

Immersionsprovning av monterade böjda klenledningar med halvautomatiserad utrustning



Olga Motorina 2019

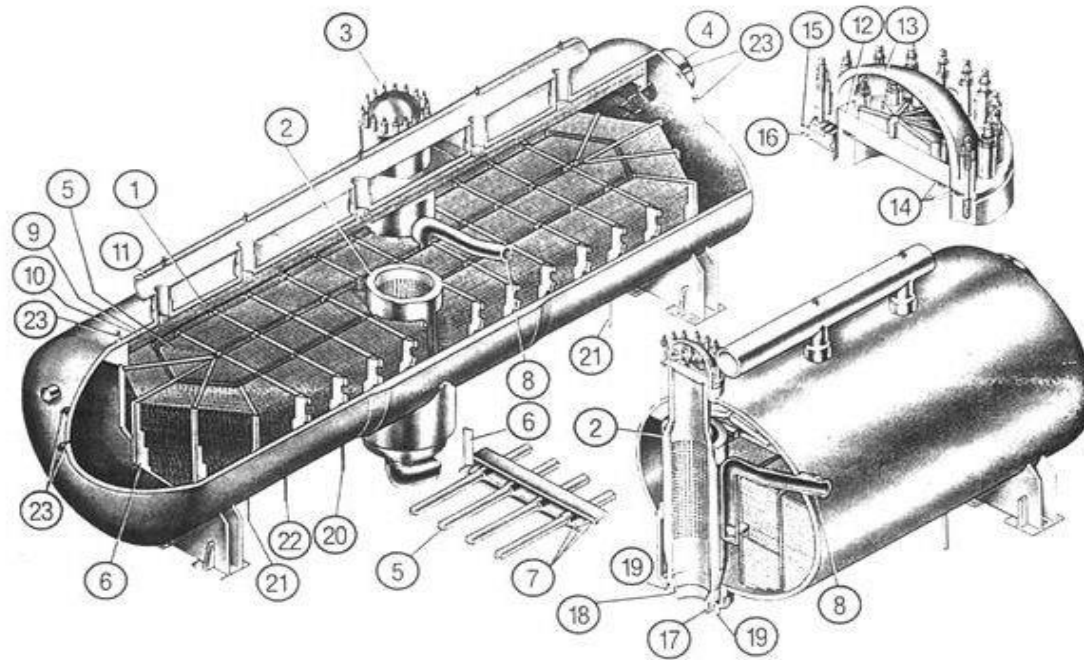
COMMITTED TO
SAFETY

Inledning

Denna presentation beskriver ultraljudprovningsteknik, som DEKRA utvecklade för kvalitetskontroll av fastmonterade böjda klenledningar i drift . Rörets dimension är OD16 och ID 8 mm.

Leveransomfånget innefattar utveckling av NDT-teknik, framtagning av provningsprocedur för provning och utvärdering samt leverans av en halv-automatiserad manipulator med skräddarsydda UT-prober .

Test Objekt: fastmonterade tunnväggiga böjda kolstålrör i ång-generatorer



1 – steam generator body, 2 –primary cold leg collector, 3 –primary hot leg collector, 4 -manhole, 5 –heat exchanger tubes, 6 –vertical distance grid, 7-horizontal distance grid, 8 –feed water pipeline, 9 -separator, 10 –perforated sheet, 11 –steam header, 12 –primary circuit header cover, 13 –secondary circuit header cover, 14 cover seals for the primary and secondary circuit, 15 –secondary circuit seal cover monitoring location, 16 secondary circuit air vent, 17 –primary circuit seal cover monitoring location, 18 –primary circuit air vent, 19 –header periodic blowdown, 20 –steam generator periodic blowdown, 21 –steam generator permanent blowdown, 22 -nozzle, 23 –pipe unions for steam generator level checking.



Inspektionsvolym

Inspektions volym

- Inspektionsvolymen är att täcka 100% av rörvolymen, dvs full-body inspektion.
- Rörets böjningsradie skall inte vara en begränsning för provningen.
- Observera att rörets raka ändar är fastsvetsade i väggen.



Kravspecifikation

De kraven som ska uppfyllas är:

- Pits på rörets yttre yta med ett djup av $\geq 0,4$ mm och en diameter $\geq \varnothing 2$ mm.
- Ytkorrosion på rörets insida.
- Mätning av resterande tjocklek i intervallet 0,7 - 4,0 mm (minsta konstruktionstjocklek 0,7 mm)
- Noggrannhetskrav: $\pm 0,2$ mm
- Så korta provningstider som är praktiskt möjligt på grund av höga strålningsnivåer i närheten av provningsobjektet.

Initiering

Utvecklingsarbetets mål:

- Identifiera en lämplig provningsteknik för en specifik geometri och verifiera att tekniken uppfyller kraven på detekteringsförmåga och inspektionstid.
- Anskaffning av grundläggande provningsutrustning.
- Preliminära referensobjekt och fixturer för sökare tillverkas.
- Preliminära parameterinställningar för provningsutrustning och utvärderingskriterier fastställs.
- Utprovning av tekniken genom att ett flertal referensrör med artificiella defekter provas.
- Undersökning av metodens tillförlitlighet, robusthet och effektivitet.

Inledning

Grundförutsättningar för valet av metod var att den skulle kunna uppfylla detekteringskrav samt metoden med kortaste inspektionstid var att föredra.

Som en följd av rörets geometri och godstjocklek ansågs ultraljud och virvelströmprovning som lämpliga metoder.

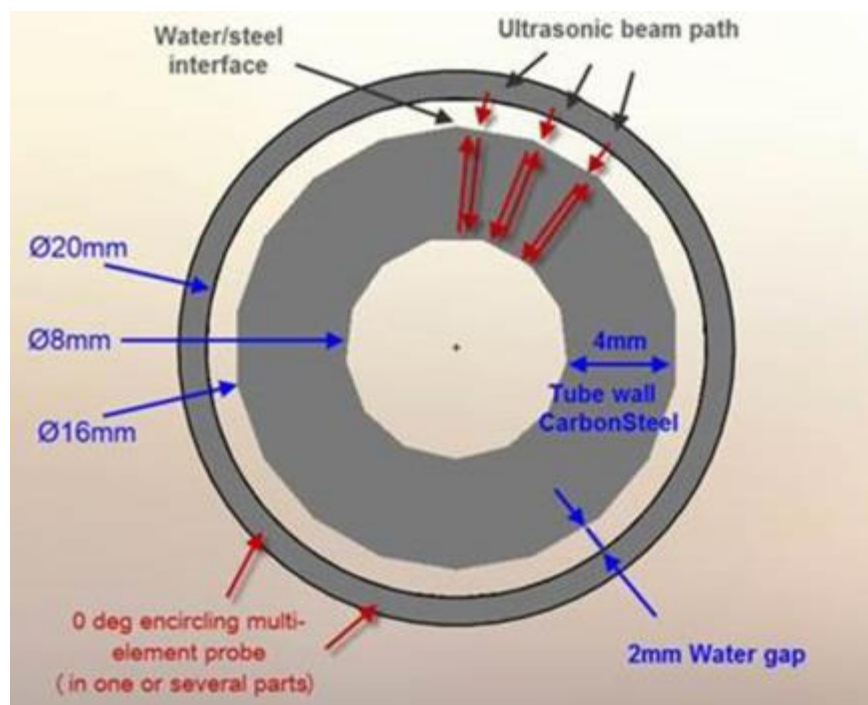
Försök med virvelströmsprovning visade att metoden inte kunde dimensionera och karaktärisera dessa defekter.

Kompletterande inspektionsmetod krävs för bättre dimensionering av defekter.

Med utgångspunkt från dessa aspekter togs ett förslag för halvautomatiserad inspektion med Encircling Multi-Element Probe för ultraljudprovning med immersionsteknik fram.

Provningsteknik

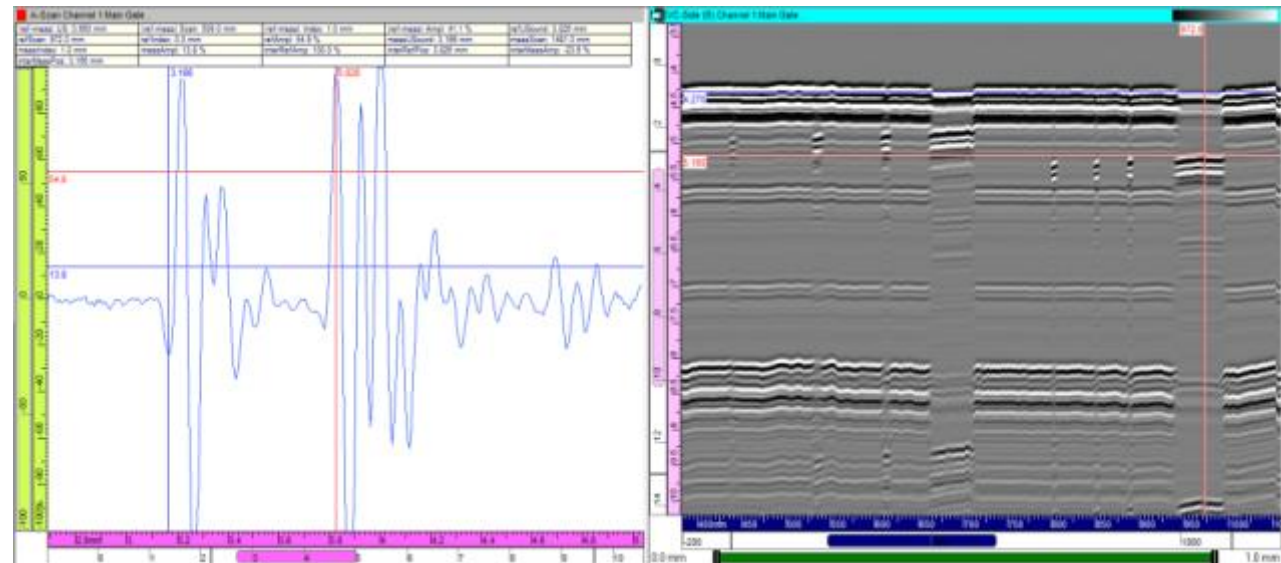
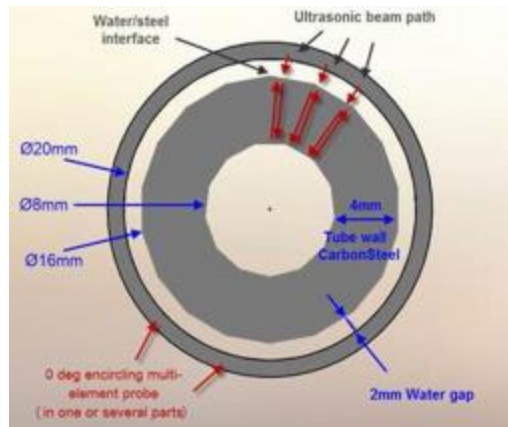
Princip för Pulseko-tekniken för immersionsprovning



Den valda tekniken är Pulseko-immersionsteknik med användning av ett flerkanaligt system med fokuserade normalsökare anordnade i en ringmatris för att täcka hela rörets diameter.

