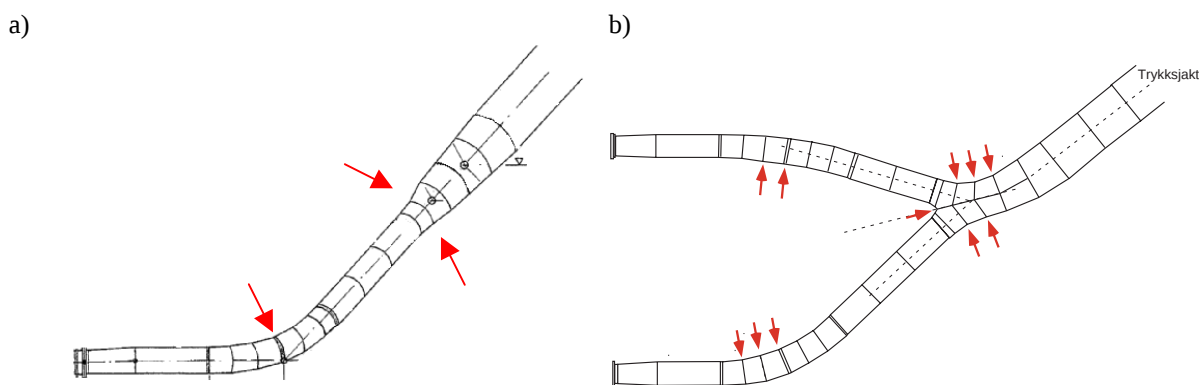
For større anlegg henger det ofte flere aggregat på samme vannstreng. Tallet kan variere fra 2 til 5. Rørrangementet som fordeler vann til de ulike turbinene kalles grenrøret. Grenrøret består normalt av rør, bukserør, og bend. Spenningsbildet kan sammenlignes med ringledning eller grenrør for Pelton aggregat. Spenningsspissene finnes i knekker og i bukserør. Typiske nominelle spenninger i rette rør ligger fra 40 – 70% av materialets flytespenning. Spenningsvariasjonen som er viktig for sprekkvekst er bestemt av trykkvariasjonen på grunn av svingninger i vannveien.

2. Akseptkriterier

En har valgt å skille mellom grenrør som har nominelle spenninger i langsømmene, under 60% av flytespenningen til og med bukserøret og over. Dersom spenningene er høyere, gjelder først og fremst nyere anlegg, vil Sone C erstattes med Sone B. Det betyr at alle piler i Figur 2.5 er sone C hvis σ_{rett} er under 60% av $\sigma_{0,2}$ og sone B hvis over.

Det anbefales stikkprøvekontroll av grenrøret og spesielt i knekker som har en konveks knekk sett innenfra (spiss innover). Spesielt er det viktig å kontrollere knekker som har en knekkvinkel over 10° som gir en økning av spenningen på omtrent 30%. Kontrollomfanget begrenses i en sektor på $\pm 45^\circ$ omkring knekkaksen som for kontroll av Pelton ringledninger og grenrør.

Figur 2.5 viser et grenrør for to aggregat sett fra siden (a)) og rett ovenfra (b)). Områder for kontroll er spesifisert med piler. Området inne i skrittet i bukserør kan ha større spenninger (se fotnote 3, side 7).



Figur 2.5 Prinsippskisse av et grenrør for to aggregater. a) sett fra siden og b) sett fra oven.

2.9.1 Akseptkriterier – Grenrør

Dersom det oppdages sprekker ved en stikkontroll er kriteriet om sprekken skal stå eller om den skal slipes opp gitt i Tabell 2.10

	Knekker (Klasse C)	Knekker (Klasse B)
	$\sigma_{\text{rett}} < 60\% \text{ av } \sigma_{0,2}$	$\sigma_{\text{rett}} > 60\% \text{ av } \sigma_{0,2}$
Oppsliping foretas dersom sprekken er lengre enn:	60 mm	30 mm

Tabell 2.10 Tillatt maks. lengde uten sveisereparasjon i trykksjakt.

Etter at dimensjonene er funnet må det avgjøres om utslipningen kan stå eller om en må sveisereparere sprekken. Basert på bruddmekanisk teori og erfaringer er anbefalte maks. dimensjoner gitt i Tabell 2.11.

	Knekker (Klasse C)		Knekker (Klasse B)	
	$\sigma_{\text{rett}} < 60\% \text{ av } \sigma_{0,2}$		$\sigma_{\text{rett}} > 60\% \text{ av } \sigma_{0,2}$	
	Dybde	Lengde	Dybde	Lengde
Maks. oppsliping uten sveisereparasjon	0.4 B	2 B	0.3 B	1.5 B

Tabell 2.11 Tillatt maks. dybde og lengde uten sveisereparasjon. B er platetykkelsen.

Dersom det oppdages spekker i de resterende områder av grenrøret anbefales det at kriteriet for Klasse C brukes når det skal evalueres om sprekken skal slipes opp eller sveiserepareres.

2.10 Trykksjakt

Trykksjakten kan enten være innstøpt i fjellet eller frittliggende. Spenningene i trykksjakten kan komme opp i mot 80 – 90% av flytespenningen (for innstøpte rør) og da er det først og fremst langsømmene som har de høyeste spenningene. Ved innstøpte rør i fjell med god overdekning vil spenningene bli litt reduserte ved at fjellet holder igjen, men for å være litt konservative kan en neglisjere dette.

På grunn av et stort antall løpemeter med sveis, vil det være svært kostbart og det anses også unødvendig å kontrollere disse med NDT metodikk dersom det ikke er indikasjoner på noen lekkasje i trykksjakten.

De aller fleste trykksjaktene har oppfylt kravet om "lekkasje før brudd" slik at eventuelle sprekker til slutt vil vokse til gjennomgående sprekker som gir lekkasje. Sikkerheten må da være at "nye" gjennomgående sprekker⁷ vil kunne vokse til neste kontroll uten at en får et ustabil brudd.

Ved kontroll ved tømt innstøpt trykksjakt vil en kunne oppdage gjennomgående sprekker ved at vannet vil piple inn i sjakten fordi at fjellet har overtrykk i forhold til atmosfæretrykket i sjakta. Kontroll av sveiser i trykksjakter med avansert NDT-metodikk, slik som for eksempel magnetpulverprøving (MT) eller virvelstrømprøving (ET) anbefales kun når en oppdager lekkasje i trykksjakten. Da anbefales det en stikkprøvekontroll av langsømmene, med spesielt fokus på overgangene mot rundsømmene. Hele trykksjakt er klassifisert som sone C.

Gjennomgående sprekker og andre større sprekker som oppdages skal sveisrepareres for å hindre videre sprekkvekst.

Inspeksjonsintervallet er 20 år som for grenrøret.

2.11 Ventilkammer

Spenningene i ventilkammeret er normal lave i forhold til komponentene lengre nedstrøms fordi vanntrykket i vannveien er mye lavere. Dermed vil sprekkveksten være mindre og dermed en liten risiko for brudd. Konsekvensene ved en eventuell funksjonsfeil er mye, mye større. Ventilkammeret består normalt av rørbruddsventil med utløsermekanisme og luftinnslippingsventil. Dersom ventilhuset ligger lengre nedstrøms i vannveien er luftinnslippingsventilen byttet ut med en lufttutslippingsventil.

2.11.1 Rørbruddsventil med utløsermekanisme

Rørbruddsventilen er en sikkerhetsventil dersom en skulle få et brudd i vannveien nedstrøms. Den blir også brukt i forbindelser med større revisjoner når en må tømme trykksjakten for vann. Det er viktig å kontrollere at utløsermekanismen virker som den skal. Den er enten mekanisk, dvs. at den løser ut ved at en stang med en plate står inn i vannstrømmen og når vannstrømmen øker⁸ vil kraften på platen bli så stor at utløsermekanismen blir utløst. Det finnes også utløsermekanismer som er basert på overvåking av differansetrykk. For disse er det viktig at trykkmålerne står i et tørt miljø, slik at de ikke er utsatt for korrosive angrep.

Rørbruddsventilen med utløsermekanisme sjekkes for funksjon minst hvert år. Ved kontroll er det viktig å kjøre rørbruddsventilen helt til stengt tilstand.

2.11.2 Luftinnslippingsventil

Hovedoppgaven til luftinnslippingsventilen er å slippe inn luft i trykksjakten når denne blir tømt for vann når rørbruddsventilen stenges. Dersom en ikke får etterfylt luft i sjakten kan trykksjakten klappe sammen på grunn av undertrykket. Luftinnslippingsventilen er fjærbelastet og vil åpnes automatisk dersom trykket blir lavt nok. Det er viktig å etterse at den ikke er korrodert fast eller at noe annet hindrer den i åpne. Sikkerhetsmessig bør det monteres et

⁷ Sprekker som har blitt gjennomgående etter siste kontroll

⁸ Vannstrømmen må være større enn største vannføring for alle aggregatene på høyeste fallhøyde som henger på vannstrengen.

2. Akseptkriterier

gjørde rundt ventilen slik at ikke mennesker kan komme i nærheten ved en eventuell åpning. Suget som ventilen skaper, vil kunne drepe et menneske som står i umiddelbar nærhet.

Ventilen sjekkes for funksjon minst hvert år.

2.11.3 Luftutslippingsventil

Dersom rørbruddsventilen er mye dykket er det ofte påsatt en luftutslippingsventil nedstrøms for rørbruddsventilen. Denne skal slippe ut luft i vannveien ved fylling av vannveien nedstrøms for rørbruddsventilen.

Ventilen sjekkes for funksjon minst hvert 5. år.

2.12 Oppsummering

En oppsummering av inspeksjonsintervaller og kontrollrutiner for de komponentene som er beskrevet i kap. 2 er gitt i Tabell 2.12

KOMPONENT	Inspeksjonsintervall [start/stopp] eller [år]	Anbefalt bruk av NDT	Funksjons- kontroll
Krympebolter (Spiralromme)	30 år	UT (MT, PT, ET)	
Sikkerhetsventil (Trykkrør)	20 år	VT, Trykkprøving	
Ekspansjonsboks	5000 / 10 år.	VT	
Innløpsventil med omløpsrør	10000 / 20 år	VT, UT, MT, PT, ET	
Rørstuss	5000 / 10 år	VT, MT, ET	
Mannhull og stusser	5000 / 10 år (20 år)	MT, ET	
Grenrør	20 år	VT Stikkprøvekontroll: MT, PT og ET	
Trykksjakt	20 år	VT	
Rørbruddsventil med utløsermekanisme	1 år	VT	Sjekk av funksjon
Luftinnslippingsventil	1 år	VT	Sjekk av funksjon
Luftutslippingsventil	5 år	VT	Sjekk av funksjon

Tabell 2.12 Oppsummering. Følgende forkortelser er benyttet:

UT = ultralydprøving
 MT = magnetpulverprøving
 PT = penetrantprøving
 ET = virvelstrømprøving
 VT = visuell inspeksjon

3. INSPEKSJONSSTRATEGI

3.1 Generelt

En overordnet inspeksjonsstrategi vil gi retningslinjer for **når** en inspeksjon skal utføres, **hvor** den skal utføres og **hvordan** den skal utføres.

- **Hvor** er bestemt ut fra de mest kritiske områder/soner, med de alvorligste konsekvensene ved havari (kap. 3.2).
- **Når** bestemmes ut fra valgte inspeksjonsintervaller (kap. 3.3).
- **Hvordan** angir passende inspeksjonsmetode, som er framkommet ut fra analyse av kritiske feilstørrelser, akseptkriterier og konsekvenser (kap. 4).

Hovedforutsetningene for utarbeidelsen av inspeksjonsstrategien for stasjonære deler oppstrøms på begge turbintyper omtalt i kap. 2 vil være svært like. Anbefalingene i dette kapittelet vil derfor være gyldige for samtlige turbintyper.

3.2 Soner og valg av inspeksjonsnivåer

I følge kap. 2 er stasjonære deler oppstrøms delt inn i Sone A, B og C.

