



# Kontroll provning

2014-06-05

# Förslag på agenda

- Redovisning av kravbild för OFP
- Plan för kommande arbete med förtydligande av kravbild för OFP
- Redovisning av provbarhet med OFP
- Förtydliganden gällande kvalificeringsprocessen
- Övergripande diskussion om föreskrifter (2008:13)
- Diskussion angående detaljeringsgrad för olika skeden i provningsprocessen

# Krav oförstörande provning – insats

Vid tillämpning av de deterministiska acceptanskriterierna vid provning gäller nedanstående.

## **Krav på detektering**

Den acceptabla defektstorleken i de olika zonerna i insatsen ska kunna detekteras. För defekter som inte kan avgränsas till en zon tillämpas zonen med det strängaste kravet för acceptabel defektstorlek.

## **Krav på lägesbestämning**

Defekters läge i relation till de definierade zonerna i insatsen ska kunna fastställas så att adekvat acceptanskriterium tillämpas.

## **Krav på karakterisering**

Det ska kunna säkerställas att adekvat acceptanskriterium för defekten tillämpas. Närliggande defekter hanteras enligt figur A1 i appendix A, Dillström et al. (2008).

## **Krav på storleksbestämning**

Det ska säkerställas att tillämpat acceptanskriterium för defekten kan uppfyllas.

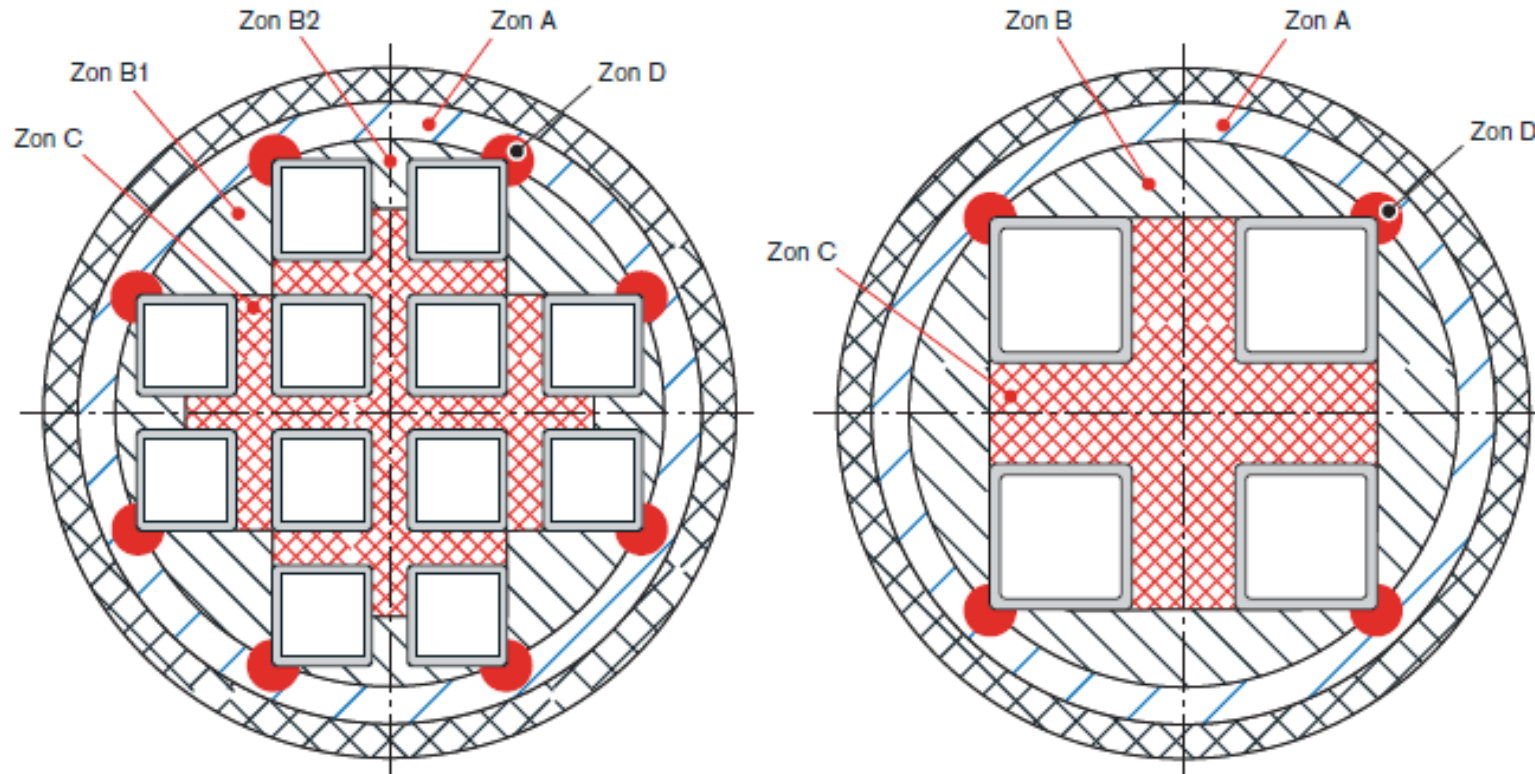
# Krav oförstörande provning – insats, forts