Ultraljudskoppling uppnås med hjälp av en smal vattenspalt mellan UT proben och rörets yta. Spalten är optimerad i enlighet med rörets krökning och diameter samt materialets tjocklek.

Provningsteknik



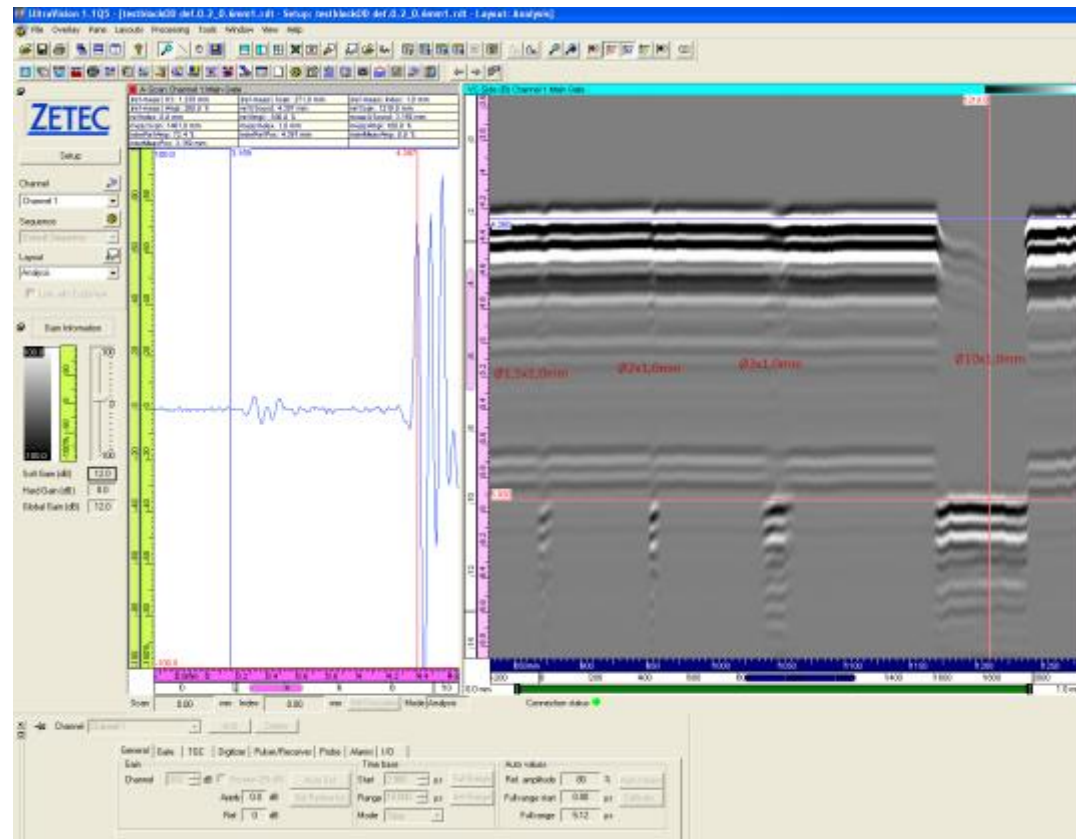
Probearrangemanget är centrerat i rörets axeln. Ultraljudssignalerna riktas radiellt mot rörväggen. Reflektionsignalerna från både inre och yttre rörytan följer samma väg till probekristallen.

Tidsintervallet mellan första väggseko (ingångsekosignal) och andra väggseko (baksidessignal) är måttet på vägg tjockleken.

Provningsteknik

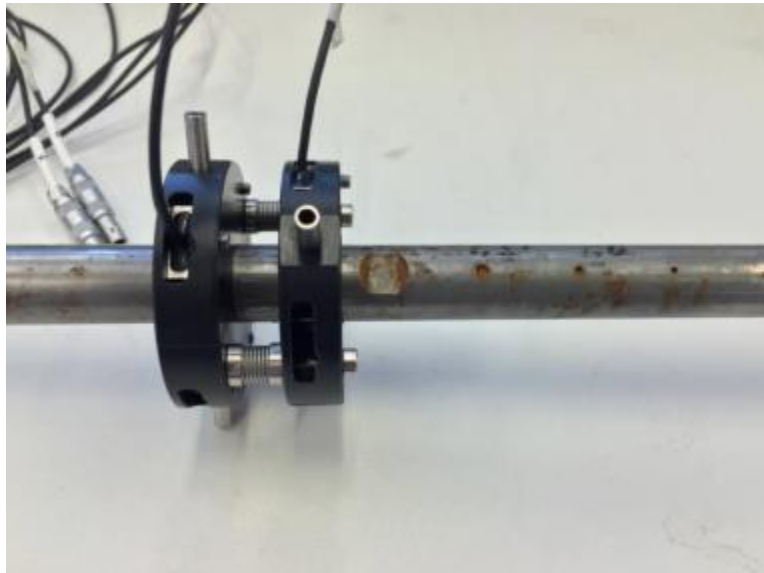
När röret avsöks från OD-
ytan med normalsökare, fås
en ökning i tiden för
ingångssignalen vid
pitchplatsen och då ökar
vattensträckan. Skiftet i
ingångsekosignalen ses
tydligt i B-scan-bilden

1,0mm OD def.



Utprovning av tekniken

Utprovning av tekniken genom att ett flertal referensrör med artificiella defekter provas



Den mekaniska installationen för testen i systemets utvecklingsfas består av ett provrör med artificiella defekter, två fokuserade normalsökare och probehållare.

Test set-up: Fixturen med två fokuserade normalsökare under testet. Probehållaren flyttas mellan testpositionerna.

Utprovning av tekniken

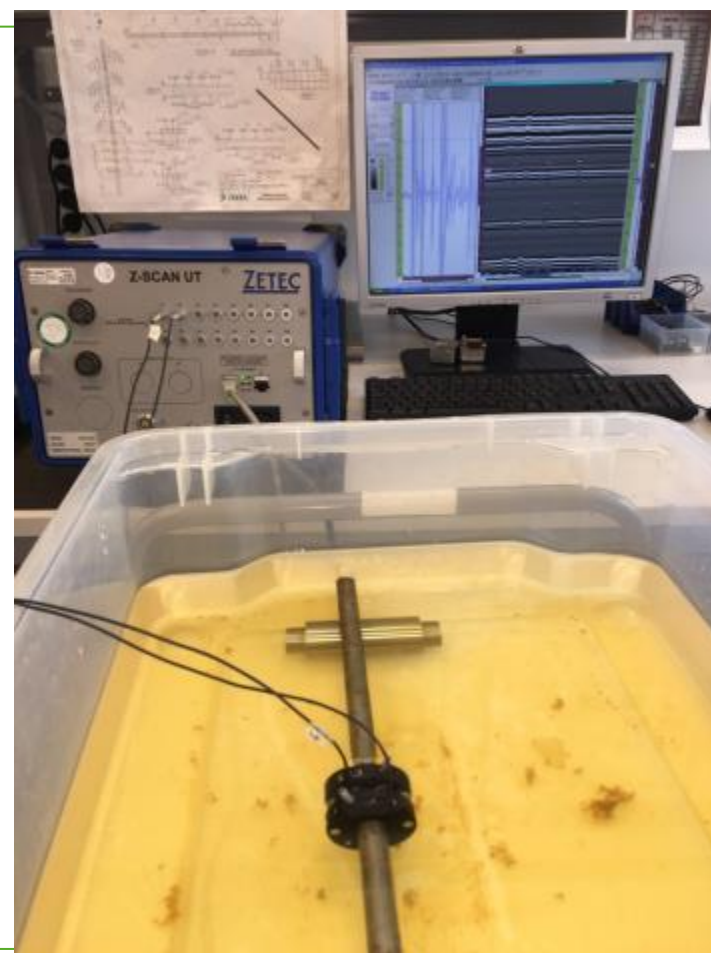
Systemet för ultraljudprovning under testet

Provningsstationen för ultraljud under testet består av:

Ultraljudsutrustning:

- Zetec Z -Scan UT
 - Mjukvara Zetec UltaVision 1.1Q5 för datainsamling och utvärdering.
 - två fokuserade normalsökare och probehållare
- Vattenfylld tank.