Kravene som stilles til NDT defineres etter utarbeidelse av risikoanalyse og inspeksjonsstrategi (tilsvarende som for løpehjul, ref. [4] og stasjonære deler, ref. [5]). Kravene vil være:

- strenge
- moderate
- beskjedne

"Strenge" krav til NDT vil ikke stilles for stasjonære deler oppstrøms. Dette kravet stilles kun ved de alvorligste konsekvenser ved brudd kombinert med høy sannsynlighet for brudd, som for Peltonløpehjul, se ref. [4].

Ved å angi "moderate" eller "beskjedne" krav betyr det ikke at man skal lempe på nøyaktighet og presisjon ved bruk av en metode. "Moderat" betyr kun at det velges bruk av en enkelt metode og dermed aksepterer en lavere deteksjonssannsynlighet (POD, probability of detection) istedenfor en kombinasjon av to metoder for å oppnå bedre POD. "Beskjeden" betyr valg av metode som i seg selv er mindre tid- og ressurskrevende, med en enda mindre POD.

Sone A og B kvalifiserer for "moderate" NDT-krav, da disse komponentene har lav sannsynlighet for brudd kombinert med alvorlige konsekvenser ved brudd.

Moderate NDT-krav

1. Sone A
2. Sone B

Metoder (en av dem) som skal benyttes på moderat nivå er:

- Magnetpulverprøving (MT).
- Virvelstrømprøving (ET).
- Penetrantprøving (PT). PT er ofte ikke anbefalt på deler i drift, se kap. 4.
- Ultralydprøving (UT) for å foreta tykkelsesmålinger (korrosjons-/erosjonstilstandsmålinger)
- Ultralydprøving (UT) for sprekkdeteksjon i bolter.

Samtidig med inspeksjon på moderat nivå vil det være naturlig (og anbefalt) å utføre en visuell inspeksjon (VT).

Sone C har lav påkjenning, lav til ingen sannsynlighet for brudd og moderate konsekvenser ved brudd. Disse områdene kvalifiserer derfor for beskjedent inspeksjonsnivå og beskjedne krav til NDT.

Beskjedne NDT-krav

Sone C

Beskjedent inspeksjonsnivå er karakterisert ved:

- Visuell inspeksjon (VT).
- Eventuell MT eller PT etter behov.
- Eventuell (UT) for å foreta tykkelsesmålinger etter behov.

Ut over dette er det tilstrekkelig med den utførte fabrikkasjonskontroll i henhold til CCH 70-3 eller andre avtalte og aksepterte standarder/normer.

Anbefalte NDT-metoder og kombinasjon av metoder i de ulike nivåer er beskrevet i kapittel 4.

3.3 Inspeksjonsintervaller

Inspeksjonsintervallene varierer sterkt for de ulike komponentene. Intervaller er gitt for de ulike komponentene i Kap. 2. Se også oppsummeringstabell i kap. 2.12.

4. NDT- METODIKK. KRAV OG ANBEFALINGER

Ved normal driftsinspeksjon (kapittel 4.2 og 4.3) vil aktuelle metoder være:

- Magnetpulverprøving (MT)
- Virvelstrømprøving (ET)
- Penetrantprøving (PT)
- Ultralydprøving (UT) for å foreta tykkelsesmålinger
- Ultralydprøving (UT) for sprekk søking i bolt

I denne manualen er hovedfokus satt på bruk av manuelle standard prøvemetoder. Som diskutert i kap. 3, vil ingen av områdene kvalifisere for "streng" NDT-krav. Det er derfor kun diskutert "moderate" og "beskjedne" NDT-krav i dette kapittelet. Hvis økt pålitelighet for å finne feil er ønsket kan det benyttes mer enn en av metodene i områdene for "moderate NDT-krav".

4.1 Krav til personell

- Magnetpulver- og penetrantprøving (MT og PT) i områdene for "moderate NDT-krav" kan utføres av Nivå 1 personell under ledelse av Nivå 2, men det anbefales å benytte sertifisert Nivå 2 personell.
- Virvelstrømprøving (ET) skal utføres av sertifisert Nivå 2 personell.
- Ultralydprøving (UT) for å foreta tykkelsesmålinger kan utføres av Nivå 1 personell ved bruk av normalt lydhoder. Ved bruk av vinkellydhoder skal operatøren være sertifisert Nivå 2.
- Ultralydprøving (UT) for sprekk søking i bolter skal utføres av sertifisert Nivå 2 personell

4.2 Moderate NDT-krav

Sonene A og B er mest påkjent (definert i kap. 3), men konsekvensene ved brudd kombinert med sannsynligheten for brudd vurderes ikke så høyt at det bør settes "streng" krav. Her bør det altså stilles "moderate" krav til NDT-metodene som skal benyttes. Ut fra lokale forhold og spesifikke anbefalinger kan det vurderes en nyansering av kravene i de to områdene.

Som en generell regel kan man her utføre UT, ET, MT, PT som frittstående enkeltteknikker uten behov for supplement av hverandre. Følgende alternativer er da å anbefale (metodene er beskrevet i kapittel 4.4):

- Ultralydprøving for sprekk søking av bolter som ikke er demontert.
- Ultralydprøving for deteksjon og størrelsesbestemmelse av korrosjons- og erosjonsangrep.
- Magnetpulverprøving, fluorescerende eller farget metode, for deteksjon av overflatesprekker.
- Virvelstrømprøving for deteksjon av overflatesprekker.
- Penetrantprøving, fluorescerende eller farget metode, for deteksjon av overflatesprekker. PT skal ikke benyttes ved malte eller våte overflater, og bør heller ikke benyttes på slpite eller sandblåste områder (se kap. 4.4).

4.3 Beskjedne NDT-krav

I de minst påkjente områdene (Sone C), er det tilstrekkelig med visuell inspeksjon, kombinert med andre prøvemetoder for å vurdere generell tilstand. Magnetpulver- og penetrantprøving (se begrensninger i kap. 4.4) kan benyttes etter behov. Eventuelt kan ultralydprøving utføres etter behov for tykkelsesmålinger.

Utbyttet av en visuell inspeksjon kan bli svært godt dersom rett verktøy benyttes:

- Stillbare speil og lykter. Gir tilgang der det er for trangt for andre prøvemetoder eller det er vanskelig å se ordentlig.
- Endoskop. Det fleksible skopet gir tilgang til trange områder.
- Videoskop. Endoskopets muligheter samt forstørrelsesmuligheter av bilde på videoskjermer. Gir svært god følsomhet og dokumentasjonsmulighet ved videoopptak.

4.4 Beskrivelse av krav og anbefalinger til NDT-metodene

4.4.1 Magnetpulverprøving (MT)

Magnetpulverprøving skal utføres i henhold til prosedyre gitt i vedlegg 1. Generelt skal denne type prøving kjennetegnes med følgende krav:

- Fluorescerende metode er å foretrekke, spesielt på en glatt og fin overflate. Denne metode gir best følsomhet for å finne små sprekker.
- Hvis derimot overflatetilstanden er noe grov slik at den fluorescerende bakgrunnsstøyen blir betydelig, bør man vurdere å benytte farget (svart pulver) metode med kontrastfarge.
- Det skal benyttes vekselstrøm (AC) eller halvbølgelikerettet strøm (HWDC). AC er mest følsom for overflatesprekker. HWDC kan finne feil inntil 1-2 mm under overflaten, men da kun feil av en viss størrelse. HWDC har noe redusert følsomhet for overflatefeil.
- Våtpulver skal benyttes.
- Magnetiseringen kan utføres med en av følgende tre teknikker:
 - a) **Åkmagnet** (elektromagnet). Teknikken er beskrevet i vedlegg 1. Det må påses at en har en god kontaktflate mellom åkbeina og objektoverflaten. Løftekraften skal overstige 44 N.
 - b) **Håndelektroder** (prods). Teknikken er beskrevet i vedlegg 1. Dersom man sikrer svært god elektrisk kontakt mellom elektroder og metalloverflate, kan det også benyttes håndelektroder og strømaggregat med minimumskrav til strømstyrke (toppverdi) gitt av:
$$I = 6 \text{ A/mm} \times \text{elektrodeavstand}$$
 - c) **Strukket kabel**. Et enkelt strekk av kabel langs overflaten kan også være en egnet teknikk, men er ikke beskrevet i denne manualen, det henvises til ref. [4], vedlegg 1.
- Et malingsbelegg må ikke overstige 50 µm, uten at følsomheten svekkes. Hvis belegget er tykkere må det fjernes, eller så bør man vurdere å benytte virvelstrømprøving.
- For å bedre deteksjonspåliteligheten anbefales det å supplere prøvingen med virvelstrømprøving.

4.4.2 Virvelstrømprøving (ET)

Prosedyre for virvelstrømprøving er beskrevet i vedlegg 2 og kjennetegnes med følgende krav:

- Bruk av impedansplan-utstyr.
- Bruk av "sveiseprobe" (ca. 100 kHz), eller tilsvarende.
- Avsøking med 10% overlapp, og i to scan med probe dreid 45 grader i andre scan i forhold til det første.
- Eventuelle indikasjoner skal bekreftes ved bruk av en absoluttsonde (overflateprobe, typisk 500 kHz).
- Supplerende NDT med magnetpulverprøving (eller penetrantprøving) vil øke deteksjonspåliteligheten for små overflatesprekker, særlig ved vanskelig geometri (hjørner, kanter eller lignende).
- Ved grove overflater vil ET miste følsomhet for de minste sprekkstørrelsene (typiske sprekkklengder mindre enn 3-5 mm).

- Kan benyttes gjennom malingsbelegg (typisk inntil 2 mm av et ikke-elektrisk belegg)
- Måling/undersøkelse av malingstykkelse bør foretas grundig da det ofte benyttes tykkere malingsbelegg enn spesifisert. Særlig vil dette kunne være effektivt ved bruk av zinkprimer.

4.4.3 Penetrantprøving (PT)

Prosedyre for penetrantprøving er beskrevet i vedlegg 3.

Penetrantprøving er i de fleste tilfeller i *driftsinspeksjon* en mindre sikker metode enn magnetpulverprøving (MT) og virvelstrømprøving (ET). Dette er tilfelle av følgende hovedårsaker:

- Malt/belagt overflate. Hindrer penetrantvæsken å trenge ned til overflaten av materialet.
- Våt/fuktig/kald overflate. Vann eller kondens vil ligge i eventuelle sprekker, noe som vil hindre penetranten å trenge ned i sprekke.
- Mekanisk behandlet overflate. Sliping eller sandblåsing vil "kline igjen" eventuelle sprekker slik at penetrantvæsken hindres i å trenge ned i sprekke.

Penetrantprøvingen vil kunne følge prosedyren i vedlegg 3 eller standard prosedyrer, f.eks. NS-EN 571-1. Hvis spesifikasjonen for PT i CCH 70-3 (ref. [1]) benyttes som prosedyre bør man være oppmerksom på at denne kun gjelder for farget penetrant og ikke fluorescerende, som vil være noe mer følsom. Prøvingen skal kjennetegnes med følgende krav:

- Fluorescerende metode er å foretrekke, spesielt på en glatt og fin overflate. Denne metoden gir best følsomhet for å finne små sprekker.
- Hvis derimot overflatetilstanden er noe grov slik at den fluorescerende bakgrunnsstøyen blir betydelig, bør man vurdere å benytte farget (rød) metode.
- Penetranten skal enten være vannvaskbar, eller være basert på fjerning med løsningsmiddel.
- Det er meget viktig at områdene som skal inspiseres er tørre og romtemperert. Dersom vann er tilstede kan det sperre for penetranten i en sprekkeåpning, og dermed hindre inntrenging.