- Kraven på oförstörande provning har härletts utifrån verifierade beräkningar av kapselns mekaniska integritet.
  - För BWR-insatsen har kraven härlett utifrån R-10-11 för isostatlastfallet respektive TR-10-29 för skjuvlastfallet.
  - För PWR-insatsen har kraven härletts utifrån SKBdoc 1288288 ver 2.0 för både isostatlastfallet och skjuvlastfallet.
- Kraven för skjuvlast har härletts ur skjuvning vid 75%-läget längs insatsen i axiell led.
- Det är samma krav i axiell ledd men att insatsen utsätts för lägre påkänningar i ändarna, vilket kan leda till differentierade krav
- Kraven varierar över tvärsnittet på insatserna. Därför har tvärsnitten delats in i olika zoner i TR-10-28 för BWR och PWR.

# Krav oförstörande provning – insats, forts

- Isostatlastfallet respektive skjuvlastfallet ger olika krav.
  - I isostatlastfallet är axiella sprickor kritiska för insatsens mekaniska integritet.
  - I skjuvlastfallet är det däremot de sprickor som ligger tvärs den axiella dragspänningen som är styrande för insatsens mekaniska integritet.
- Olika defekter har identifierats och dess mekaniska egenskaper har använts för att härleda acceptanskriterier för respektive defekt.
- En defekt i insatsen kan anses vara sprickliknande eller en volymetrisk defekt med avseende på kapselns mekaniska integritet.
- Varmsprickor och dross(slagg) anses sprickliknande, övriga defekter anses volymetriska.

# Zonindelning av BWR- och PWR-insats



Zonindelning enligt figur 6-1 i Raiko et al.( 2010).

# Acceptanskriterier sprickliknande defekter-BWR

- Kraven varierar från de olika zonerna, men det finns också särskilda krav för avståndet 0-2 mm från ytan, dessa anses vara ytdefekter.
- På djup större än 2 mm anses defekterna vara inre defekter.

**Tabell 6-3. Acceptanskriterier för sprickliknande defekter i axiell- och omkretsled, BWR insatser**

(Zonindelning enligt figur 6-1)

Defekt	Riskområde					Riktning	Acceptanskriterier halvelliptisk form djup/längd mm <sup>1)</sup>					
	A	B1	B2	C	D		A 0-2 mm från ytan	A >2 mm från ytan	B1	B2	C	D
<u>Dross</u> (slagg)	x	x	x	x	x	Axiell	37	37	65	50	24	32
							222	222	393	300	144	196
Varm- spricka <sup>1)</sup>					x	Axiell	37	37	65	50	24	32
							222	222	393	300	144	196
							Acceptanskriterier elliptisk form djup/längd (mm) <sup>1)</sup>					
<u>Dross</u> (slagg)	x	x	x	x	x	Omkrets- led	4,5 <sup>2)</sup>	>10	>10	>10	>10	>10
							27	>60	>60	>60	>60	>60
							Acceptanskriterier cirkelformad defekt djup/längd (mm)					
							8,2 <sup>3)</sup>	>10	>10	>10	>10	>10
							16,4	>10	>10	>10	>10	>10