Test set-up: *Ultraljudsutrustning under testet.*



Utprovning av tekniken

Test block: referensrör med artificiella defekter

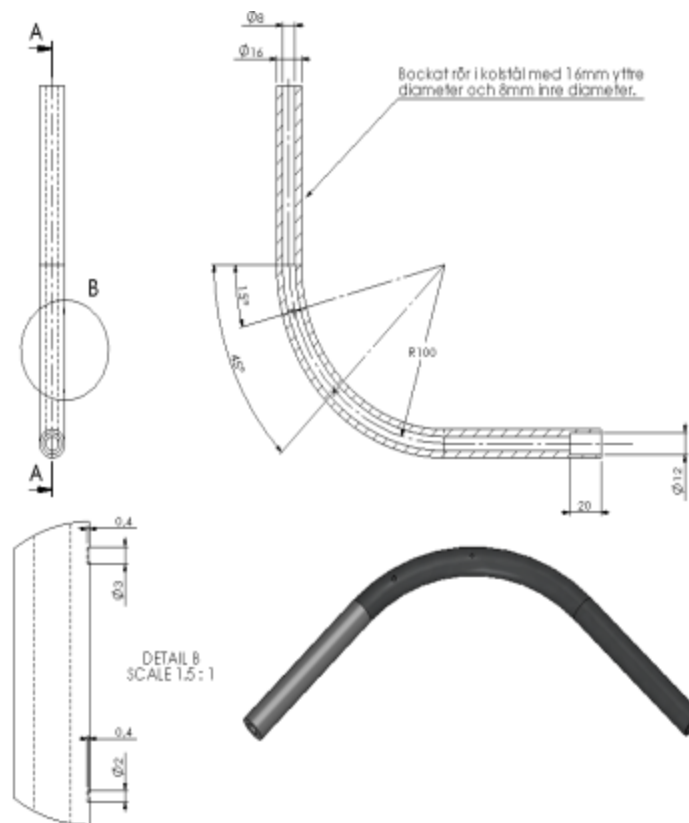
För att säkerställa tekniken tillverkades referensobjekt med identisk geometri och material samt realistiska referensdefekter i form av FBH och väggförtunningar från OD och ID



Test set-up: ID 8: mm, OD:16 mm referensrör med artificiella defekter under testet.

Utprovning av tekniken

Testblock: ID 8: mm, OD:16 mm referensrör med artificiella defekter



Defekt layout: ID 8: mm, OD:16 mm referensrör med artificiella defekter
Part1

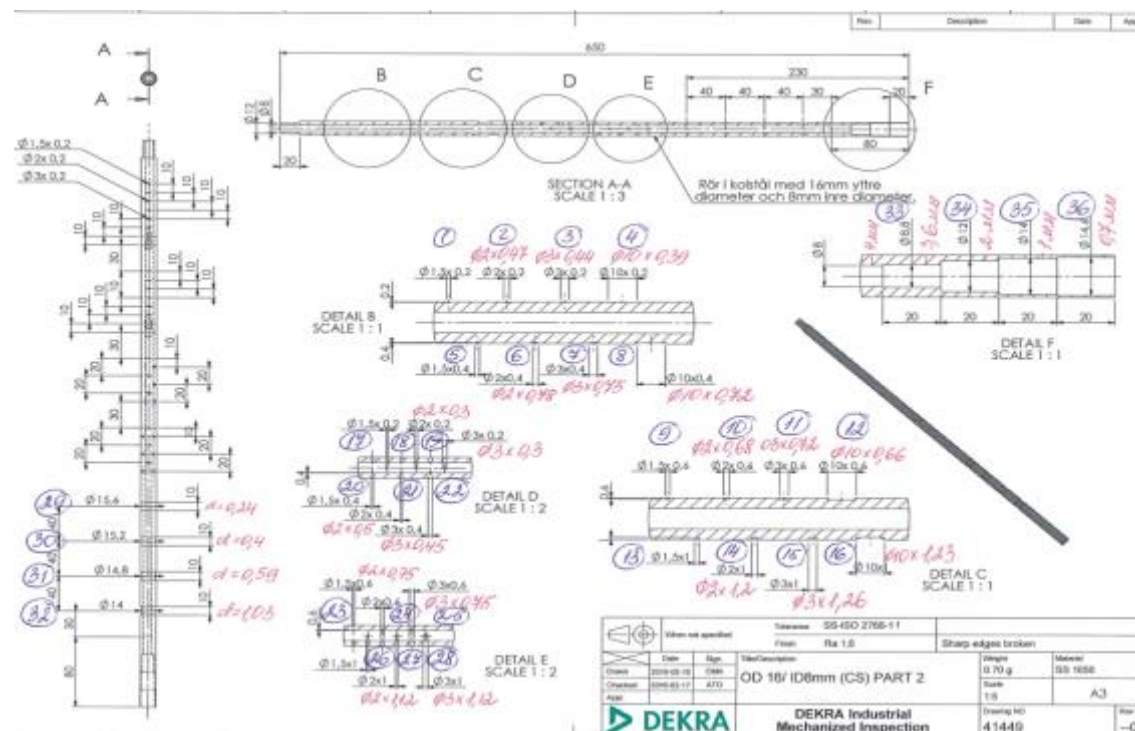
Defekt layout: ID 8: mm, OD:16 mm referensrör med artificiella defekter
Part2

Utprovning av tekniken

Testblock

Eftersom FBH är svåra att tillverka med nödvändig noggrannhet, kan de verkliga dimensionerna skiljas från de värden som angavs på ritningen.

Det verkliga djupet på de artificiella defekterna mättes för varje defekt och justerades på ritningen.



Defekt layout: ID 8: mm, OD:16 mm referensrör med artificiella defekter
Part2

Utvärdering av tekniken

Utvärdering av signalsvar

för OD-defekter

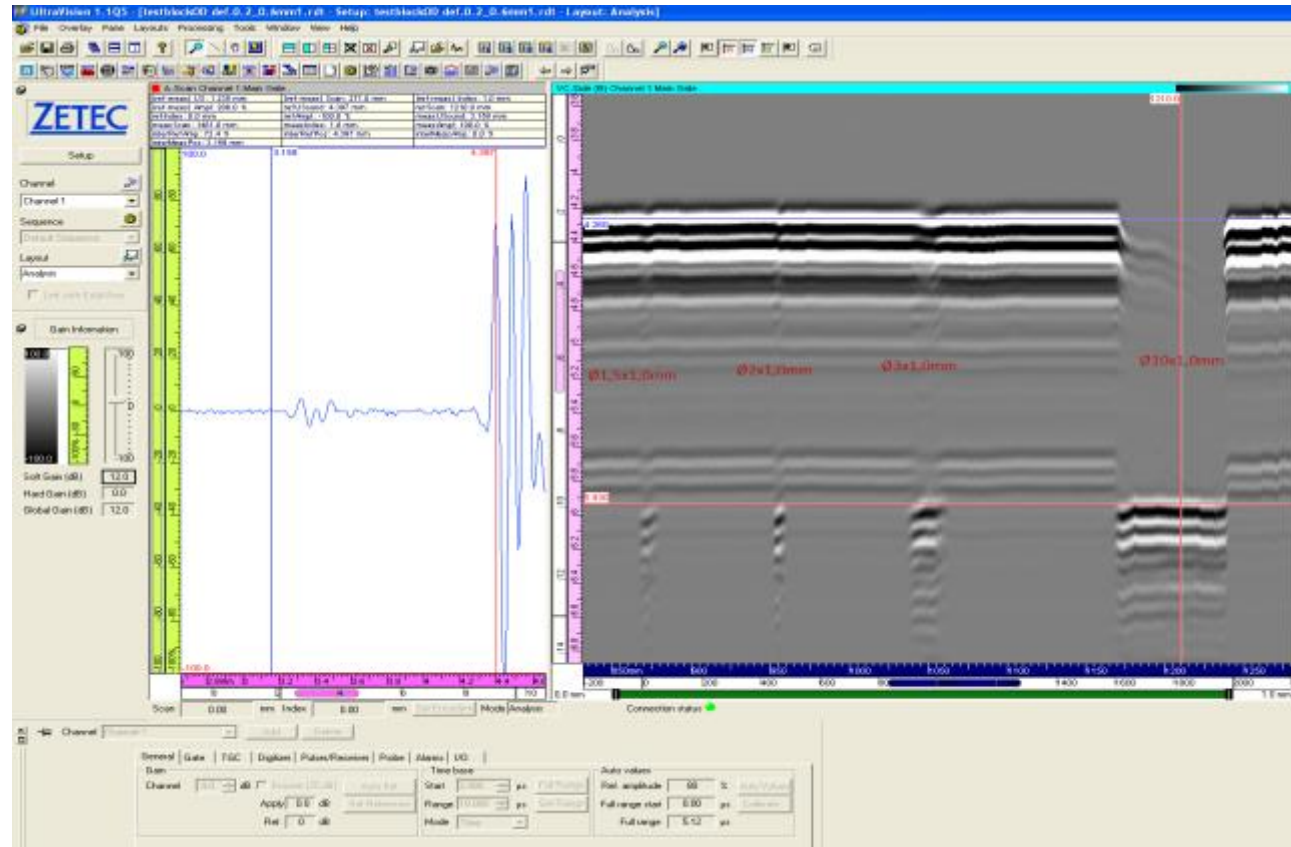
(defekter på utsidan av röret)

No def.	Defect Location	Area of the def., [mm]	Nominal Height, [mm]	Real Height, [mm]	Measured Height, [mm]	Deviations, [mm]
1	Detail B	Ø1,5	0,2	NA	0,490	NA
2	Detail B	Ø2	0,2	0,47	0,449	-0,021
3	Detail B	Ø3	0,2	0,44	0,421	-0,019
4	Detail B	Ø10	0,2	0,39	0,38	-0,01
5	Detail B	Ø1,5	0,4	NA	0,815	NA
6	Detail B	Ø2	0,4	0,78	0,86	+0,08
7	Detail B	Ø3	0,4	0,75	0,742	-0,008
8	Detail B	Ø10	0,4	0,72	0,727	+0,007
9	Detail C	Ø1,5	0,6	NA	0,734	NA
10	Detail C	Ø2	0,6	0,68	0,727	+0,047
11	Detail C	Ø3	0,6	0,72	0,697	-0,023
12	Detail C	Ø10	0,6	0,66	0,660	0
13	Detail C	Ø1,5	1,0	NA	1,282	NA
14	Detail C	Ø2	1,0	1,2	1,268	+0,068
15	Detail C	Ø3	1,0	1,26	1,231	-0,029
16	Detail C	Ø10	1,0	1,23	1,223	-0,007
37		Ø2	0,1	0,11	evident but unmeasurable	NA
38		Ø2	0,2	0,20	evident but unmeasurable	NA
39		Ø10	0,1	0,13	0,096	-0,034
40		Ø10	0,2	0,21	0,185	-0,025

Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar A-Scan and B-Scan

OD-defekt med djup 1,0 mm
(uppmätt till 1,223)

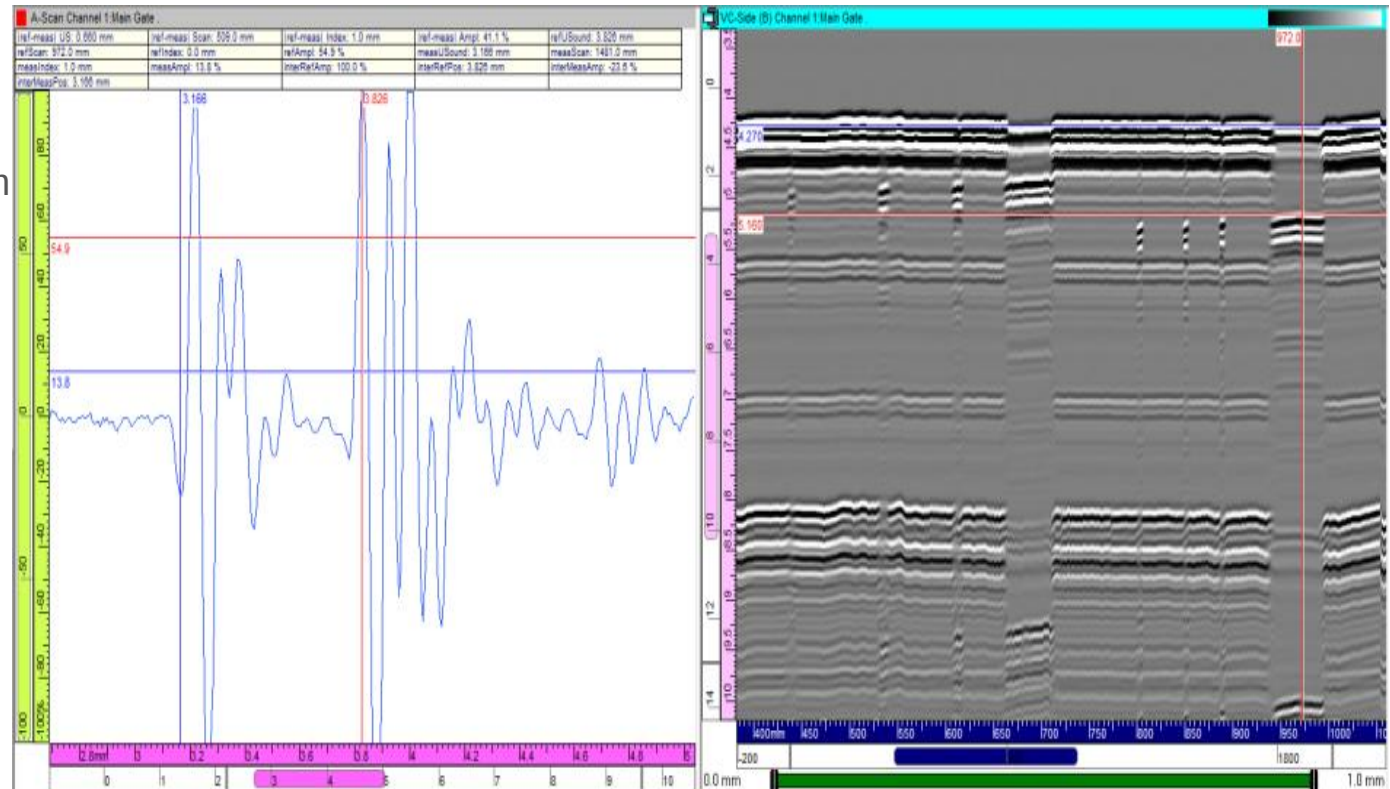


Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar

A-Scan and B-Scan

OD-defekt med djup 0,6 mm
(uppmätt till 0,660)

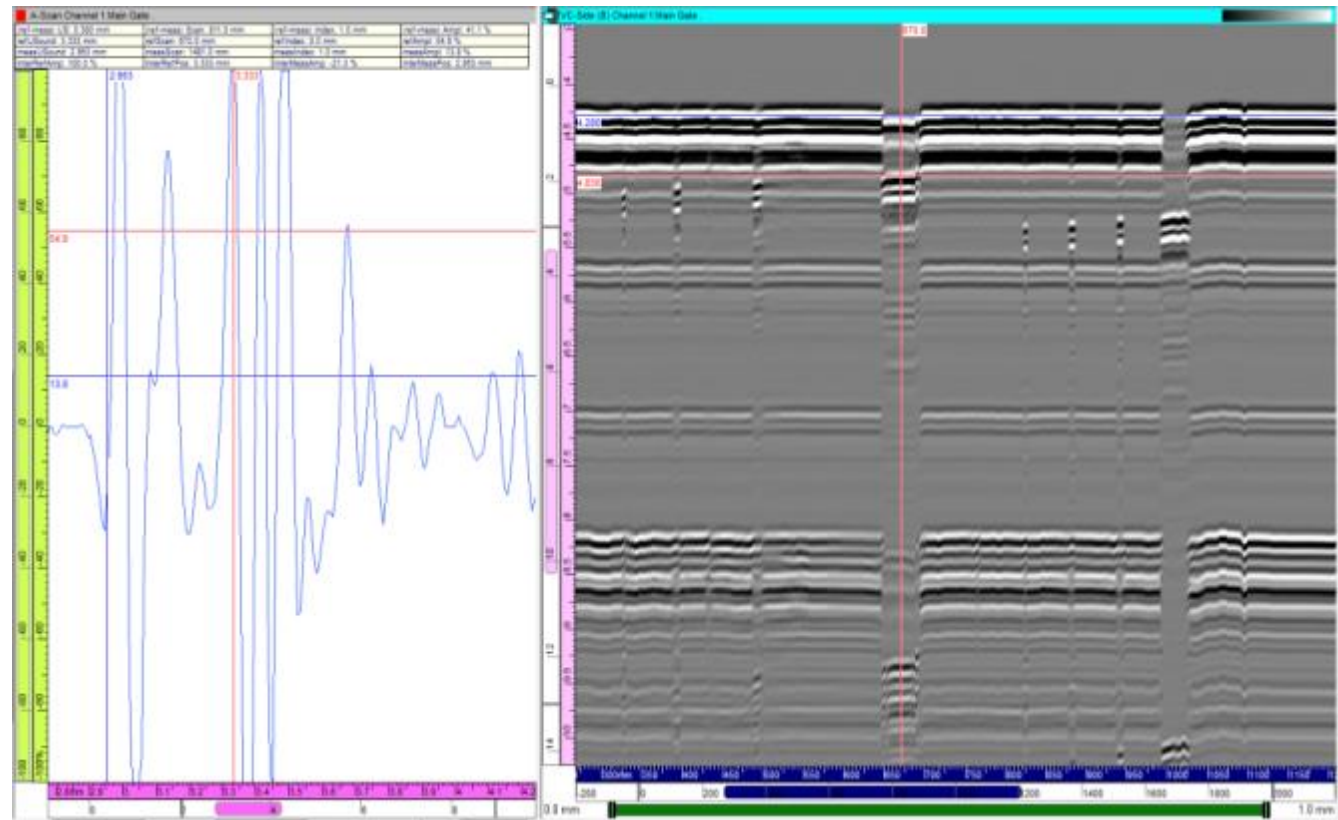


Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar

A-Scan and B-Scan

OD-defekt med djup 0,2 mm
(uppmätt till 0,380)



Utvärdering av tekniken

Utvärdering av signalsvar

för ID defekter (defekter på insidan av röret)

No def.	Defect Location	Area of the def., [mm]	Nominal Height, [mm]	Real Height, [mm]	Measured Height, [mm]	Measured Height, from the BW* [mm]	Deviations, [mm]
17	Detail D	Ø1,5	0,2	NA	0,435	0,348	NA
18	Detail D	Ø2	0,2	0,30	0,435	0,348	+0, 135/+0, 048
19	Detail D	Ø3	0,2	0,30	0,435	0,348	+0, 135/+0, 048
20	Detail D	Ø1,5	0,4	NA	0,551	0,551	NA
21	Detail D	Ø2	0,4	0,4	0,551	0,551	0
22	Detail D	Ø3	0,4	0,4	0,551	0,551	0
23	Detail E	Ø1,5	0,6	NA	0,87	0,754	NA
24	Detail E	Ø2	0,6	0,75	0,87	0,754	+0, 12/+0, 004
25	Detail E	Ø3	0,6	0,75	0,87	0,754	+0, 12/+0, 004
26	Detail E	Ø1,5	1,0	NA	1,218	1,218	NA
27	Detail E	Ø2	1,0	1,12	1,218	1,218	0
28	Detail E	Ø3	1,0	1,12	1,218	1,218	0