4.4.4 Ultralydprøving (UT) for tykkelsesmåling

Prosedyren for tykkelsesmåling med ultralyd er beskrevet i vedlegg 4. Denne teknikken kjennetegnes av følgende momenter:

- Generelt benyttes 4-6 MHz normallydhode (én-krystall) eller sender-mottakerlydhode (SM), typisk Ø10 mm krystall for å måle gjenværende tykkelse av rørvegger
- Standard 45-graders vinkellydhoder kan benyttes til å detektere (finne) korrosjonen (da disse er bedre egnet enn normallydhoder til å oppdage korrosjon)
- Dersom korrosjonsmålinger skal gjøres på smådiameter-rør (diameter typisk mindre enn 50 mm), og det er tynne rørvegger (mindre enn 5-8 mm, som kan være korrodert ned til 1-2 mm gjenværende veggtykkelse), må det benyttes små, høyfrekvente SM-lydhoder, for eksempel Krautkrämer SEB10KF3

4.4.5 Ultralydprøving (UT) for sprekksøking

Prosedyre for ultralydprøving av bolter er beskrevet i vedlegg 5. Denne teknikken kjennetegnes av følgende momenter:

- Det skal benyttes et normallydhode (én-krystall) fra bolthodet eller bolt-enden. For å oppnå best mulig samling av lydstrålen på langs av bolt, må det velges riktig krystallstørrelse og frekvens. Et par retningslinjer kan være:

4. NDT- metodikk. Krav og anbefalinger

- ved sprekk søking på små bolter (med dimensjoner typisk inntil 50 mm i diameter og inntil 200-300 mm i lengde), kan det benyttes lydhoder med frekvens 5-10 MHz, med 5-10 mm krystall
 - ved sprekk søking av store bolter (typisk Ø 80-100 mm, og lengder 50 til 400 mm eller mer) må man gå opp i krystalldiameter, men opprettholde høyest mulig frekvens. Et typisk valg kan være krystalldiameter på Ø 20-25 mm, og en frekvens på 4 MHz.
 - et sender-mottaker (SM) lydhode kan benyttes i stedet for et normalt lydhode dersom det kan vises å gi tilsvarende følsomhet
- Sprekk søking etter småfeil (typisk 2-4 x 1-2 mm, lengde/dybde) i gjengeparti vil kreve automatisert UT med signalbehandling. Anses ikke aktuelt i forbindelse med stasjonære deler oppstrøms turbinen.
 - Sprekk søking etter småfeil ned mot de strengeste akseptkriterier (2 x 1 mm) i hulkilen mellom bolt og hode viser seg som regel å ligge under deteksjonsgrensen for "vanlig"ultralydprøving.
 - Moderate sprekk størrelser (4-6 mm x 2-3 mm i hulkilen mellom bolt og hode, og 10-15 x 2-3 mm i gjengeparti) vil kreve en manuell, mekanisk føring av lydhodet for å oppnå ønsket pålitelighet. Et forslag til design av en slik enkel mekanisk innretning er beskrevet i prosjektdokumentasjonen for utarbeidelsen av denne manual. Se også figur V5.1 i vedlegg 5.
 - Begrensingene nevnt ovenfor betyr derfor at UT kan benyttes til å plukke ut de fastmonterte bolter hvor det oppdages sprekk problemer som godt og vel har passert akseptgrensene på 2x1 mm store sprekker, eller bolter hvor en ser tegn som tyder på at noe kan være på gang. Deretter kan et visst antall av de boltene som ikke gav entydige sprekkindikasjoner demonteres og kontrolleres med MT, PT eller ET.
 - Sprekk søking etter store feil kan gjøre etter standard manuell ultralydprøving.

4.5 Oversikt over komponenter og anbefalt bruk av NDT-metodene

De ulike komponenter listet i kapittel 2 (2.2 til 2.11) har ulike behov og krav til NDT. I tabellen presentert nedenfor er sammenstilt i kortform hvilke metoder som er anbefalt benyttet i de ulike områder på komponentene, og hvilke akseptkrav som stilles.

Type komponent (detaljer i kapittel 2)	Moderate krav til NDT (Sone A og B hører til Klasse A og B)	Beskjedne krav til NDT (Sone C hører til Klasse C)
2.3 Krympebolter	• MT, ET eller PT for overflatesprekker, hvis demontert • UT i boltens lengderetning hvis fastspent (vedlegg 5) • akseptkriteriet er å finne sprekker som overstiger 6 x 3 mm (lengde x dybde) i hulkilen mellom bolt og boltehode	
2.4 Sikkerhetsventil		• visuell inspeksjon (VT) • trykktest av hydraulikkør
2.5 Ekspansjonsboks	Stusser og mannhull • finne 10 mm (30 mm i sone B) lange sprekker • ET gjennom malingsbelegg • MT på blankt metall Hydraulisk styrt omløpsventil • finne materialtap på typisk 50% av veggtykkelse, uansett arealutbredelse • UT for korrosjonsmåling	Langsgående sveiser • finne 60 mm lange sprekker • ET gjennom malingsbelegg • MT på blankt metall Hydraulisk styrt omløpsventil • VT av overganger rustfritt/ulegert stål

4. NDT- metodikk. Krav og anbefalinger

Type komponent (detaljer i kapittel 2)	Moderate krav til NDT (sone A og B hører til Klasse A og B)	Beskjedne krav til NDT (sone C hører til Klasse C)
2.6 Hovedstengeventil	Hovedflenser - finne 2 x 1 mm lange sprekker i boltene - ET, MT eller PT hvis boltene er demontert - UT i boltens lengderetning hvis fastspent for å finne sprekker med størrelse typisk 4-6 x 2-3 mm Flenshus - som for hovedflenser	Omløpsrør UT for å finne materialtap på 50% av rørvegg uavhengig av arealutbredelse
2.7 Rørstuss	Stusser og mannhull - finne 10 mm (30 mm i Sone B) lange sprekker - ET gjennom malingsbelegg - MT på blankt metall Rørsveiser - finne 10 mm (30 mm i Sone B og 60 mm i C) lange sprekker - ET gjennom malingsbelegg - MT på blankt metall	Tømmerør - akseptgrensene for korrosjon er 50% reduksjon av veggtykkelse - UT for å detektere korrosjon
2.8 Stusser og mannehull	Stusser og mannhull - finne 10 mm (30 mm i Sone B) lange sprekker - ET gjennom malingsbelegg - MT på blankt metall	
2.9 Grenrør	finne 30 mm lange sprekker ved store spenninger	finne 60 mm lange sprekker ved moderate spenninger
2.10 Trykksjakt		- lekkasje før brudd - ET eller MT når lekkasje oppdages
2.11 Ventilkammer		Rørbruddsventil - Visuell inspeksjon og funksjonstesting Luftinnslippingsventil - Visuell inspeksjon og funksjonstesting Luftutslippingsventil - Visuell inspeksjon og funksjonstesting

Tabell 4.1 Inspeksjonsomfang og anbefalt bruk av NDT i de ulike soner/områder på komponentene oppstrøms turbinen.

5. VURDERING AV INDIKASJONER

5.1 Generelt

Kapittel 5 er gyldig for begge turbintypene, Pelton og Francis.

Ut fra bruddsikkerhet er det to forhold som i denne manualen vies oppmerksomhet:

- a) lineære indikasjoner (betraktet som sprekker)
- b) erosjons-/korrosjonstilstand (veggtykkelsesmålinger)

Hvis en NDT-operatør finner en indikasjon vil det normalt skje en vurdering opp mot:

1. Rapporteringsnivå.
2. Akseptnivå (akseptkriterier).

Disse nivåene er diskutert under i kap. 5.2 og 5.3.

5.2 Rapporteringsnivå

Rapporteringsnivået settes i forhold til hvor høyt informasjonsnivå som ønskes om komponentens tilstand. Et høyt (strengt) rapporteringsnivå vil gi mulighet til å følge en utvikling på indikasjoner der størrelsen er under akseptkriteriet.

For komponenter/områder der evt. brudd kan skyldes utmatting (sprekkvekst) er det ønskelig at alle indikasjoner rapporteres, altså føres inn i protokoll, også indikasjoner mindre enn akseptkriteriene.

Ved tykkelsesmåling skal enhver antydning på korrosjon og/eller erosjon rapporteres slik at området kan følges opp, og utvikling holdes under oppsikt. Rapporten skal omfatte lokalisering, dybde og omfang/utbredelse.

Ved sprekk søking skal alle tvilsomme indikasjoner (som ikke entydig blir identifisert som sprekkindikasjon) noteres dersom bolt ikke skiftes, slik at utviklingen kan følges nøye.

5.3 Akseptnivå

Akseptnivå settes ut fra bruddmekaniske og erfaringsmessige betraktninger, i denne sammenheng ut fra verdier på akseptkriterier gitt i kap. 2. Indikasjoner som vurderes større enn akseptabel størrelse vil medføre tiltak som beskrevet i kap. 6.

Alle indikasjoner som vurderes mindre enn akseptkriteriet vil medføre protokollføring etter retningslinjer gitt i kap. 6.

6. TILTAK OG PROTOKOLLFØRING

6.1 Reparasjoner

6.1.1 Generelt

Det anbefales å utføre utsliping av alle indikasjoner, unntatt på bolter hvor det kreves utskifting. Grunnen til dette er hovedsakelig at sprekkens videre utvikling er sterkt avhengig av sprekkens dybde. Dybden kan i mange tilfeller vanskelig bestemmes nøyaktig med metodene anbefalt i denne manualen.

Hvis sveisereparasjoner av lineære indikasjoner vurderes, bør fagansvarlig alltid hente inn nødvendig kompetanse. Leverandøren av den aktuelle komponenten vil være naturlig å henvende seg til siden disse sitter med detaljert kunnskap, og vil ha synspunkter på hva ulike tiltak vil ha å si for videre drift.

I garantiperioden har leverandøren ansvar for å utbedre skadene
--

6.1.2 Reparasjoner

Diskusjonen angående tiltak ved indikasjoner, og evt. reparasjoner er angitt i delkapittel 2.1.

6.2 Protokoll

En protokoll skal utarbeides. Denne skal blant annet inneholde:

- a) Sporbar referanse til komponent (charge nr. eller fabriksjonsnummer eller lignende).
- b) Sporbar referanse til benyttede NDT-metoder og -teknikker.
- c) Referanse til akseptkriterier.
- d) Alle betydelige avslag og nødstopp.
- e) Alle indikasjoner funnet med NDT og evt. endringer fra siste/tidligere rapporter.
- f) Alle reparasjoner, inklusive om det er benyttet varmebehandling eller ikke.
- g) Skisse med opptegnelse av indikasjoner, gjerne supplert med fotos.
- h) Antall start/stopp pr. år.
- i) Statistikk over forekomst av indikasjoner i hvert inspeksjonsintervall.

REFERANSER

- [1] CCH 70-3, 1996: *Specification for Inspection of Steel Castings for Hydraulic Machines*
- [2] EBL (EnFO), 1994. ISBN 82-436-0102-3: *Tilstandskontroll av vannkraftverk. HÅNDBOK – Turbiner*
- [3] EBL (EnFO), 1994. ISBN 82-436-0109-0: *Tilstandskontroll av vannkraftverk. HÅNDBOK – Vannvei, kjølevannsanlegg/tømme- og renseanlegg*
- [4] EBL (EnFO), 2000. Publikasjon nr. 417-2000: *Manual for ikke-destruktiv prøving av turbinløpehjul. Inspeksjonsmetodikk og akseptkriterier*
- [5] EBL, 2002. Publikasjon nr. 81-2002: *Manual for ikke-destruktiv prøving av stasjonære deler. Inspeksjonsmetodikk og akseptkriterier*
- [6] TR 5773: Sikkerhet turbiner – Oppstrøms turbin, SINTEF Rapport, Per Egil Skåre og Hermod Brekke, Jan 2003.

VEDLEGG 1. PROSEDYRE FOR MAGNETPULVERPRØVING**Innhold**

1.	HENSIKT	31
1.1	Materialer/komponenter	31
1.2	Utstyr.....	31
2.	REFERANSEDOKUMENTER.....	31
3.	PERSONELL	31
4.	KRAV TIL OVERFLATE.....	31
5.	UTSTYR.....	32
6.	DETEKSJONSMEDIUM	32
7.	KONTROLL AV UTSTYR OG PROSESS	32
7.1	Periodisk kontroll	32
7.2	Visuell kontroll.....	32
7.3	Kontroll av åkmagnet	32
7.4	Kontroll av håndelektroder, kabler og aggregat	33
7.5	Kontroll av UV-lampe.....	33
7.6	Funksjonstest	33
8.	UTFØRELSE AV PRØVING	33
8.1	Generelt	33
8.2	Bruk av åkmagnet (yoke)	33
8.3	Bruk av håndelektroder (prods).....	33
9.	BEDØMMELSE AV INDIKASJONER	34
9.1	Relevante indikasjoner	34
9.2	Ikke-relevante indikasjoner	34
10.	AKSEPTKRITERIER.....	34
11.	AVMAGNETISERING/ETTERRENGJØRING	34
12.	RAPPORTERING	35

1. HENSIKT

Magnetpulverprøvingen (MT) skal utføres for å oppdage sprekker og andre lineære materialfeil i overflaten av ferromagnetiske materialer. Prøvingen skal gjøres i henhold til den simultane (kontinuerlige) metode.