# Acceptanskriterier sprickliknande defekter-PWR

- Kraven varierar från de olika zonerna, men det finns också särskilda krav för avståndet 0-2 mm från ytan, dessa anses vara ytdefekter.
- På djup större än 2 mm anses defekterna vara inre defekter.

**Tabell 6-4. Acceptanskriterier för sprickliknande defekter i axiell- och omkretsled, PWR insatser**

(Zonindelning enligt figur 6-1)

Defekt	Riskområde				Riktning	Acceptanskriterier halvelliptisk form djup/längd (mm) <sup>1)</sup>				
	A	B	C	D		A 0-2 mm från ytan	A >2 mm från ytan	B	C	D
<u>Dross</u> (slagg)	x	x	x	x	Axiell	53 318	53 318	112 672	104 624	31 186
Varm- spricka <sup>1)</sup>				x	Axiell	53 318	53 318	112 672	104 624	31 186
						Acceptanskriterier elliptisk form djup/längd (mm) <sup>1)</sup>				
<u>Dross</u> (slagg)	x	x	x	x	<u>Omkrets- led</u>	4,1 <sup>2)</sup>	>10	>10	Beräkningar saknas	>10
						24,6	>60	>60		>60
						Acceptanskriterier cirkelformad defekt djup/längd (mm)				
						7,5 <sup>3)</sup>	>10	>10 <sup>4)</sup>	Beräkningar saknas	>10
						15	>10	>10 <sup>4)</sup>		>10

1) Djup/längd = 1/6

2) Halvelliptisk ytdefekt, djup/längd = 1/6

3) Halvcirkulär ytdefekt

4) I den inre delen i denna zon är den acceptabla storleken >20 mm.



# Acceptanskriterier volymetriska defekter-BWR & PWR

- Kraven varierar från de olika zonerna, där det verifierats för isostatlastfallet. Volymetriska defekter har även påverkan på skjuvlastfallet. Fullständig verifiering av kraven för skjuvlastfallet har inte gjorts ännu.

**Tabell 6-1. Acceptanskriterier för volymetriska tillverkningsdefekter, BWR insatser.**

(Zonindelning enligt figur 6-1)

Defekt	Riskområde					Acceptanskriterier diameter (mm)				
	A	B1	B2	C	D	A	B1	B2	C	D
Inre sugning		x				40	60 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)</sup>	20
Område med sugningsporer	x	x	x	x	x					
Kärnstödsblåsa		x	x	x	x					
Gasblåsor	x	x	x	x	x					