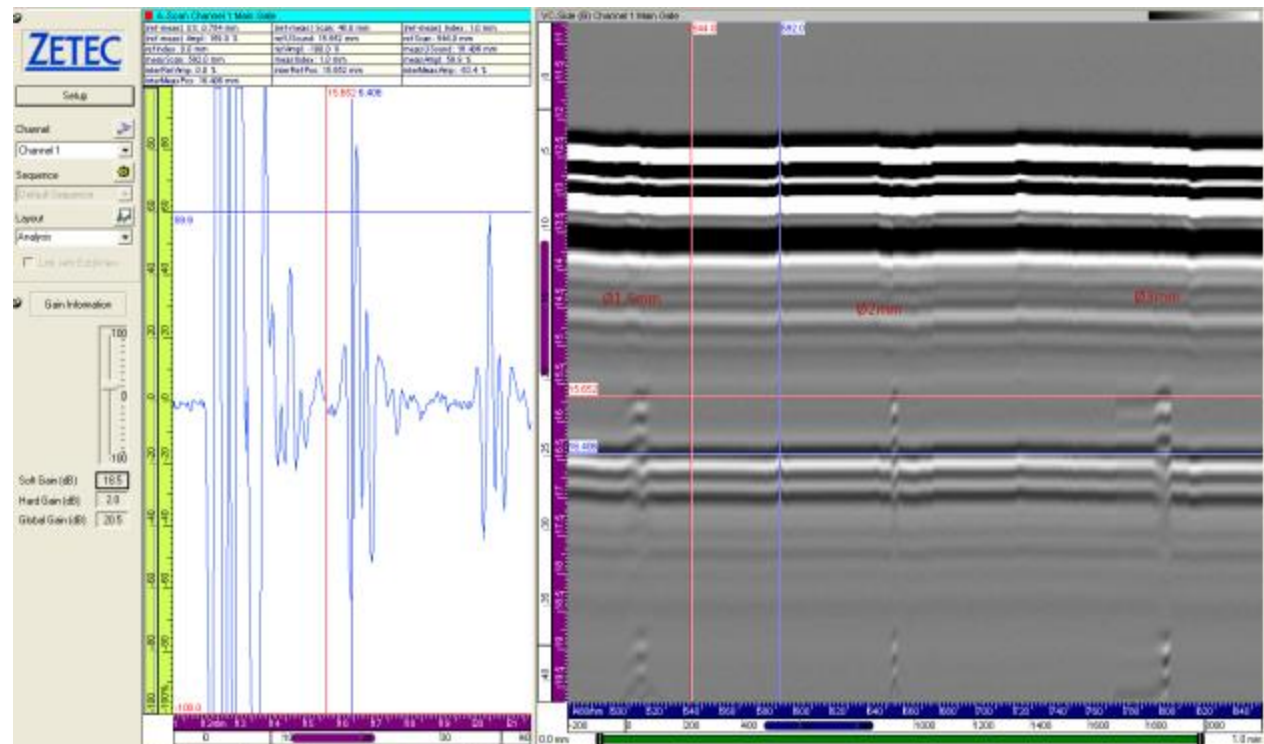
Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar

A-Scan and B-Scan

ID Ø1,5-defekt med djup 0,6 mm
(uppmätt till 0,754)

mätning från Back Wall echo



Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar

Tjockleksmätning med avseende på förtunning från in- eller utsidan av röret

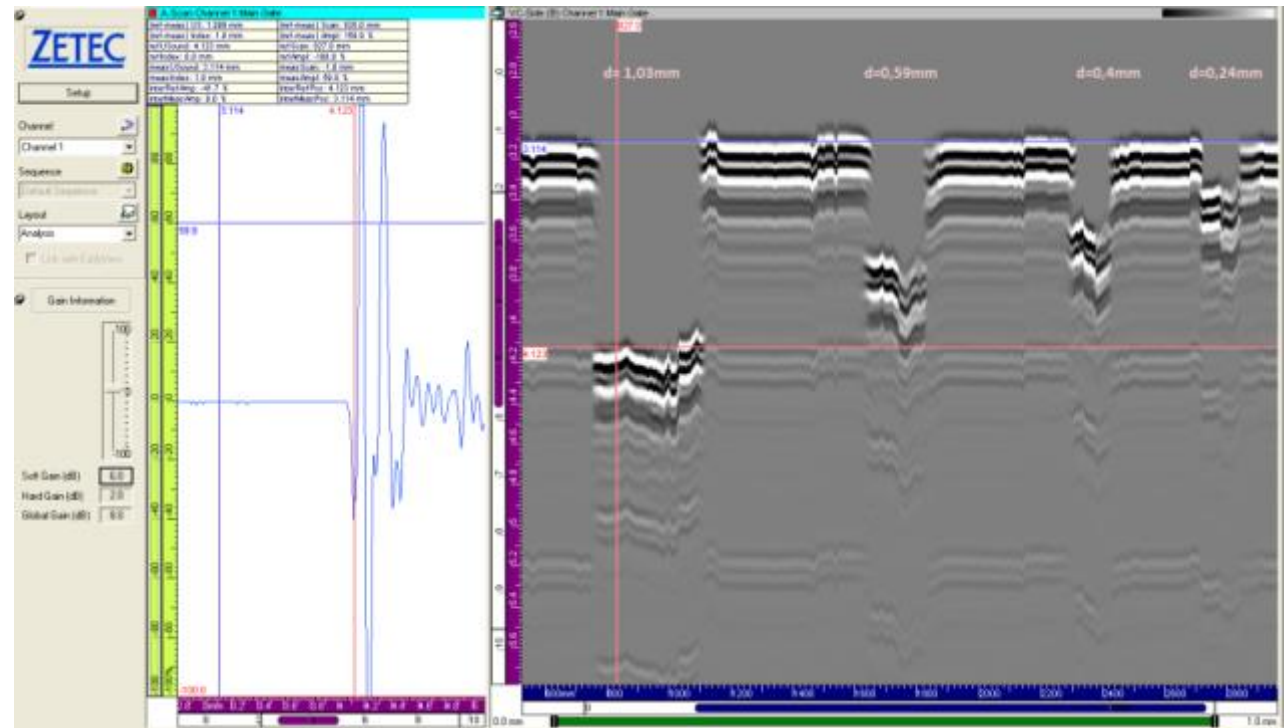
No def.	Defect Location	Nominal OD, [mm]	Nominal ID, [mm]	Nominal Thickness, [mm]	Real Thickness, [mm]	Measured Thickness, [mm]	Deviations, [mm]
29		Ø15,6	Ø 8	3,8	3,76 / Depth 0,24	0,245	+0,005
30		Ø15,2	Ø 8	3,6	3,6 / Depth 0,4	0,393	-0,007
31		Ø14,8	Ø 8	3,4	3,41 / Depth 0,59	0,594	+0,004
32		Ø14	Ø 8	3	2,97 / Depth 1,03	1,009	+0,006
Thickness		Ø16	Ø 8	4	4	3,913	-0,087
33	Detail F	Ø16	Ø8,8	3,6	NA	3.478	NA
34	Detail F	Ø16	Ø12	2	NA	1.855	NA
35	Detail F	Ø16	Ø14	1	NA	0,985/0,927	NA
36	Detail F	Ø16	Ø14,6	0,7	NA	0,695	NA

Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar

A-Scan and B-Scan

Tjockleksmätning med avseende
på förtunning från utsidan av röret
0.2-0.4-0.6-1 mm



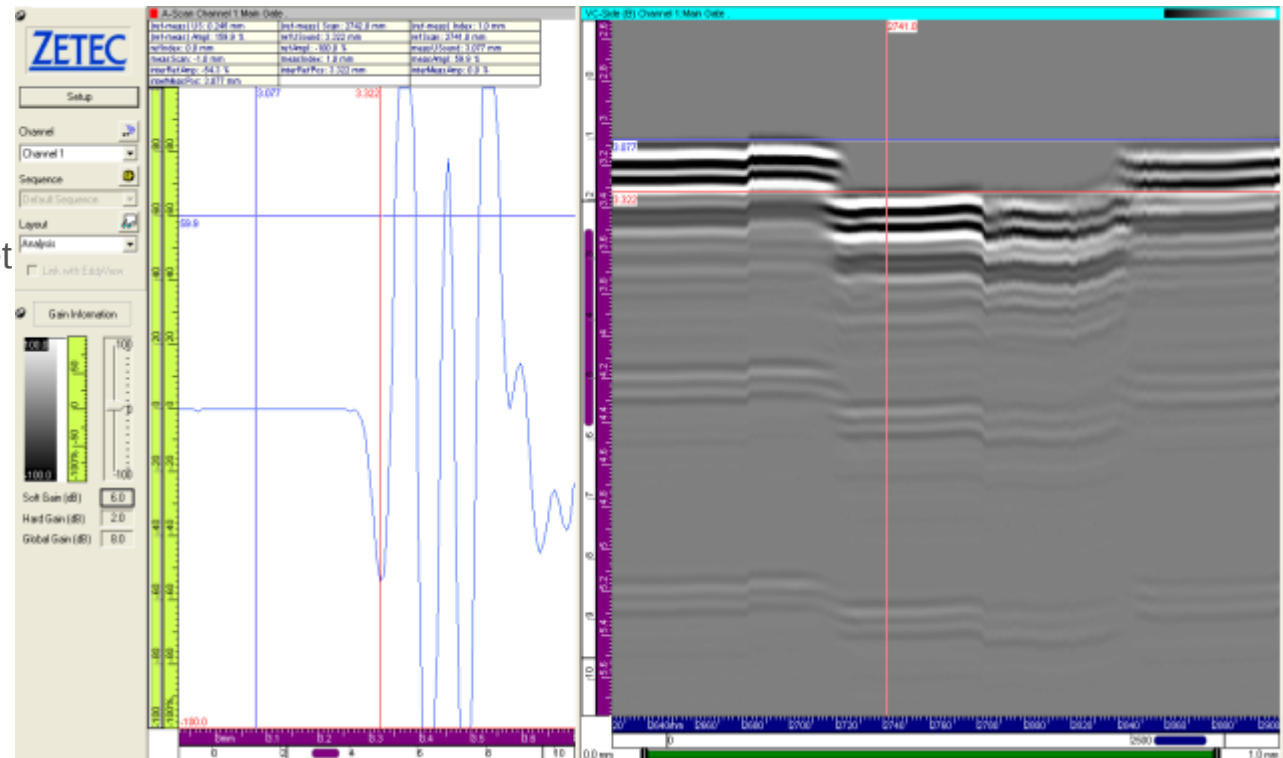
Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar

A-Scan and B-Scan

Tjockleksmätning med avseende på förtunning från utsidan av röret

0,24 mm förtunning från utsidan (uppmätt till 0,245)



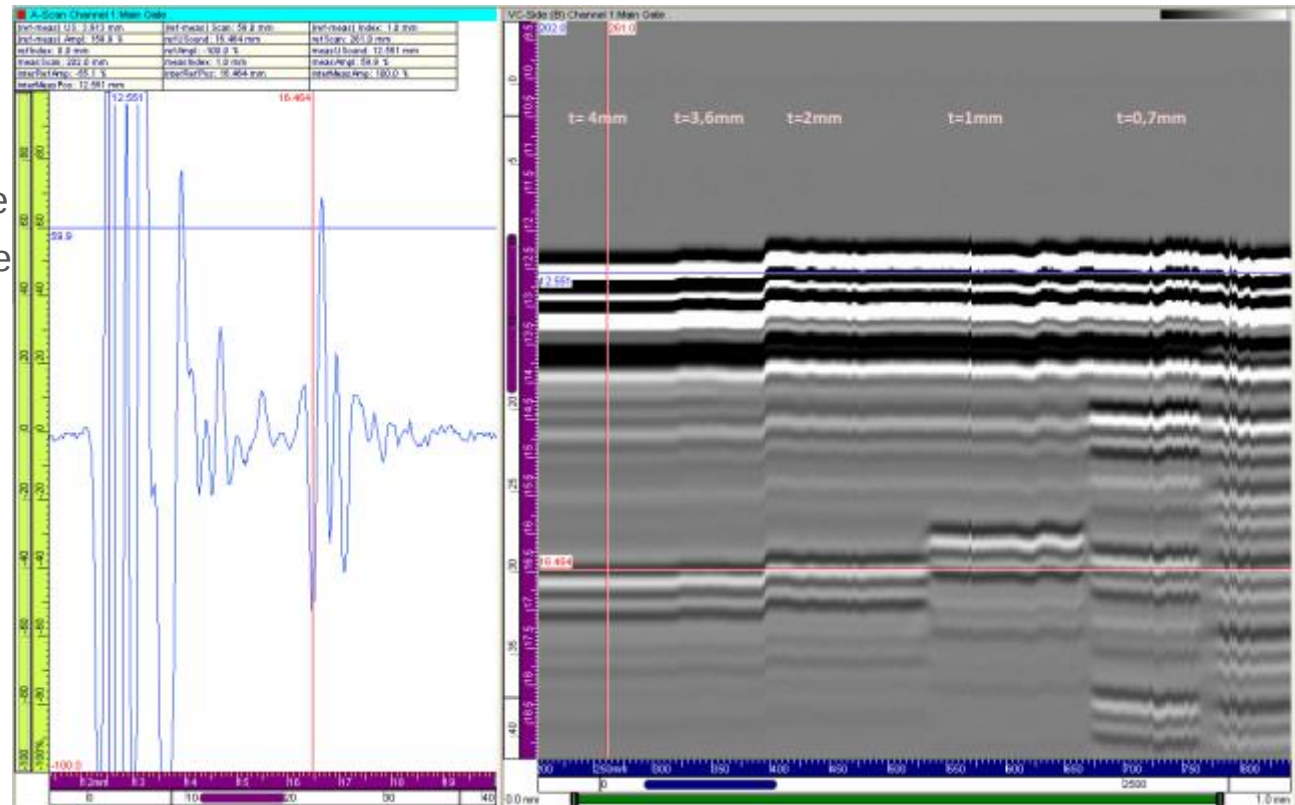
Utprovning av tekniken

Utvärdering av signalsvar

A-Scan and B-Scan

Tjockleksmätning med avseende
på förtunning från insidan av röre

0.2-1-2-3,6 mm



Utprovning av tekniken

Utvärdering Sammanfattning

Alla relevanta enligt detektionsmålet defekter på den inre och yttre ytan detekterades och höjdbestämdes med noggrannhet inom $\pm 0,2$ mm.

Den återstående tjockleken mättes med noggrannhet enligt de angivna kraven.

Beskrivning av provningssystemet: Ultraljudsutrustning

Provningstationen för immersionsprovning av monterade böjda klenledningar i drift består av:

- Ultrasonic System: OmniScan MX, OMNI-A-ADP11
- adapter U8767019 till OmniScan MX
- Mjukvara: MXU-2.0R27 för datainsamling och utvärdering.
- Analysis Program: TomoView Version 2.10R19 or later approved version.
- Encircling Multi-Element Probe med tillhörande vattenpump för för avsökning med vattenspalt.
- Halvautomatiserad Probe scanner med encoder. Vid provning av objekt skickar encoder positionsinformation till ultraljudsutrustningen.
- Kalibreringsblock



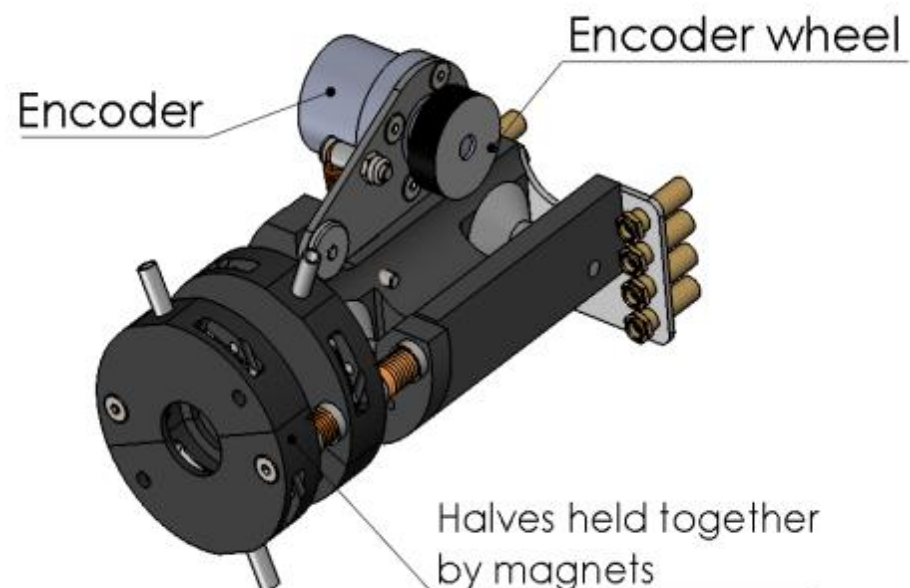
Beskrivning av provningssystemet

Encircling Multi-Element Probe scanner

Encircling Multi-Element Probe scanner har två scanningsaxlar (tangentiell och radiell) medan ultraljudsökarna fixeras manuellt i axiell ledd.

Manipulatorn drivs för hand och kan placeras för vertikal eller horisontell rörelse. Encoder skickar positionsinformation till ultraljudutrustningen.

UT-koppling: vattenspaltkoppling där ett litet avstånd i storleksordningen 2-4 mm bibehålls av probehållaren och vatten pumpas in genom en ansluten slang.

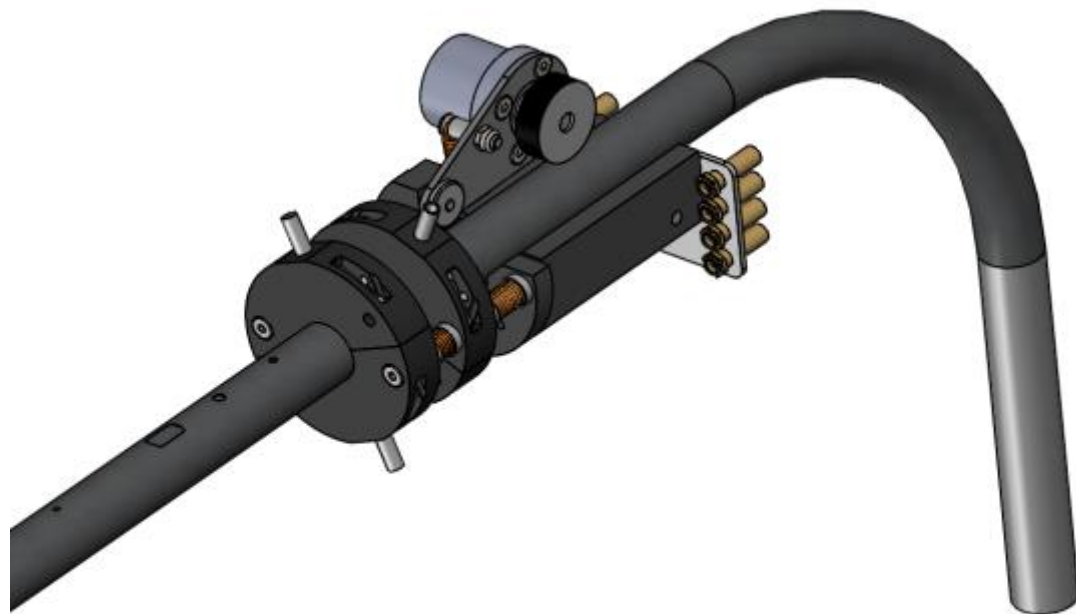


Beskrivning av provningssystemet

För att klara den böjda delen av röret är probehållaren uppdelad i fyra sektioner (180° varje sektion som bildar en 360° cirkel runt röret för att täcka hela omkretsen) och består av två sådana ringar den ena efter den andra med en 45° offset i omkretsriktningen för att överlappa varandra.

360° runt rörets omkrets kan därför inspekteras utan någon mekanisk rotation.

Inspektionen av hela röret utförs därför genom att förskjuta probehållaren i rörets axelriktning. Det flerkanaliga systemet med 8 individuella normalsökare anordnade i en ringmatris täcker hela rörets omkrets i en enda avsökning.



Beskrivning av provningssystemet

UT-arraykonfigurationen består av 8 individuella, och oberoende av varandra, 7,5 MHz-sökare anordnade i en ringmatris och orienterade mot rörets mittaxel.