Prosedyren omfatter:

1.1 Materialer/komponenter

- Sveiste forbindelser.
Hvis ikke annet er avtalt, skal MT utføres med full dekningsgrad for vilkårlig sprekkeorientering i sveis og HAZ (varmepåvirket sone)
- Støpte, smidde og maskinerte komponenter.
Hvis ikke annet er avtalt, skal MT utføres med full dekningsgrad for vilkårlig sprekkeorientering.

1.2 Utstyr

- Bruk av åkmagnet (yoke).
- Bruk av hånalelektroder (prods).

Utstyr som hjelpelede er ikke omtalt her, men kan være et alternativ for prøving. Det henvises til referansene i dette vedlegget eller til ref. [3] i hoveddokumentet.

2. REFERANSEDOKUMENTER

Eksempler på dokumenter for anbefalt utførelse med åkmagnet er:

- NS-EN 1290 Magnetpulverprøving av sveiser
- NS-EN 1291 Magnetpulver av sveiser. Akseptkriterier
- BS 6072 (1981)
- ASME Section V (2001)

3. PERSONELL

Personell som skal utføre magnetpulverprøving etter denne prosedyre bør være sertifisert i henhold til EN 473/NORDTEST Nivå 2 (se kap.4 i hoveddokument), men:

En nivå 1 operatør kan utføre NDT arbeid under ledelse av Nivå 2 eller Nivå 3 personell. Instruksjoner for Nivå 1 skal da utarbeides av en Nivå 2 eller Nivå 3 person. Vurdering av indikasjoner og bedømming opp mot akseptkriterier skal gjøres av Nivå 2 eller Nivå 3 person.

4. KRAV TIL OVERFLATE

Overflater som skal kontrolleres, skal være rene og fri for olje, fett, sand, løs rust og annet som kan virke forstyrrende inn på en tilfredsstillende kontroll.

Kontrastfarge kan benyttes dersom sort magnetpulver foreskrives. Tykkelsen på dette belegget skal ikke overstige 50 µm. Summen av kontrastfarge og eventuelt annet malingsbelegg skal heller ikke overstige 50 µm.

Eventuell sliping, stålbørsting eller annen preparering av overflaten må avtales med fagansvarlig i kraftverket.

5. UTSTYR

Til prøvingen skal følgende utstyr være tilgjengelig:

1. Magnetisk feltstyrke skal, hvis avtalt, måles ved hjelp av en feltstyrkemåler basert på Hall-effekt prinsippet, område minst 0-10 kA/m
2. Feltindikator av typen Castrol-strips (type sølv), eller tilsvarende, skal benyttes til å bestemme feltretning, og eventuelt for å gi en grov indikasjon av feltstyrkeforhold, hvis avtalt med kunde.
3. Lysmåler for vanlig synlig lys med god avlesning i området minst 0-10.000 lux.

Ved bruk av åkmagnet:

4. Bærbar elektromagnet (åkmagnet, yoke) med fleksible ben av type Magnaflux Y-6 eller tilsvarende. Åkmagnet skal ha en løftekraft som overstiger 44 N ved polavstand benyttet under prøving.
5. Plate med masse på 4,5 kg skal benyttes til løfteprøve med åkmagnet.

Ved bruk av håndelektroder (prods):

6. Håndelektroder og egnede kabler.
7. Aggregat som leverer tilstrekkelig strømstyrke iht. kap. 8.

I tillegg skal følgende være tilgjengelig ved bruk av fluorescerende metode:

- UV-lampe med intensitet i inspeksjonsområdet på minst 1500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- UV-lysmåler som minst dekker området 0- 6000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- Lysmåler for vanlig rombelysning med god avlesning i området 0-100 lux

6. DETEKSJONSMEDIUM

Inspeksjonsmediet skal bestå av fint fordelte ferromagnetiske partikler i form av våtpulver på sprayboks. Følgende pulver-, kontrastmaling-, og rensevæsketyper kan benyttes:

Farget metode:

- a) Farget (svart) våtpulver av type Tiede 690.2, Bycotest 103 eller tilsvarende
- b) Kontrastfarge av type Tiede 695.1, Bycotest 104A eller tilsvarende
- c) Rensevæske av type Tiede 695.5 , Bycotest C5, Bycotest C10 eller tilsvarende

Flourescerende metode:

- d) Fluorescerende våtpulver av type Tiede 690.1, Bycotest 101 eller tilsvarende
- e) Rensevæske av type Tiede 695.5 , Bycotest C5, Bycotest C10 eller tilsvarende

7. KONTROLL AV UTSTYR OG PROSESS

7.1 Periodisk kontroll

Feltstyrkemåler, Amperemeter og UV-lysmåler skal være underlagt et system for periodisk kontroll.

7.2 Visuell kontroll

Før magnetpulverprøvingen begynner skal det foretas en visuell kontroll av utstyret for å avdekke eventuelle skader på kabler og måleinstrumenter.

7.3 Kontroll av åkmagnet

Åkmagneten skal være i stand til å løfte en plate på 4,5 kg med polene i avstand (maks) som forventet benyttet under prøvingen.

7.4 Kontroll av håndelektroder, kabler og aggregat

Aggregatet skal være i stand til å levere tilstrekkelig strømstyrke iht. kap.8 med aktuelle håndelektroder og kabler tilkoblet.

7.5 Kontroll av UV-lampe

UV-lampen skal være i stand til å yte en intensitet på minst $1500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ på overflaten av objektet når lampen holdes i den avstand (350-400 mm) som skal benyttes under prøvingen.

7.6 Funksjonstest

Magnetpulver og prøvemethode skal sjekkes med et referanseobjekt med kjent sprekkmønster. Til dette kan det for eksempel benyttes Castrol-strips.

8. UTFØRELSE AV PRØVING

8.1 Generelt

Magnetisk feltstyrke skal overstige 2.4 kA/m i toppverdi for sveisekontroll, og minst 4.0 kA/m i toppverdi for magnetisk harde ståltyper. Tilstrekkelig feltstyrke kan kontrolleres ved hjelp av:

- Ved bruk av åkmagnet skal det oppvises en løftekraft på 44 N (det vil si å kunne løfte en masse på 4,5 kg ved en gitt polavstand)
- Ved bruk av håndelektroder skal et minimumskrav til strømstyrke (toppverdi⁹) tilfredsstilles tilsvarende
$$I = 6 \text{ A/mm} \times \text{elektrodeavstand}$$
- Castrol-strips (sølv), eller tilsvarende, skal benyttes i geometrier hvor det kan være vanskelig å dokumentere løfteevne eller hvor feltstyrkemåling er lite egnet.
- Feltstyrkemåling skal kun gjøres på plane flater med god flatekontakt mellom poler og overflaten på objektet

Minimum to separate prøvinger skal utføres innen hvert inspeksjonsområde, på en slik måte at de magnetiske flukslinjene ved én prøving vil være mest mulig normalt på retningen til flukslinjene ved den andre prøvingen.

Vekselstrøm (AC) (50 Hz) skal benyttes for å oppnå størst mulig følsomhet for overflatefeil. Halvbølge likerettet strøm (HWDC) kan også benyttes hvis avtalt mellom partene.

Magnetpulverkontrollen skal utføres med tilstrekkelig overlapp for å sikre en 100% dekning av den overflate som er gjenstand for kontroll, med en magnetisk feltstyrke i overensstemmelse med kravene. Se figur V1.1.

8.2 Bruk av åkmagnet (yoke)

Åkmagnet kan benyttes til prøving av:

- Sveiseforbindelser. Prøving skal utføres i mest mulig samsvar med skissene i figur V1.1.
- Støpte, smidde og maskinerte objekter. Prøving skal utføres med posisjoner for åkmagnet og overlapp som for den geometri i figur 1 som kommer nærmest opp til geometrien for det virkelige objekt.

En sjekk med Castrol-stips skal gjøres for å få et grovt anslag på feltforholdene.

8.3 Bruk av håndelektroder (prods)

Håndelektroder (prods) kan benyttes til prøving av

- Sveiseforbindelser. Prøving skal utføres i mest mulig samsvar med skissene i figur V1.2.

⁹ 6 A toppverdi tilsvarer 4,25 A rms-verdi.

- b) Støpte, smidde og maskinerte objekter der objektgeometrien tillater plassering av håndelektrodene. Prøving skal utføres med posisjoner og overlapp som for den geometri i figur 1 som kommer nærmest opp til geometrien for det virkelige objekt.

En sjekk med Castrol-stips skal gjøres for å få et grovt anslag på feltforholdene.

Ved bruk av håndelektroder må det tas forhåndsregler for å redusere overoppheting, brenning eller lysbue ved kontaktpunktene.

9. BEDØMMELSE AV INDIKASJONER

9.1 Relevante indikasjoner

Relevante indikasjoner er de indikasjoner som er et resultat av materialfeil i prøveobjektet. Materialfeil skal klassifiseres i henhold til:

1. Sprekker eller sprekk lignende lineære feil.
Indikasjoner er å betrakte som lineære (todimensjonale) dersom lengden er mer enn tre ganger bredden.

Dersom lineære indikasjoner blir klassifisert som sprekk eller sprekk lignende feil, skal posisjon, størrelse, orientering og type rapporteres.

Lineære indikasjoner som ikke kan typebestemmes med sikkerhet, skal betraktes som sprekk lignende indikasjoner.

Indikasjoner er å betrakte som linjeindikasjon dersom en gruppe på tre eller flere indikasjoner berører en tenkt rett linje mellom hvilke som helst to indikasjoner i gruppen.
2. Runde feil.
Indikasjoner er å betrakte som runde ("ikke-lineære") dersom lengden er mindre enn tre ganger bredden.

9.2 Ikke-relevante indikasjoner

Ikke-relevante indikasjoner (det vil si uønskede indikasjoner) er de indikasjoner som er et resultat av overmagnetisering, objektets geometriske form, permeabilitetsforskjeller i prøveobjektet eller dårlig rengjøring. Årsaken til denne type indikasjoner har ingen innvirkning på komponentens driftsfunksjon.

Enhver indikasjon som man tror kan være en ikke-relevant indikasjon, skal i første omgang betraktes som en relevant indikasjon, og en ny eksaminasjon skal foretas for endelig å bestemme om den kan skyldes en virkelig feil.

Hvis kvaliteten på prøveobjektet ikke kan bekreftes og sikres ved magnetpulverkontrollen, selv etter omprøve, kan andre metoder for ikke-destruktiv kontroll benyttes for å øke sikkerheten om kvaliteten. Slike beslutninger krever godkjenning av nivå 3 person, eller en person med tilsvarende kunnskap om bruken av NDT-metoder.

10. AKSEPTKRITERIER

Rapportnivå og akseptkriterier vil være iht. hoveddokumentets kap. 2 og 5.

11. AVMAGNETISERING/ETTERRENGJØRING

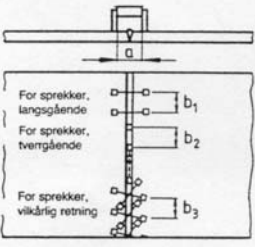
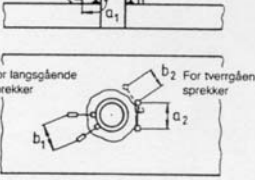
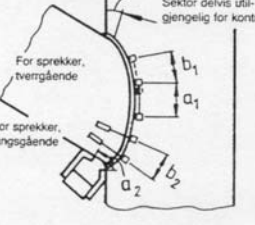
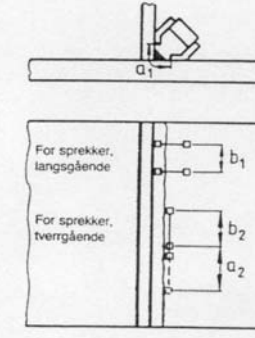
Hvis avmagnetisering er avtalt, gjøres dette ved at åkmagnet fjernes fra objektet med aktivt felt, eller at strøm skrues til null ved bruk av håndelektroder.