<sup>1)</sup> Kravet endast verifierat för isostatiska laster

**Tabell 6-2. Acceptanskriterier för volymetriska tillverkningsdefekter, PWR insatser.**

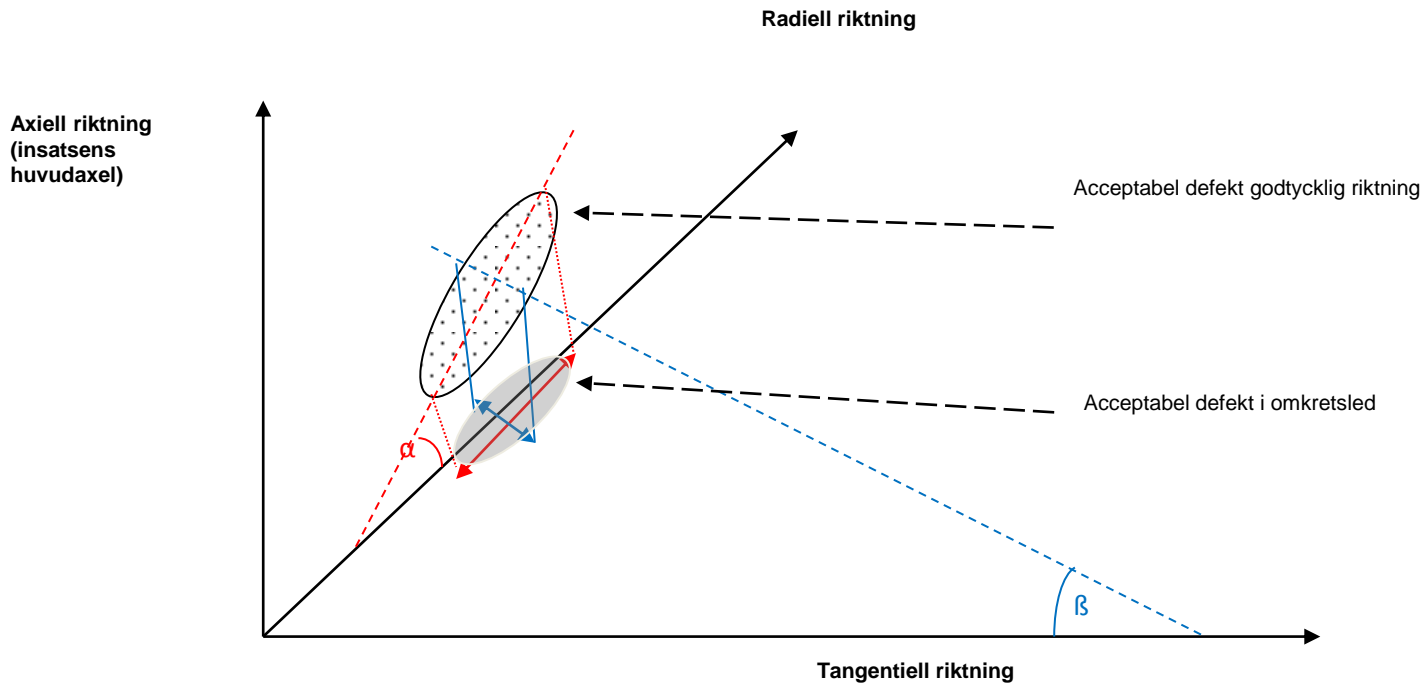
(Zonindelning enligt figur 6-1)

Defekt	Riskområde				Acceptanskriterier diameter (mm)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Inre sugning		x			80	100 <sup>1)</sup>	100 <sup>1)</sup>	20
Område med sugningsporer	x	x	x	x				
Kärnstödsblåsa		x	x	x				
Gasblåsor	x	x	x	x				

<sup>1)</sup> Kravet endast verifierat för isostatiska laster

# Acceptanskriterier för sprickliknande defekter med godtycklig riktning

Lutningen mot omkretsplanet hos sprickliknande defekter påverkar den acceptabla defektstorleken.



# Plan för kommande arbete - Insats

- Fördjupa beskrivning av defekter, ex slag är inte "plana sprickor". Detta innebär undersökning av en större mängd verkliga defekter ur en population av "gamla" insatser
- Det återstår även att visa på de olika defekternas mekaniska egenskaper, kan de betraktas som sprickliknande eller ej med avseende på kapselns mekaniska integritet?
  - Defekternas brottmekaniska karakteristik bör verifieras med lämplig mekanisk provning av segjärn.
- Kompletterande beräkningar för att uppdatera acceptanskriterier för de inre delarna av insatsen för sprickliknande defekter.
- Arbete pågår med att genomföra globalsimuleringar för BWR, modellerna innehåller minskat kantavstånd och stagplåtar. Klart sommar 2014.
  - Skadetålighetsanalyser planeras både för BWR och PWR med minskat kantavstånd och stagplåtar för skjuvlastfallet och isostatlastfallet. Klart oktober 2014.
  - Eventuellt påverkas acceptabla defektstorlekar vilket påverkar kraven för OFP.
- Kanalrören, stagplåtarna och andra ingjutna ståldetaljer samt stållocket planeras köpas in med certifikat.
- Utredda vilka provningsbegränsningar som kan tillåtas (områden mellan stagplåtar samt i anslutning till kassett)
- Översyn av kravbild för kassetts svetsar
- Fastställa med vilken konfidens som OFP ska detektera acceptabel defektstorlek



# Krav oförstörande provning – koppar

## **Krav på detektering**

Övergripande är ett krav vid inspektion att defekter med ca halva den acceptabla defektstorleken ska kunna detekteras.