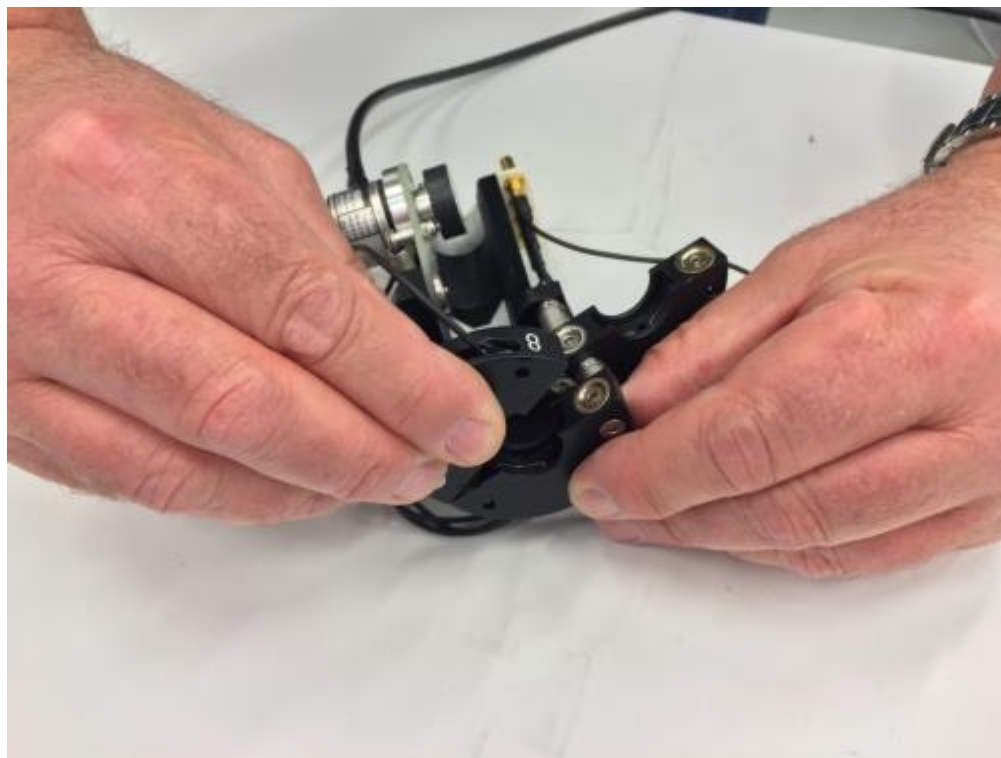
Den böjda ytan för varje element specialdesignades för att öka provningskänsligheten.

Diameter för sökarnas kontaktyta valdes för att matcha rördiametern.



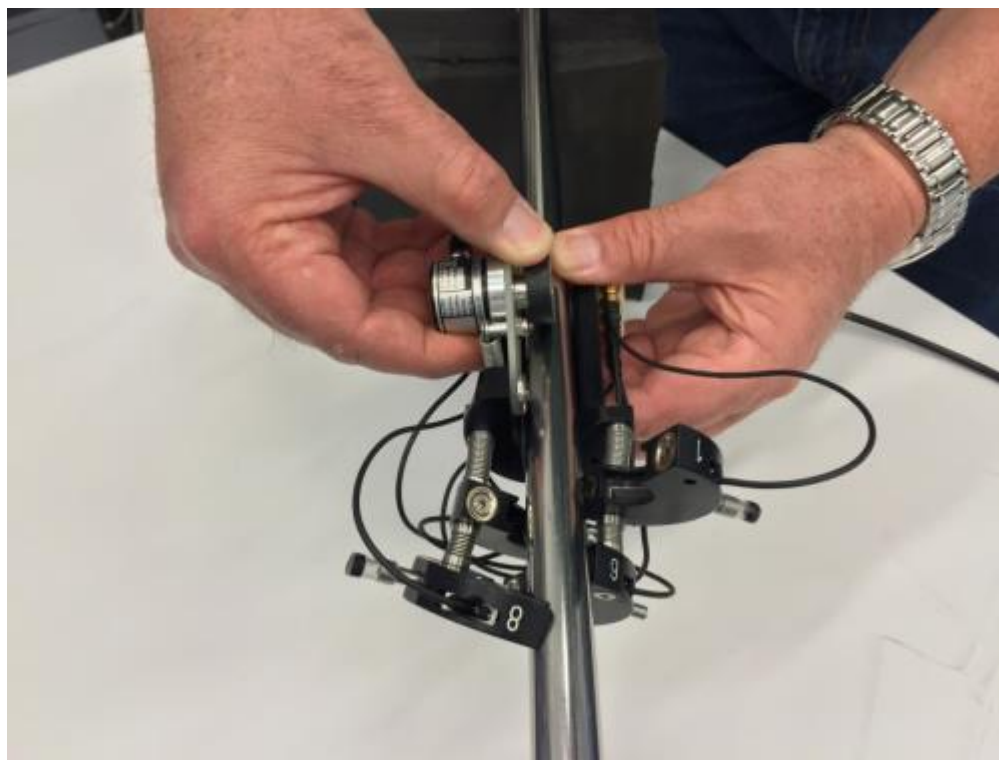
Handling of the manipulator

Separera de magnetiska
probehållarna genom att
försiktigt dra åt dem för hand.



Handling of the manipulator

Placera probearrangemanget
på röret med encoderhjulet
uppåt och lyft det
fjäderbelastade encoderhjulet
för att fästa encodarhållaren
på röret.



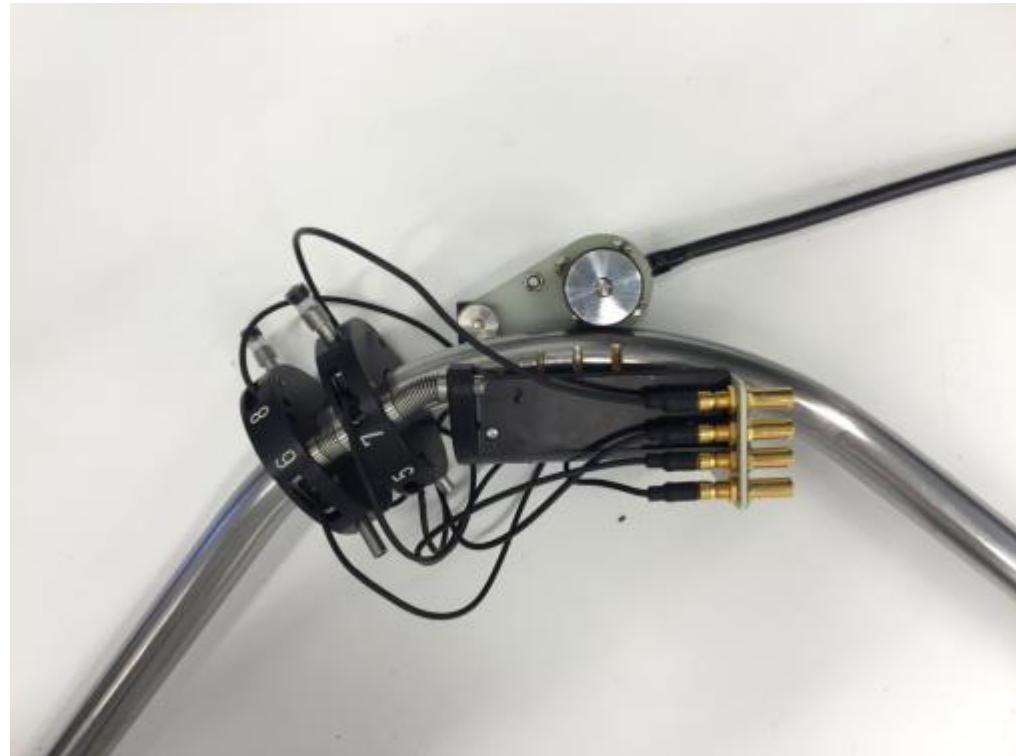
Handling of the manipulator

Stäng probehållarhalvorna
över röret.



Handling of the manipulator

Klart!

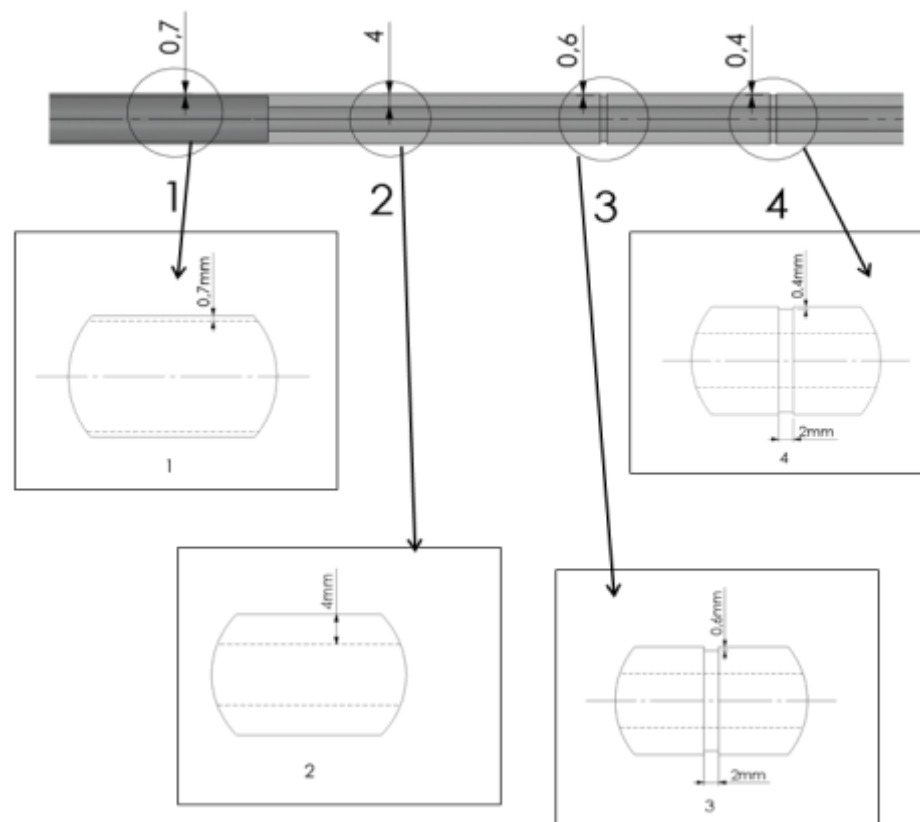


Kalibreringsblock

Kalibreringsblocket är en del av mätsystemet och därmed ett mätverktyg av högsta ordning.