En rengjøring skal utføres som avslutning på kontrollen. En eventuell påføring av korrosjonsbeskyttelse utføres hvis avtalt.

12. RAPPORTERING

Rapportering skal skje iht. hoveddokumentets kap. 6.

Vedlegg 1. Prosedyre for Magnetpulverprøving

Magnetiseringssteknik i foretrukket rekkefølge	Anbefalt praksis 100 % dekning	Merknader og minstekrav
Åkmagnet Løftkraft: P (newton) Polavstand: a (mm) Skrittlengde: B (mm)  For sprekker, langsgående For sprekker, tverrgående For sprekker, vilkårlig retning	$P \geq 44$ ($P \geq 4,5$ kp) $100 \leq a \leq 250$ $b_1 \leq 0,5 a$ $b_2 \leq a - 50$ $b_3 \leq 0,5 a$	Hvis mulig kontroller det aktuelle tangentielle felt med egnet måler eller funksjonsprøving Akseptabelt minimum $H_t = 2,4$ kA/m
Åkmagnet Løftkraft: P (newton) Polavstand: a (mm) Skrittlengde: b (mm)  For langsgående sprekker For tverrgående sprekker	$P \geq 44$ ($P \geq 4,5$ kp) $100 \leq a_1 \leq 200$ $100 \leq a_2 \leq 250$ $b_1 \leq a_1$ $b_2 \leq a_2 - 50$	Hvis mulig kontroller det aktuelle tangentielle felt med egnet måler eller funksjonsprøving Akseptabelt minimum $H_t = 2,4$ kA/m
Åkmagnet Løftkraft: P (newton) Polavstand: a (mm) Skrittlengde: b (mm)  Sektor delvis utilgjengelig for kontroll For sprekker, tverrgående For sprekker, langsgående	$P \geq 44$ ($P \geq 4,5$ kp) $100 \leq a_1 \leq 250$ $b_1 \leq a_1 - 50$ $100 \leq a_2 \leq 200$ $b_2 \leq 0,5 a_2$	Hvis mulig kontroller det aktuelle tangentielle felt med egnet måler eller funksjonsprøving Akseptabelt minimum $H_t = 2,4$ kA/m
Åkmagnet Løftkraft: P (newton) Polavstand: a (mm) Skrittlengde: b (mm)  For sprekker, langsgående For sprekker, tverrgående	$P \geq 44$ ($P \geq 4,5$ kp) $100 \leq a_1 \leq 200$ $b_1 \leq 0,5 a_1$ $b_2 \leq a_2 - 50$ $100 \leq a_2 \leq 250$	Hvis mulig kontroller det aktuelle tangentielle felt med egnet måler eller funksjonsprøving Akseptabelt minimum $H_t = 2,4$ kA/m

Figur V1.1

Plassering og forflytting av åkmagnet for riktig overlapp for noen utvalgte sveisegeometrier

Mål i millimeter/Dimensions in millimetres

	$d \geq 75$ $b \leq d/2$ $\beta \approx 90^\circ$
	$d \geq 75$ $b \leq d/2$
	$d \geq 75$ $b \leq d/2$
	$d \geq 75$ $b \leq d/2$

Figur V1. 2 Plassering og forflytting av håndelektroder for riktig overlapp for noen utvalgte sveisegeometrier

VEDLEGG 2. PROSEDYRE FOR VIRVELSTRØMPRØVING**Innhold**

1.	HENSIKT	39
2.	REFERANSEDOKUMENTER.....	39
3.	PERSONELL.....	39
4.	OBJEKT	39
5.	KRAV TIL OVERFLATE.....	39
6.	UTSTYR.....	39
6.1	Apparater.....	39
6.2	Prober	39
6.3	Referanseblokker.....	40
7.	KONTROLL AV UTSTYR OG PROSESS	40
7.1	Periodisk kontroll	40
7.2	Visuell kontroll.....	40
7.3	Kontroll under prøving.....	40
8.	UTFØRELSE AV PRØVING	40
8.1	Tykkelsesmåling.....	40
8.1.1	Utstyr	40
8.1.2	Fremgangsmåte ved tykkelsesmåling	40
8.2	Feilsøking.....	41
8.2.1	Utstyr	41
8.2.2	Kalibrering.....	41
8.2.3	Fremgangsmåte ved feilsøking	41
8.3	Identifisering/verifisering av sveisereparerte områder	42
8.3.1	Generelt	42
8.3.2	Utstyr	42
8.3.3	Fremgangsmåte ved lokalisering av sveisereparerte områder	42
8.3.4	Fremgangsmåte ved verifikasjon av materialforandring pga. sveisereparasjoner	42
9.	BEDØMMELSE AV INDIKASJONER VED FEILSØKING	42
9.1	Lokalisering, bestemmelse av feilens lengde, retning	42
9.2	Bestemmelse av feilens dybde.....	42
10.	AKSEPTKRITERIER.....	42
11.	RAPPORTERING	43

1. HENSIKT

Virvelstrømprøvingen skal utføres for å

- Påvise sprekker og lineære materialfeil i elektrisk ledende materialer i vannkraftanlegg.
- Måle ikke-elektrisk-ledende belegg opp til og med 2,5 mm tykkelse.
- Identifisere og verifisere sveisereparerte områder som kan gi falske identifikasjoner ved annen inspeksjon og prøving.

2. REFERANSEDOKUMENTER

- Nordtest NT NDT 011 (1992) eller en tilsvarende internasjonalt anerkjent standard for prøving av støpte, smidde og maskinerte komponenter.
- NS-EN 1711
- Robit Teknisk rapport 1999: TR041990, Teknisk bakgrunn for NDT Brukermanual.

3. PERSONELL

Personell som skal utføre virvelstrømprøving etter denne metode skal være sertifisert iht. EN 473/Nordtest nivå 2.

4. OBJEKT

Prøveprosedyren er utarbeidet for prøving av martensittisk rustfritt støpestål, men kan også benyttes på andre elektrisk ledende materialer. Operatøren bør imidlertid være svært påpasselig ved prøving av ikke-magnetiske materialer.

5. KRAV TIL OVERFLATE

Overflaten skal være fri for skitt, fremmedlegemer eller annet som kan virke forstyrrende på en tilfredsstillende prøving.

6. UTSTYR

6.1 Apparater

Det skal benyttes impedansplaninstrument av type Hocking AV100SE, Hocking Phasec 2200, Hocking MiniPhasec eller tilsvarende. Apparaten må svare til følgende spesifikasjoner:

- Presentasjon i form av katodestrålerør eller LCD-skjerm.
- Frekvensområde som minst dekker fra 100 Hz - 5 MHz (anbefalt frekvens, se pkt. 6.2 Prober).
- Følsomhet (forsterkning) må kunne kalibreres i steg på 1 dB, fra 20 - 70 dB.
- Fasevinkelkontroll som gjør det mulig å rotere signalet 360° på skjermen.

6.2 Prober

- Ved inspeksjon av skovlenes flater, både kurvete og plane, skal sveiseprobe (probe med liten følsomhet for lift-off) benyttes. Proben skal kunne operere i frekvensområdet rundt 100 kHz, og være av typen Hocking HNDT 800P04 eller tilsvarende.
- Ved verifisering av sveisereparerte områder, for å avkrefte falske indikasjoner skal det benyttes en absoluttprobe for overflate. Proben skal kunne operere i frekvensområdet rundt 500 kHz.

- Ved tykkelsesmåling av overflatebelegg kan benyttes probe tilsvarende overflateproben nevnt ovenfor. Krav til proben er at den skal frembringe et lift-off-signal som slår ut over halve skjermen ved føring av probe fra materiale uten belegg til område med maksimum beleggtykkelse.

6.3 Referanseblokker

- Referanseblokkene som brukes skal gi samme signalrespons som prøveobjektet og ha en representativ overflate i forhold til prøveobjektet.
- Referanseblokkene skal være utstyrt med feil av samme type som det søkes etter.
- Dybden på sporene i referanse blokken bør være 0,2 mm, 0,5 mm, 1,0 mm. Bredden på sporene bør ikke være mer enn 0,2 mm.
- Til bruk på martensittisk rustfrie stål, eller andre ferromagnetiske materialer, anbefales kalibreringsblokk av type Hocking HNDT 29A028 eller tilsvarende.
- Hvis referanseblokken ikke er utstyrt med ark av ikke-ledende belegg for kontroll av beleggtykkelser, kan plastremser av kjent tykkelse, f.eks. strimler av overheadtransparenter med tykkelse 0,1 mm, stiftes sammen slik at ulike beleggtykkelser kan simuleres.

7. KONTROLL AV UTSTYR OG PROSESS

7.1 Periodisk kontroll

Apparater skal være underlagt et system for periodisk kontroll.

7.2 Visuell kontroll

Før virvelstrømprøvingen begynner skal det foretas en visuell kontroll av utstyret for å avdekke eventuelle skader på apparat, prober og kabler.

7.3 Kontroll under prøving

Kalibrering og innstilling som beskrevet i pkt. 8, skal utføres minimum hver time og etter hver gang utstyret har vært ute av drift eller frakoblet.

8. UTFØRELSE AV PRØVING

8.1 Tykkelsesmåling

8.1.1 Utstyr

- Apparat som spesifisert i pkt. 6.1.
- Overflateprobe som spesifisert i pkt. 6.2.
- Referanseblokk og ikke-ledende materiale som spesifisert i pkt. 6.3.

8.1.2 Fremgangsmåte ved tykkelsesmåling

- Velg passende frekvens (avmerket på probe, vanligvis rundt 500 kHz).
- Balanser proben i luft. Plasser proben på materialet og skru ned forsterkning til signalet er inne på skjermen.

- Plasser proben på utvalgte steder på prøveobjektet. Noter utslagene og posisjonene. Posisjonen med det minste utslaget vil være stedet med det tykkeste belegget.
- Plasser proben på referanseblokken og legg referansebelegg imellom til utslaget tilsvarer utslaget fra prøveobjektet med det tykkeste belegg. Noter tykkelse på belegg.

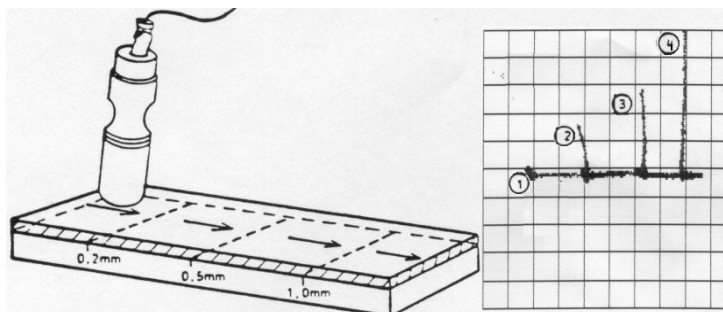
8.2 Feilsøking

8.2.1 Utstyr

- Apparat som spesifisert i pkt. 6.1.
- Sveiseprobe som spesifisert i pkt. 6.2.
- Referanseblokk og ikke-ledende materiale som spesifisert i pkt. 6.3.

8.2.2 Kalibrering

- Velg passende frekvens (avmerket på probe, vanligvis rundt 100 kHz).
- Plasser proben på kalibreringsblokken, vekk fra alle spor.
- Balanser signalet midt på skjermen.
- Før proben over sprekken med dybde 1,0 mm og juster fasen slik at utslaget slår rett opp (90°). Pass på å føre proben over sprekken med probens lange, flate side parallelt med sprekkretningen. Balanser proben på nytt.
- Før proben på nytt frem og tilbake over sprekken med dybde 1,0 mm og juster forsterkningen til utslaget når full skjermhøyde.
- Før proben over alle sprekkene i kalibreringsblokken og noter størrelsen på utslagene. Skjermen vil se ut tilnærmet som på figur V2.1.



Figur V2.1 Utslag av forskjellige sprekkybder. Bildet er justert horisontalt mellom målingene

1. Balansert på referanseblokk.
2. Utslag fra 0,2 mm dyp sprekke.
3. Utslag fra 0,5 mm dyp sprekke.
4. Utslag fra 1,0 mm dyp sprekke.