## **Krav på lägesbestämning**

Med lägesbestämning avses en lokalisering av defekter i komponenten.

## **Krav på karakterisering**

Som en följd av att kopparen inte visat sig vara känslig för spricktillväxt ur ett brottmekaniskt perspektiv enligt Raiko et al. (2010) finns inget motiv till att karakterisera defekter.

## **Krav på storleksbestämning**

Med storleksbestämning avses att fastställa defektens storlek med syfte att säkerställa korrosionsbarriärens tjocklek i den färdiga kapseln.

# Krav oförstörande provning – koppar, forts.

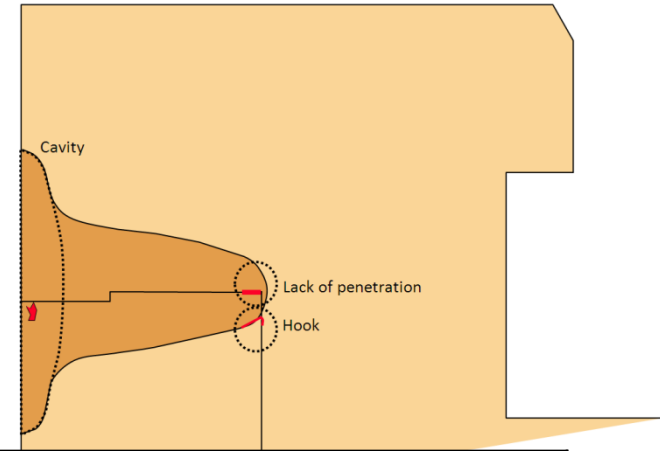
- Koppardetaljerna tillverkas genom gjutning, varmformning och maskinbearbetning. Det medför att inspektion kan ske vid flera olika tillfällen under tillverkningens steg.
- Principen är att provningen kan göras när den är mest fördelaktigt ur provningssynpunkt och att provningen syftar till att säkerställa att kvaliteten från föregående processteg.
- Provning vid tillverkning av kopparrör planeras enligt följande:
  - Koppargöt, ytdefekter
  - Blocker, ytdefekter och inre defekter
  - Kopparrör, ytdefekter och inre defekter
- Provning vid tillverkning av kopparlock planeras enligt följande:
  - Koppargöt, ytdefekter
  - Kopparlock, ytdefekter och inre defekter
- Acceptanskriterierna har härletts ur simuleringar av extrusionsprocessen respektive smidesprocessen samt tillåten lokal reduktion av koppartjockleken enligt tabell 7-3 i TR-10-14.
- Alla defekter utom exogena slaggar, är ytdefekter

# Plan för kommande arbete – Koppar

- Kravbild behöver förtydligas med krav på utbredning på ytan för defekter
- Tydliggöra kravbild med avseende på karakteristik på ytdefekter (ex oxiderade)
- Fastställa med vilken konfidens som OFP ska detektera kravbildens defektstorlekar

# Krav oförstörande provning – FSW

- Beskrivning av defekter som OFP ska detektera
  - Kavitet
  - Foglinjeböjning
  - Kvarvarande fog



Defekt	Nominell position färdigbearbetad kapsel [mm]			Beskrivning	
	Axiell (från lockets ovansida)	Radiell (från yttre mantelytan)	Omkretsledd	Orientering	Form
Kavitet	60-80	0-20	Slumpmässig	Slumpmässig	Oregelbunden
Foglinjeböjning	60-75	40-50	Slumpmässig	20°±5° från horisontella planet	Följer nedre svetskonturen
Kvarvarande fog	60	40-50	Slumpmässig	Horisontell (när större än 1 mm)	Plan