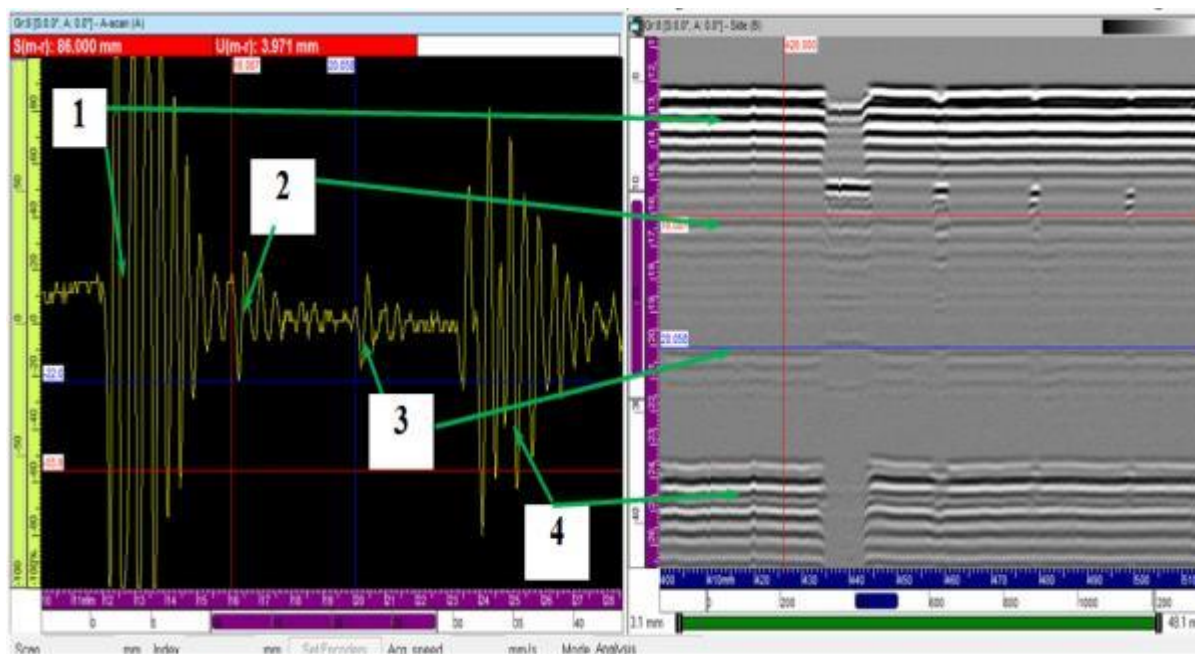
Noggrannheten hos alla ultraljudsmätningar är så bra som den noggrannhet som systemet har kalibrerats med.

Ljudhastigheten måste alltid ställas in och kontrolleras regelbundet med avseende på det material som ska provas och materialets temperatur som har en signifikant inverkan på testresultatet.



Display Layout

Detektionstekniken baseras på kriteriet "mönsterigenkänning" (tillsammans med det faktum att defekten kommer att vara närvarande "bakom" Entrance Echo signal). Insamlat data utvärderas med en kombination av A-scan och B-scan

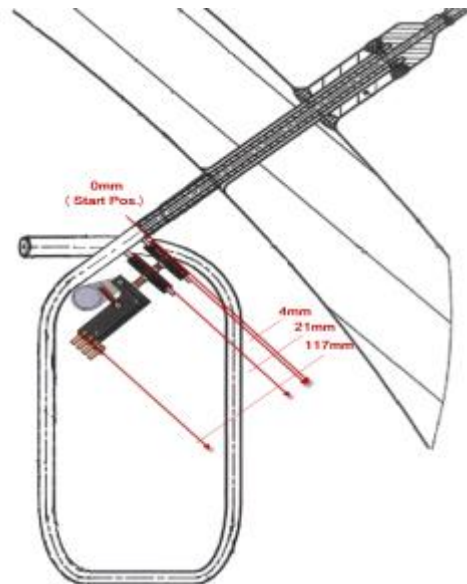


En typisk bild av data är:

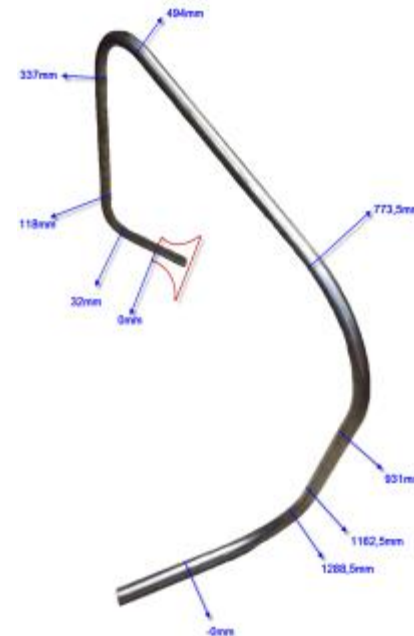
- 1.-Entrance Echo signal;
- 2.-Back wall signal;
- 3.-First multiple of the Back wall signal
- 4.-First Multiple of the Entrance Echo signal

Rapportering

Efter inspektionens slut rapporteras resultaten för varje rör till kunden i form av provningsprotokoll

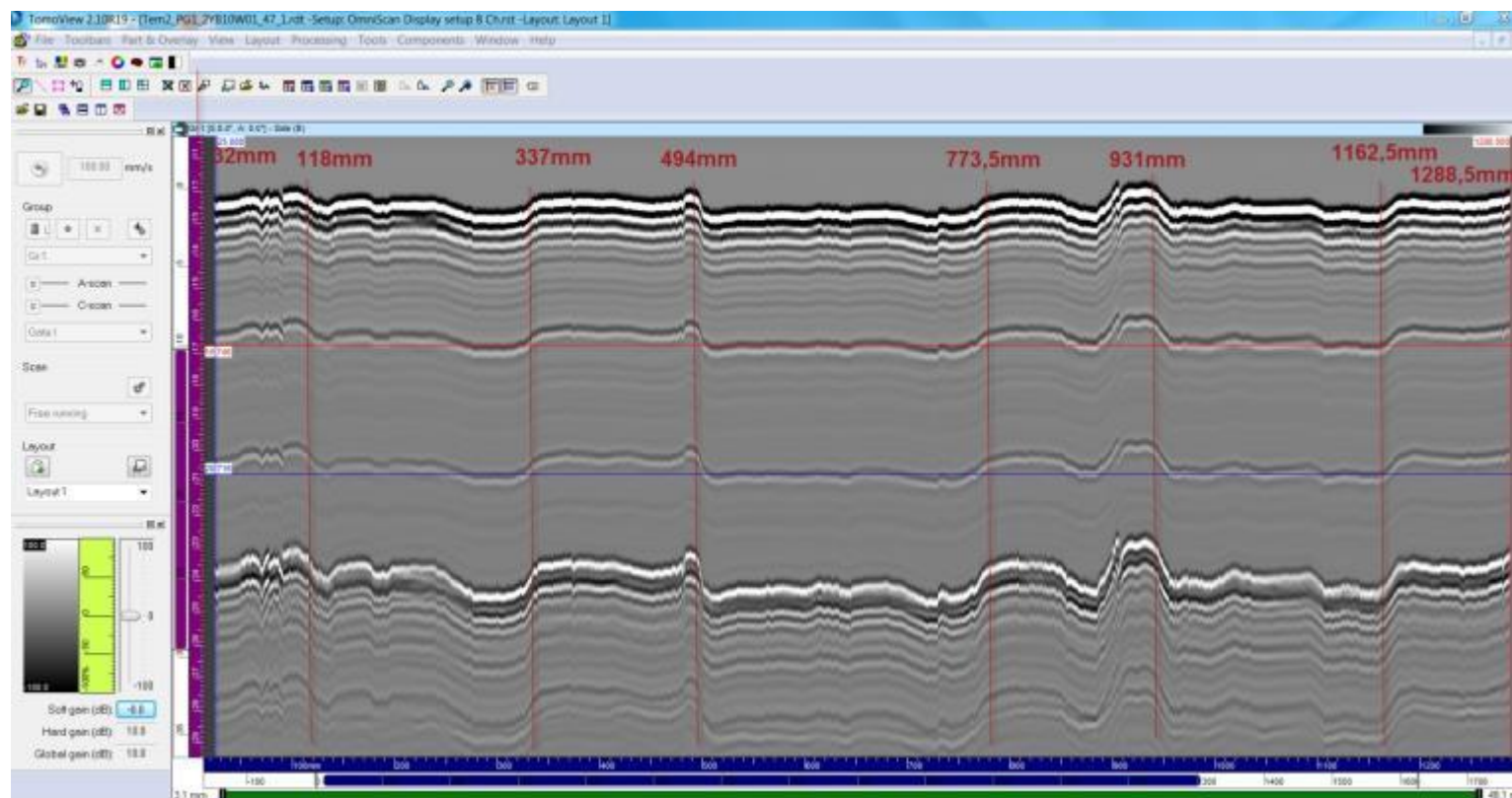


Koordinatsystem



Rapportering

UT General Printout



Immersionsprovning av böjda klenledningar i drift med halv-automatiserad utrustning

Frågor?