8.2.3 Fremgangsmåte ved feilsøking

- Proben skal føres slik at hele området som skal kontrolleres blir avsøkt 100 %.
- Proben skal føres både langs med, 90 grader på tvers av og 45 grader på tvers av kontrollområdet for å sikre deteksjon av sprekker i alle retninger.
- Dersom det er nødvendig å benytte et underlag, f.eks. plastfolie ved avsøkning pga. overflatebelegg, skal dette også benyttes ved kalibreringen av utstyret. Under inspeksjon skal det skal benyttes plastfolie tilsvarende det tykkeste belegget som ble målt ved tykkelsesmålingen.

8.3 Identifisering/verifisering av sveisereparerte områder.

8.3.1 Generelt

Sveisereparerte områder vil ha materialeegenskaper som kan gi signaler med sprekklignende karakteristikk. Her vil det imidlertid være snakk om et større område som vil være større enn en sprekks utstrekning. Ved mistanke om falske indikasjoner pga. sveisereparert område benyttes fremgangsmåten beskrevet nedenfor.

8.3.2 Utstyr

- Apparat som spesifisert i pkt. 6.1.
- Overflateprobe som spesifisert i pkt. 6.2.

8.3.3 Fremgangsmåte ved lokalisering av sveisereparerte områder

- Finn rett frekvens for proben (rundt 500 kHz).
- Balanser proben på et feilfritt område på prøveobjektet. Juster forsterkning og lift-off.
- Før proben inn på området som antas sveisereparert fra alle kanter for å lokalisere hele området. Følg signalet.
- Avmerk området der signalet avviker. Sammenlign med evt. tilgjengelig historikk for verifikasjon av at området er tidligere sveisereparert.
- Pga. at materialeegenskapene gir signaler som kan maskere indikasjoner fra sanne feil, kan området evt. kontrolleres med penetrantprøving.

8.3.4 Fremgangsmåte ved verifikasjon av materialforandring pga. sveisereparasjoner

- Balanser proben i luft. Finn rett følsomhet (juster forsterkning).
- Sett proben ned på feilfritt område. Noter retningen på utslaget.
- Sett proben ned på utvalgte steder innenfor området som antas sveisereparert. Noter retningene på utslagene. Ved tydelige avvik i utslagsretninger, er materialendringer verifisert.

9. BEDØMMELSE AV INDIKASJONER VED FEILSØKING

9.1 Lokalisering, bestemmelse av feilens lengde, retning

Feilens lengde måles fra det stedet hvor avvik starter. Dette avmerkes på prøveobjektet. Proben føres så i den retning hvor defekten påvises, til avvikssignalet ikke lenger registreres, som også merkes på prøveobjektet.

9.2 Bestemmelse av feilens dybde

Feilens dybde finnes ved å interpolere mellom de kjente utslagsstørrelsene fra kalibreringen.

10. AKSEPTKRITERIER

Akseptkriteriene vil være som angitt i kap.2 i manualen.

11. RAPPORTERING

Generelt skal rapporteringen sikre full sporbarhet og repeterbarhet.

Rapportering skal skje iht. hoveddokumentets kap. 6. Uansett bør rapporten minst inneholde (hvis ikke annet er avtalt):

- Prøveobjekt
 - Materiale (helst sertifikat)
 - Overflatebeskrivelse
 - Referanse til historikk
- Utstyr
 - Apparater
 - Prober
 - Referanseblokker
- Dokumentasjon
 - Prosedyrereferanse
 - Kode-/standardreferanse
 - Akseptkriterier
 - Tegningsreferanser
 - Objektidentifikasjon
 - Dato for inspeksjonen
- Rapportering av relevante indikasjoner
 - Apparatinnstillinger
 - Beskrivelse av signal i forhold til akseptkriterier
 - Lokalisering (skisser, foto e.l.)

VEDLEGG 3. PROSEDYRE FOR PENETRANTPRØVING**Innhold**

1.	OMFANG / GYLDIGHET	45
2.	KRAV TIL PERSONELL	45
3.	KRAV TIL UTSTYR	45
4.	RESTRIKSJONER OG KJEMISK SAMMENSETNING	45
5.	OVERFLATEPREPARERING	45
6.	TØRKING AV OVERFLATEN.....	46
7.	PÅFØRING AV PENETRANT.....	46
8.	FJERNING AV OVERSKYTENDE PENETRANT	46
9.	TØRKING OG PÅFØRING AV FREMKALLER.....	46
10.	FREMKALLING OG AVSYNING	47
11.	BEDØMMELSE AV INDIKASJONER	47
11.1	Relevante indikasjoner	47
11.2	Ikke relevante Indikasjoner.	47
12.	AKSEPTKRITERIER.....	47
13.	ETTERRENGJØRING	47
14.	RAPPORTERING	47

1. OMFANG / GYLDIGHET

Prosedyren omfatter penetrantprøving med farget (rød) og fluorescerende vannvaskbar metode, av materialer og sveiste forbindelser med hensyn til å påvise eventuelle feil som er åpne til overflaten. Nyttige referanser er:

- NS-EN 571-1 Penetrantprøving. Generelle prinsipper.
- NS-EN 1289 Penetrantprøving av sveiser. Akseptkriterier.
- ASME Section V

2. KRAV TIL PERSONELL

Personell som skal utføre penetrantprøving etter denne prosedyre bør være sertifisert i henhold til EN 473/NORDTEST Nivå 2 (se kap.4 i hoveddokument), men:

En Nivå 1 operatør kan utføre NDT arbeid under ledelse av Nivå 2 eller Nivå 3 personell. Instruksjoner for Nivå 1 skal da utarbeides av en Nivå 2 eller Nivå 3 person. Vurdering av indikasjoner og bedømming opp mot akseptkriterier skal gjøres av Nivå 2 eller Nivå 3 person.

3. KRAV TIL UTSTYR

Ved prøving iht. denne prosedyre skal kun følgende penetrantprodukter benyttes:

- Rensevæske / løsemiddel, Bycotest C5 eller C10 eller tilsvarende.
- Farget vannvaskbar penetrant, Bycotest RP 20 eller tilsvarende.
- Fluorescerende vannvaskbar penetrant, Bycotest FP 42.
- Fremkaller, Bycotest D30A eller tilsvarende.

Det skal kun benyttes penetrantprodukter fra samme produktfamilie.

For øvrig skal følgende utstyr/materiell være tilgjengelig etter behov, og benyttes som beskrevet senere i denne prosedyre:

- Lofritt papir til rengjøring (type WP TORK, Mølnlycke eller tilsvarende) eller lofri klut
- Testpanel, type Magnaflux Zyglo Z5 eller tilsvarende
- ASME komparatorblokk, eller tilsvarende
- Hvitt lys (lux) måler, type Hama, eller tilsvarende
- UV intensitetsmåler, type Spectroline DM-365X, eller tilsvarende
- UV lampe, type Labino UV Floodlight, Karl Deutsch- Deutro Flux, eller tilsvarende

4. RESTRIKSJONER OG KJEMISK SAMMENSETNING

Alle penetrantprodukter (rensevæske, penetrant, fremkaller) skal være av samme fabrikat. Fluorescerende penetrant skal ikke benyttes etter at farget penetrant er benyttet. Ved prøving av nikkellegeringer, austenittisk rustfrie stål eller titan skal det dokumenteres med sertifikat fra penetrantleverandøren at innhold av svovel, klor eller fluor er max 1 % for hver av bestanddelene i hvert av penetrantproduktene.

Prøving i henhold til denne prosedyre skal kun utføres når prøveobjekt og penetrantproduktene er innenfor temperaturintervallet 15-50°C. Dersom prøving med vannvaskbare penetranter utføres under 15°C (men over 5°C) skal komparatorblokk eller testpanel benyttes for å demonstrere tilstrekkelig følsomhet. Ved prøving utenfor disse temperaturområdene, skal spesialpenetrant benyttes.

5. OVERFLATEPREPARERING

Et område på minst 25 mm på hver side av sveisen eller prøveområdet skal rengjøres før penetrantprøvingen starter. Området skal være fullstendig fritt for olje, fett og/eller andre urenheter som kan innvirke på penetreringsprosessen. Prøveobjekter av mindre størrelse kan forrengjøres i ultralyd rensebad inneholdende Bycotest C10 eller tilsvarende.

Deretter, samt ved større objekter, skal prøveområdet gjentatte ganger tilføres rikelig med rensesvæske. Denne skal få virke 2-3 minutter hver gang for deretter å bli tørket bort med lofritt papir eller lofri klut. Prosessen gjentas til overflaten ser helt ren ut.

Sliping eller annen maskinering av overflaten er ikke tillatt.

6. TØRKing AV OVERFLATEN

Prøveområdet skal være helt tørt før penetrant påføres. Tørking med varmluft er å foretrekke. En hårføner er fordelaktig å bruke og tørketiden skal da være minimum 2 minutter. Tørking kan også foregå ved naturlig fordamping i romtemperatur. Tørketiden skal da være minimum 10 min. for å sikre at løsemidler får tid til å fordampe ut av eventuelle overflatefeil.

7. PÅFØRING AV PENETRANT

Penetranten kan påføres ved dypping, pensling eller spraying. Det må påsees at hele prøveområdet er dekket av penetrant. Penetreringstiden skal være minimum 20 minutter og maks. 1 time.

Testpanel (kontrollplate)

Et testpanel (kontrollplate) av type Magnaflux Zyglo Z5 eller tilsvarende skal være tilgjengelig og benyttes for å verifisere penetrantens følsomhet og/eller penetrantproduktens funksjonsdyktighet, hvis tvil om dette skulle oppstå.

8. FJERNING AV OVERSKYTENDE PENETRANT

Når penetreringstiden er over skal all overskytende penetrant fjernes fra overflaten. Denne prosessen skal utføres med omhu da overdreven eller feil utførelse kan forårsake at penetranten vaskes ut av feil i overflaten. Så snart overflaten er tilstrekkelig ren skal vaskeprosessen opphøre. Ved bruk av farget penetrant skal fjerning av overskytende penetrant utføres ved en belysning på minst 500 lux. UV- lys med intensitet minimum 1500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ og hvitt lys maks. 10 lux skal benyttes hvis penetranten er fluorescerende.

Det er flere alternative metoder å fjerne overskytende penetrant fra overflaten på:

- a) Skyll forsiktig med rennende temperert vann. Trykket på vannet skal maks. være 3 kg/cm² (50 psi) og temperaturen skal være mellom 15-40°C.
- b) Bruk absorberende, rent og lofritt papir eller lofri klut, og tørk av overskytende penetrant. Prosessen gjentas (med nytt papir eller klut som fuktes med løsningsmiddel) til prøveoverflaten er ren. Det må ikke sprayes løsemiddel direkte på prøveflaten da en derved kan risikere å fjerne penetrant fra eventuelle overflatefeil.

9. TØRKing OG PÅFØRING AV FREMKALLER

Når vann er benyttet for å fjerne overflødig penetrant, skal overflaten tørkes forsiktig før fremkaller påføres. Her skal det utvises stor grad av aktsomhet da overdreven tørking kan føre til at penetranten tørker fast i eventuelle feil.

Bruk absorberende, rent og lofritt papir eller lofri klut, og "dypp" bortover overflaten for å absorbere vannet. Deretter anbefales at objektet tørker ved naturlig fordamping i romtemperatur 2-3 minutter. Varmluft kan benyttes men da med maks. temperatur på 50°C. Tørkingen skal avbrytes med en gang overflaten er tørr. Fremkaller skal nå påføres så snart som mulig og maks. 10 minutter etter at tørking er avsluttet. Fremkaller oppslemmet i løsemiddel i sprayboks skal brukes. Boksen skal ristes godt før og under bruk for å fordele fremkallerpulveret jevnt i bærervæskan. Fremkallerpulveret sprayes på overflaten med min. 30 cm avstand mellom sprayboks og prøveoverflate. Fremkalleren skal påføres i et jevnt og tynt lag, og objektoverflaten skal kunne skimtes gjennom fremkalleren.