- Krav på detektering och storleksbestämning av defekter vid OFP

Defekt	Krav på detektering, radiell utbredning <sup>1)</sup>	Krav på storleksbestämning för att säkerställa radiell utbredning <sup>2)</sup>	Krav på axiell lägebestämning	Krav på bestämning i omkretsledd
Kavitet	≥5 mm	< 5 mm	N/A	N/A
Foglinjeböjning	≥5 mm	< 5 mm	N/A	N/A
Kvarvarande fog	≥5 mm	< 5 mm	N/A	N/A

<sup>1)</sup> Innebär att alla defekter större än eller lika med 5 mm radiell utbredning ska detekteras.

<sup>2)</sup> Innebär att storleksbestämningen ska säkerställa att ingen defekt överskrider 5 mm radiell utbredning.

# Provbarhet - oförstörande provning

- Rapport "Non-destructive testing of canister components and welds"
  - Redovisning av status för utveckling av OFP
  - Samlad redovisning av provningsstrategi, utveckling av OFP-teknik kopplad till resp komponent, tillförlitlighet, kvalificering och resonemang avseende provbarhet
  - Granskning pågår och rapporten beräknas färdig i september





# Provbarhet - oförstörande provning, exempel

- Utdrag ur granskningsversion av OFP-rapporten
  - The normal incidence ultrasonic technique (UT31) can be used for to determine the edge distance. However, it still remains to determine the accuracy of the applied technique.
  - Volumetric defects (e.g. blowholes) in the volume outside the cassette can be assessed to be detected by high reliability. The assessment is based on the POD-calculations presented in section 7.1.1 where the UT31 technique shows  $a_{90/95}$  values for side-drilled holes smaller than 1 mm and that the acceptance criteria allow defects in the centimetre scale.

# OFP - Kvalificeringsprocessen

- PAKT- dokumenten
  - Kärnkraftverkens tolkning av kraven i SSMFS 2008:13
  - PAKT - dokumenten är ej granskade eller godkända av SSM
  - PBM1 + PBM2 kan dock ge ett bidrag till SKB:s egen kvalificeringsmetodik
- SSMFS 2008:13 äger inte tillämpning för kapseltillverkningen