10. FREMKALLING OG AVSYNING

Så snart fremkalleren er tørr på overflaten av objektet begynner fremkallingen. For lettere å kunne vurdere feiltype, skal avsyning foregå regelmessig under hele fremkallerprosessen. Fremkallingstiden skal være 20 minutter. Ved avsyning skal lysforholdene være som beskrevet i pkt. 8.

Ved bruk av fluorescerende penetrant skal inspektøren oppholde seg minimum 5 minutter i mørke omgivelser for å oppnå nattsyn. Ved bruk av UV-lampe som ikke oppnår full intensitet umiddelbart skal lampen varmes opp i minst 5 min. før den benyttes.

For verifisering av intensiteten til UV - lyset ved objektoverflaten skal det benyttes UV-lysmåler. Hvitt lys skal verifiseres med luxmeter.

11. BEDØMMELSE AV INDIKASJONER

11.1 Relevante indikasjoner

Relevante indikasjoner er de indikasjoner som er forårsaket av materialfeil eller sveisefeil i prøveobjektet.

a) Lineære indikasjoner.

- Indikasjoner er å betrakte som lineære dersom lengden er større enn tre ganger bredden.
- Sprekker og andre lineære indikasjoner skal rapporteres med posisjon, størrelse, orientering og type.

b) Runde indikasjoner.

- Indikasjoner er å betrakte som runde dersom lengden er mindre enn tre ganger bredden.

11.2 Ikke relevante Indikasjoner.

Dette er indikasjoner som er forårsaket av for eksempel mangelfull avvasking av overskytende penetrant, lorester fra rengjøringspapir/-filler og liknende.

Er man i tvil om indikasjonen er relevant eller ikke, skal ny prøving med de samme penetrantprodukter utføres for å bestemme om indikasjonen kan skyldes en virkelig feil.

12. AKSEPTKRITERIER

Rapportnivå og akseptkriterier vil være iht. hoveddokumentets kap. 2 og 5.

13. ETTERRENGJØRING

Etter avsluttet prøving skal det utføres en etterrengjøring med løsningsmiddel av prøveobjektet dersom ikke annet er avtalt.

14. RAPPORTERING

Rapportering skal skje iht. hoveddokumentets kap. 6.

VEDLEGG 4. PROSEDYRE FOR ULTRALYDPRØVING - TYKKELSESMAÅLING

Innhold

1.	HENSIKT.....	49
2.	REFERANSER	49
3.	KRAV TIL PERSONELL.....	49
3.1	Tykkelsesmåling med D-meter.....	49
3.2	Tykkelsesmåling med skjermbildeapparat	49
3.3	Korrosjonsdeteksjon med vinkellydhode	49
4.	UTSTYR	49
4.1	Apparat	49
4.2	Lydhoder	50
4.3	Kalibrerings- og referanseblokker	50
5.	KRAV TIL OVERFLATE	50
6.	KALIBRERING.....	50
6.1	Kalibrering av måleområde	50
6.2	Kalibrering av følsomhet.....	51
7.	UTFØRELSE AV PRØVING	52
8.	RAPPORTERING.....	53

1. HENSIKT

Denne prosedyre beskriver korrosjonsdeteksjon og tykkelsesmåling utført med ultralyd etter følgende teknikker:

- Tykkelsesmåling med D-meter (digital utlesing av tykkelse)
- Tykkelsesmåling med skjermbildeapparat
- Avsøking med vinkellydhode for deteksjon (for å finne) av områder med korrosjon

2. REFERANSER

Denne prosedyre baserer seg på retningslinjer beskrevet i:

- Nordtest-metode NT NDT 008 "Detection and Sizing, manual ultrasonics, approved 1990-02
- CorrOcean Teknisk Notat (referanse C-1037-02-13245-TBJ-NO/TBJ/74), 30.05.2002. Foreligger som prosjektdokumentasjon.

3. KRAV TIL PERSONELL

3.1 Tykkelsesmåling med D-meter

Personell som utfører tykkelsesmåling med bruk av D-meter (utstyr med digital utlesing av tykkelse) skal være kvalifisert i henhold til EN 473/Nordtest ultralydprøving Nivå 1 eller tilsvarende. I tillegg skal de være opplært for de bestemte oppgaver av tykkelsesmålinger.

3.2 Tykkelsesmåling med ultralydapparat med skjermbilde

Personell som utfører tykkelsesmåling med bruk manuelle ultralydapparater med skjermbilde, skal være sertifisert og autorisert i henhold til EN 473/Nordtest ultralydprøving Nivå 2 eller tilsvarende.

3.3 Korrosjonsdeteksjon med vinkellydhode

Personell som utfører korrosjonsdeteksjon med vinkellydhode og med bruk manuelle ultralydapparater med skjermbilde, skal være sertifisert og autorisert i henhold til EN 473/Nordtest ultralydprøving Nivå 2 eller tilsvarende.

4. UTSTYR

4.1 Apparat

Det anbefales å benytte utstyr av følgende typer, avhengig av hvilken teknikk man velger:

- D-meter (Krautkrämer UME, Panametrics 26 MG eller tilsvarende) til tykkelsesmåling med digital visning av tykkelse
- Skjermbildeutstyr (Krautkrämer USK 7, USN 52, USN 25, DMS, eller Panametric Epoch II eller III, 26 DL Plus, eller tilsvarende) til tykkelsesmåling hvor tolking og utmåling gjøres ved hjelp av ekkobildet
- Skjermbildeutstyr (Krautkrämer USK 7, USN 52, USN 25, eller Panametric Epoch II eller III, eller tilsvarende) for avsøking med vinkellydhode

4.2 Lydhoder

Følgende lydhoder er anbefalt for de ulike teknikker:

- D-meter utlesing
 - som anbefalt av leverandør (spesialtilpasset utstyret)
- Tykkelsemåling med skjermbildeutstyr
 - For materialtykkelser mer enn 8-10 mm kan blant annet følgende typer lydhoder anbefales (typisk 4 MHz, krystalldiameter ca. 10mm):
 - Krautkramer MB4S-N (normallydhode)
 - Panametrics A109 (normallydhode)
 - Krautkramer MSEB 4H (sender/mottaker (SM) – lydhode)
 - Panametrics D710/DHC710 (SM-lydhode)
 - eller tilsvarende
 - For materialtykkelser mindre enn 5-8 mm kan blant annet følgende typer lydhoder anbefales (typisk 10 MHz, krystalldiameter ca. 5-6mm):
 - Krautkramer SEB10KF3 (SM-lydhode)
 - Panametrics D713/DHC713 (SM-lydhode)
 - eller tilsvarende
- Avsøking med vinkellydhode og skjermbildeutstyr
 - Blant annet følgende typer lydhoder kan anbefales (typisk 4 MHz, krystalldiameter ca. 10x10mm):
 - Krautkramer MWB 45, Panametrics A406 eller tilsvarende

Et 60- og/eller 70-graders lydhoder kan også benyttes ved tynne platetykkelser, og hvis 45 er uegnet. To stk 60-graders lydhoder må også benyttes dersom overflatekompensasjon er nødvendig.

4.3 Kalibrerings- og referanseblokker

Det skal benyttes følgende blokker:

- En trappeblokk (eller blokker med tykkelser som dekker aktuelt tykkelsesområde) for innstilling av måleområde ved bruk av normal- og SM-lydhoder
- En IIW blokk nr.1 og nr. 2 for innstilling av måleområde (horisontale akse) ved bruk av skjermbildeutstyr og vinkellydhoder
- Referanseblokk med Ø3 mm sylinderboring, alternativt Ø2 mm boring for veggtykkelser under 10 mm, ref. Nordtest-metode NT NDT 008.

5. KRAV TIL OVERFLATE

Overflaten skal være jevn, og fri for forurensninger som kan påvirke lydhodets kobling (f. eks. rust, løs maling, hakk, riper, etc). Hvis det er vanskelig å få gode målinger, skal overflaten prepareres for å undersøke om dårlig kobling er årsaken.

6. KALIBRERING

6.1 Kalibrering av måleområde

6.1.1 D-meter

Kalibrering av måleområde gjøres i henhold til leverandørens anbefalinger.

6.1.2 Normallydhode

Minst 2 ekko fra en kjent tykkelse skal posisjoneres på riktig/ønsket sted på skjerm.

6.1.3 Sender-mottaker lydhode (SM-lydhode)

To kjente tykkelser som dekker ønsket måleområde (for eksempel to tykkelser på en trappeblokk) skal benyttes slik at 1. bakveggsekko fra disse tykkelser innstilles på riktig/ønsket sted på skjerm.

6.1.4 Vinkellydhode

Måleområde innstilles med minst to ekko fra buene på IIW nr. 2 blokk på riktig/ønsket sted på skjerm.

6.2 Kalibrering av følsomhet

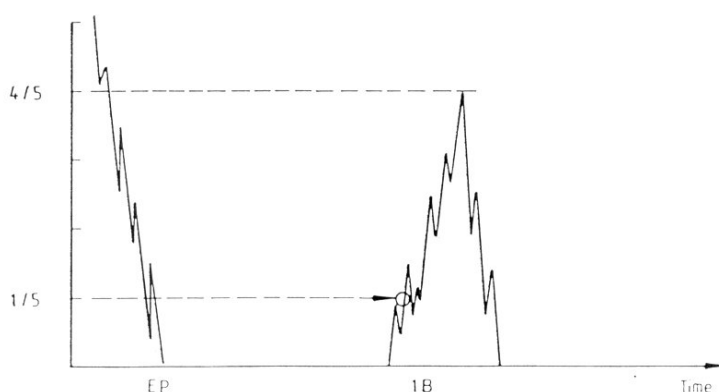
6.2.1 D-meter for tykkelsesmåling

Følsomhet innstilles automatisk

6.2.2 Normallydhode og SM-lydhode for tykkelsesmåling med skjermbildeutstyr

Følsomhetsnivået må her innstilles av operatør for enkelt måling etter følgende retningslinje:

- Aktuell gjenværende tykkelse i materialet avleses ved 1/5 skjermhøyde for det første ekko som overstiger dette nivå når maks ekko er justert opp til 4/5 av full skjermhøyde. Se figur V4.1 under.



Figur V4.1 Innstilling av forsterkning for utlesning av gjenværende tykkelse ved tykkelsesmåling med normallydhode og SM-lydhode.

For hver lydhodeposisjon bør en avlesning av tykkelse oppnås, selv om man må benytte full forsterkning på utstyret for å oppnå et ekko til 4/5 av full skjermhøyde. Hvis det er problematisk å få signal, bør overflaten prepareres for å undersøke om det er årsaken. Hvis det fortsatt er umulig å få avlesbare ekkohøyder, skal dette klart gå frem av rapporten.

6.2.3 Vinkellydhodeavsøking

Materialtykkelse $5 < T < 10$ mm

Ekko fra en sylinderboring med diameter Ø2 mm, lokalisert mellom 50% og 100% av nominell tykkelse skal settes til 2/5 av full skjermhøyde, for så å øke forsterkning med 12 dB. Dette er primærfosterkningen.

I tillegg skal det gjøres ordinær overflatekompensasjon for å kompensere for lydsvekking i overflaten og lydtap ved krum overflate.

Materialtykkelse $10 < T < 100$ mm

Ekko fra en sylinderboring med diameter Ø3 mm, lokalisert mellom 50% og 100% av nominell tykkelse skal settes til 2/5 av full skjermhøyde, for så å øke forsterkning med 14 dB. Dette er primærfosterkningen.

I tillegg skal det gjøres ordinær overflatekompensasjon for å kompensere for lydsvekking i overflaten og lydtap ved krum overflate.

7. UTFØRELSE AV PRØVING

7.1 Tykkelsesmåling

Den aktuelle overflaten av en komponent kan avsøkes på to måter, som må bestemmes i hvert enkelt tilfelle:

- avsøke hele overflaten med å skanne lydhodet langs linjer som, med tilstrekkelig overlapp, dekker 100% av overflaten. Ved å følge med på skjermen, eller på den digitale visningen av tykkelse, kan områder med redusert tykkelse lokaliseres. Utmåling av minimumstykkelser skjer som beskrevet i kapittel 6.2.1 og 6.2.2.
- avsøke overflaten i henhold til et rutemønster hvor lydhodet plasseres i faste posisjoner i forhold til rutemønsteret. Hvordan rutemønsteret konstrueres (hvor store rutene skal være etc) avtales i hvert enkelt tilfelle. Her er det viktig at utlesning skjer på det forutbestemte punkt uten at lydhodet forskyves hit og dit for å "oppnå best mulig ekko" (noe som kan føre til at man beveger seg vekk fra alvorlig groppkorrosjon). Eksempler på rutemønstre og mer detaljert beskrivelse av fremgangsmåte er beskrevet i Nordtest NT NDT 008 (se kapittel 2)

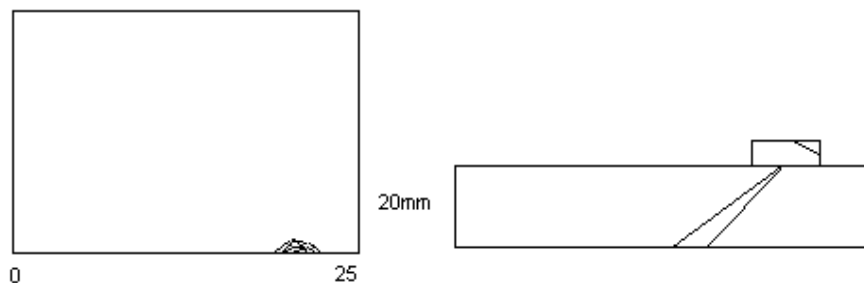
7.2 Korrosjonsdeteksjon

Utførelsen av prøvingen gjøres ved at forsterkningen settes til primærforsterkning, pluss eventuell overflatekorreksjon (se kap. 6.2.3). Deretter avsøkes det aktuelle området ved å føre lydhodet langs linjer parallelle med hverandre, så tett at man sikrer tilstrekkelig overlapp (typisk maks. 25 mm mellom linjene). Avsøking gjøres i begge retninger langs disse linjer.

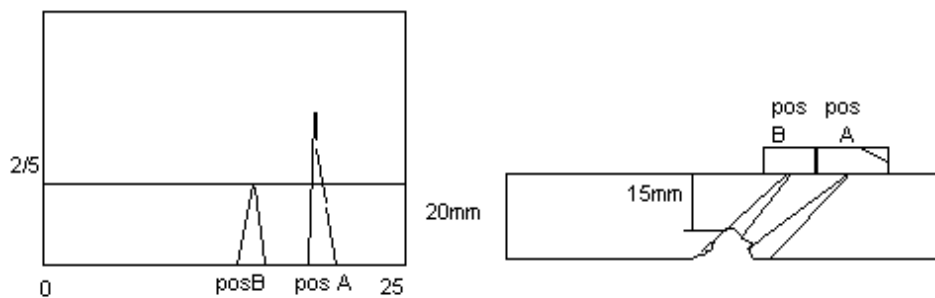
Deretter gjøres samme skanning langs linjer som er vinkelrett på linjemønsteret beskrevet ovenfor, også her i begge retninger.

Ekko fra bakvegg må følges nøye. Så lenge det kun synes et lite "rullende" ekko er det minimalt med korrosjon (groptæring) på bakvegg. Dette tyder på nominell veggtykkelse (eller det kan også være fin, generell korrosjon/erosjon). Dette kan bekreftes ved å benytte tykkelsesmåling, som beskrevet i kapittel 7.1.

Alle ekko som overstiger 2/5 av full skjermhøyde, er å betrakte som korrodert bakvegg. Områder hvor dette registreres må utmåles nøyere med normalt lydhode eller SM-lydhode.



Figur V4.2 Skjermbildet viser ekko fra bakvegg uten korrosjon



Figur V4.3 Skjermbildet viser hvordan ekko varierer når man passere over korrosjon.

Prøvingen med vinkellydhode bør i første rekke gjøres med et 45-graders lydhode. Dersom tilgang begrenser bruk av denne lydvinkel kan 60- eller 70 graders lydhode benyttes.

8. RAPPORTERING

Rapportering skal sikre full sporbarhet og repeterbarhet.

Rapportering skal skje iht. hoveddokumentets kap. 6. Uansett bør rapporten minst inneholde (hvis ikke annet er avtalt) følgende punkter:

- Prøveobjekt
 - Materiale
 - Overflatebeskrivelse
 - Referanse til historikk
- Utstyr
 - Apparater
 - Lydhoder
 - Referanseblokker
- Dokumentasjon
 - Prosedyrereferanse
 - Akseptkriterier
 - Tegningsreferanser
 - Objektidentifikasjon
 - Dato for inspeksjonen
- Rapportering av relevante indikasjoner
 - Apparatinnstillinger
 - Beskrivelse av signal i forhold til akseptkriterier
 - Lokalisering (skisser, foto e.l.)

VEDLEGG 5. PROSEDYRE FOR ULTRALYDPRØVING – SPREKKSSØKING I BOLT

Innhold

1.	HENSIKT.....	55
2.	REFERANSER	55
3.	KRAV TIL PERSONELL.....	55
4.	UTSTYR	55
4.1	Apparat	55
4.2	Lydhoder	55
4.3	Kalibrerings- og referanseblokker	56
4.4	Føringsring til lydhodet	56
5.	KRAV TIL OVERFLATE	56
6.	KALIBRERING.....	57
6.1	Kalibrering av måleområde	57
6.2	Kalibrering av følsomhet	57
7.	UTFØRELSE AV PRØVING	57
8.	RAPPORTERING	57

1. HENSIKT

Denne prosedyre beskriver metodikk for sprekkdeteksjon (tverrsprekker) i ulike typer bolter, både bolter med hode og pinnebolter med gjengeparti i begge ender. Typiske boltdimensjoner som dekkes av denne prosedyre er:

- diametre fra 80 til 200 mm
- lydveier (i boltens lengderetning) 50-500 mm

2. REFERANSER

Denne prosedyre baserer seg på retningslinjer beskrevet i:

- CorrOcean Teknisk Rapport TR066020 (referanse C-1037-02-13245). Foreligger som prosjektdokumentasjon.

3. KRAV TIL PERSONELL

Personell som utfører ultralydprøving i henhold til denne prosedyre skal være sertifisert og autorisert i henhold til EN 473/Nordtest ultralydprøving nivå 2 i relevant industrisektor, eller tilsvarende.

4. UTSTYR

4.1 Apparat

Det skal benyttes utstyr av følgende:

- Standard manuelt skjermbildestyr (Krautkrämer USK 7, USN 52, USN 25, eller Panametric Epoch II eller III, eller tilsvarende)

4.2 Lydhoder

Følgende lydhoder kan anbefales:

- For lydveier (avstander fra lydhode til forventet sprekkområde) i området 20-50 mm kan blant annet følgende type lydhode anbefales (typisk 4-6 MHz, krystalldiameter ca. 10mm):
 - Krautkrämer MB4S
 - Panametrics A109
 - eller tilsvarende (gjør et SM-lydhode)
- For lydveier i området 50-100 mm kan blant annet følgende type lydhode anbefales (typisk 4-6 MHz, krystalldiameter ca. 10-25mm):
 - Krautkrämer MB4S, B4S, eller B5S
 - Panametrics A109 eller A107
 - eller tilsvarende
- For lydveier i området 100-500 mm kan blant annet følgende type lydhode anbefales (typisk 4-6 MHz, krystalldiameter ca. 25mm):
 - Krautkrämer B4S eller B5S, Panametrics A107, eller tilsvarende

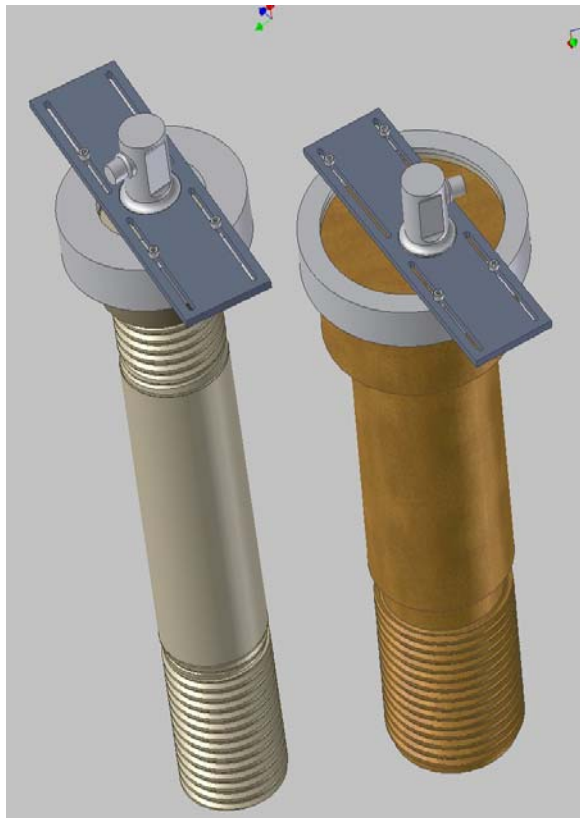
4.3 Kalibrerings- og referanseblokker

Det kan benyttes følgende blokker:

- En trappeblokk (eller blokker som for eksempel IIW nr. 1 eller 2) med tykkelser som dekker aktuell tykkelsesområde, for innstilling av måleområde
- En bolt av relevant type med innlagt (erodert eller frest) sprekk. Sprekkens størrelse skal være 6x3 mm (lengde x dybde) i relevant område på bolt. Materialelegenskapene (ultralydmessig) bør være nærmest mulig sammenlignbar med de aktuelle bolter som skal undersøkes

4.4 Føringsring til lydhodet

For at ultralydsignalet skal holde seg rolig og stabilt under av søking bør det benyttes en føringsring. Dette gjelder først og fremst dersom man skal finne små sprekker i hulkilene (sprekker av størrelsesorden 3-6 mm lange og 2-3 mm dype. Et forslag til en enkel føringsring (som ble benyttet under aktuelle forsøk i prosjektet) er vist i Figur V5.1.



Figur V5.1 Eksempler på føringsringer for lydhodet

5. KRAV TIL OVERFLATE

Overflaten skal være jevn, og fri for forurensninger som kan påvirke lydhodets kobling (f. eks. rust, løs maling, hakk, riper, etc). Hvis det er vanskelig å få gode forhold for målinger, skal overflaten prepareres for å sikre pålitelig deteksjon av små sprekker.

6. KALIBRERING

6.1 Kalibrering av måleområde

Minst 2 ekko fra en kjent tykkelse (trappeblokk, IIW 1 eller 2 blokk) skal posisjoneres på riktig/ønsket sted på skjerm.

6.2 Kalibrering av følsomhet

6.2.1 Bruk av referansereflektor i bolt

Ekko fra referansereflektor (se kapittel 4.3) stilles til full skjermhøyde

6.2.2 Bruk av AVG-diagram (basert på flatbunnet hull)

Dersom man har en relevant bakvegg (stor reflekterende flate på bolten) å benytte, kan man benytte lydhodeprodusentens AVG-diagram til å utlese hvor stor sprekken er, og benytte dette til akseptkriterievurderinger.

6.2.3 Sylinderboring

Sylinderboring (f. eks. 3 mm) i en standard referanseblokk kan også benyttes, men det må da etableres en sammenheng mellom ekko fra sprekkstørrelser og ekko fra valgt sylinderboring.

7. UTFØRELSE AV PRØVING

Lydhodet føres i sirkler rundt på bolt-ende eller bolthode, med lydhodet plassert som på figur V5.1. Lydhodet flyttes innover på en mindre og mindre sirkel inntil området rett innenfor hulkilen er dekket.

8. RAPPORTERING

Rapportering skal sikre full sporbarhet og repeterbarhet.

Rapportering skal skje iht. hoveddokumentets kap. 6. Uansett bør rapporten minst inneholde (hvis ikke annet er avtalt):

- Prøveobjekt
 - Materiale
 - Overflatebeskrivelse
 - Referanse til historikk
- Utstyr
 - Apparater
 - Lydhoder
 - Referanseblokker
- Dokumentasjon
 - Prosedyrereferanse
 - Akseptkriterier
 - Tegningsreferanser
 - Objektidentifikasjon
 - Dato for inspeksjonen
- Rapportering av relevante indikasjoner
 - Apparatinnstillinger
 - Beskrivelse av signal i forhold til akseptkriterier
 - Lokalisering (skisser, foto e.l.)