# OFP - Kvalificeringsprocessen

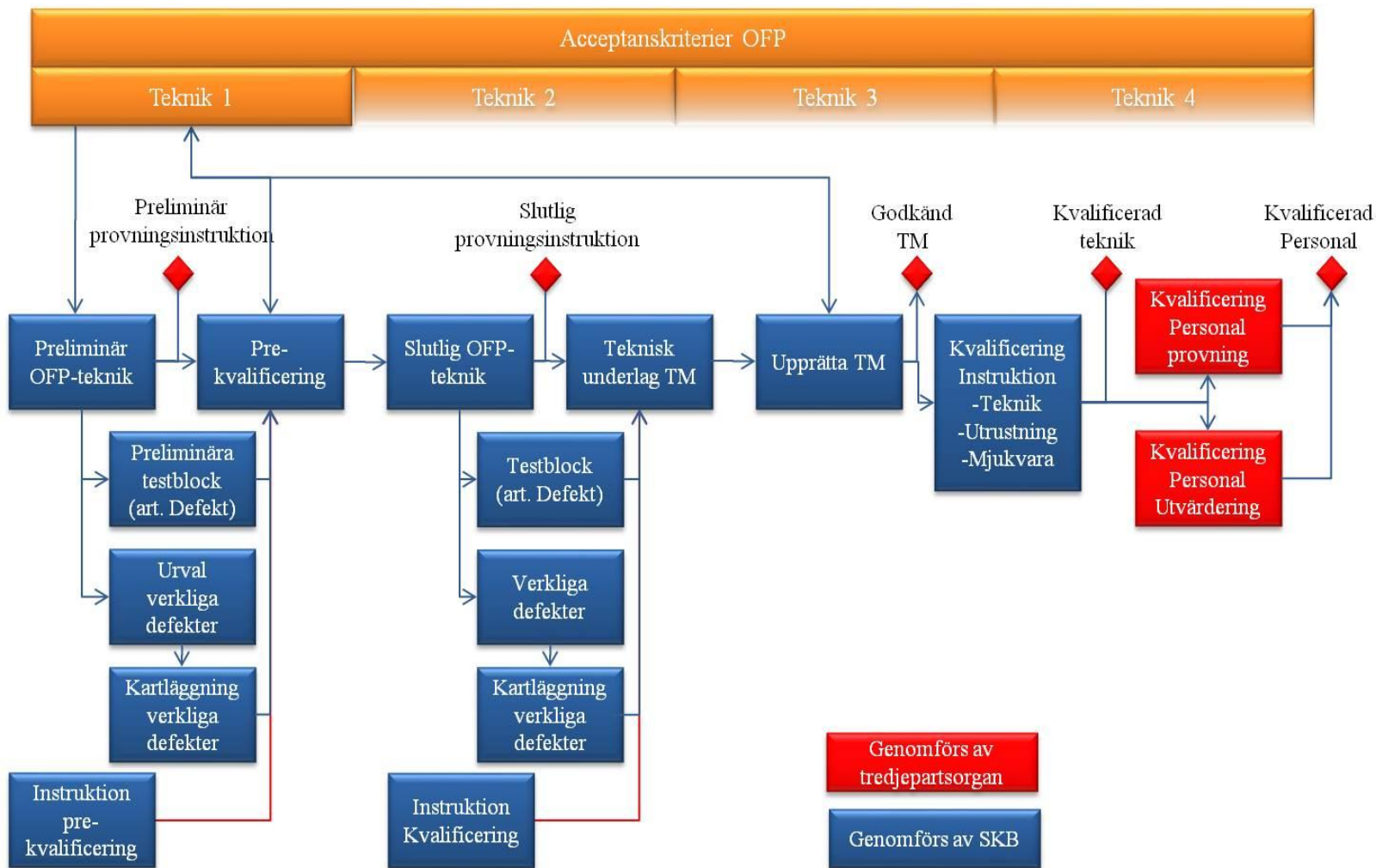
- Provning i olika skeden av tillverkningsprocessen:
  - Hos leverantör, t ex av segjärnsinsatsen
  - Av utgångsmaterial såsom koppargöt
  - Kapsel fabriken
    - I ”pre-machined” utförande, t ex insats och kopparlock
    - Som färdiga komponenter, huvudsakligen ytprovning
  - Inkapslingsanläggningen
    - Provning av förslutningssvetsen



# OFP - Kvalificeringsprocessen

- Aktörer vid kvalificering av provningssystem (differentiering):
  - SKB ansvarar för kvalificeringen
  - Kvalificeringen är i varierande grad ”övervakad och bedömd” av ett tredjepartsorgan

# OFP - Kvalificeringsprocessen



# OFP - Kvalificeringsprocessen

- Detektera, karakterisera och storleksbestämma - Varför?
  - Detektera: Krav att detektera angivna defekter av angiven storlek/omfattning
  - Karakterisera: Diskriminera signalsvar från olika defekttyper med olika kravbild för selektiv resultathantering
  - Storleksbestämma: Normalt endast avgöra relationen till kravdimension dvs större eller mindre än

# OFP - Kvalificeringsprocessen

- Kvalificeringsdefekter för bedömning av provningssystemets förmåga
  - Artificiella defekter FBH, SDH
  - Verklighetstroga defekter
- Korrelation mellan defekt och signalsvar baserat på
  - På förhand väldefinierade defekter
  - Efterhandsanalys av defekt genom t ex metallografi och datortomografi
- Simuleringar
  - För att underbygga tekniska motiveringen med avseende på exempelvis olika defekt- resp provningsparametrar