

# Rodscanning

Kvalitetskontroll på färdiga bränslestavar

Erik Angland

*Radiation Physicist*

*Quality Measurements*

# Innehåll

- Vad är Rodscanning/Rodscanner?
- Bakgrund
- Krav
- Rodscanner – flera mätutrustningar
- Exempel på defekter

# Rodscanner

- Rod scanning är en in-line oförstörande provningsmetod på **bränslestavar** som tillverkas av Westinghouse Electric Sweden AB.

Den primära funktionen av skannersystemet är att avgöra huruvida tillverkade bränslestavar möter våra konstruktionsspecifikationer.

# Rodscanner

- Udda fågel
- Finns i bränslefabriker runt om i världen
- ~30 stycken
- Ingen är den andra lik
- Historiskt byggda av ”glada ingenjörer”

# Rodscanner

- Westinghouse har inkluderat rodscanning i OFP familjen.
- Vi försöker att kvalificera vår personal genom att följa de konventionella OPF metodernas sätt.
- Uppskattat av våra kunder, känner igen sig.

# Bakgrund - bränslestavar

- Vi levererar stavar fyllda med uran efter våra kunders beställningar. Skiljer sig i anrikning, längder, zonuppbyggnad mm.



# Bränslestavar

- Bränslestaven byggs upp av:
  - Rör i Zirkoniumlegering
  - Bottenplugg (svetsas fast)
  - Urankutsar (ibland med gadolinium)
  - Fjäder
  - Topplug (svetsas fast)



# Bränslestavar

- Dimensioner
  - Rören
    - 3-4,5 m långa
    - 9-11 mm i diameter
  - Kutsar
    - ~10 mm långa
    - 7,5-9,5 mm i diameter
  - Färdig bränslestav
    - 300-450 stycken kutsar
    - 2 - 2,5 kg

# Rodscanner – Krav (interna)

- Används för att kontrollera:
  - Rätt anrikning i zoner
  - Rätt Gadoliniumhalt i zoner
  - Avvikande enskilda kutsar
  - Att det finns en fjäder i staven
  - Mellanrum mellan kutsar
  - Längder
    - Stav
    - Zon
    - Kutspelare
    - Fjäder
    - Pluggar



# Rodscanner - Krav

- Krav:

- Rätt anrikning i zoner  $\pm 4\%$
- Rätt Gadoliniumhalt i zoner  $\pm 0.5$  abs.
- Avvikande enskilda kutsar  $\pm 10\%$ 
  - Avv. i anrikning
  - Avv. i Gadoliniumhalt
- Förekomst av fjäder i staven Ja/Nej
- Mellanrum mellan kutsar
  - Enskilda mellanrum 1 mm
  - Summan 3 mm
- Längder Inga krav (upplösning på ~2 mm)
  - Stav
  - Zon
  - Kutspelare
  - Fjäder
  - Pluggar

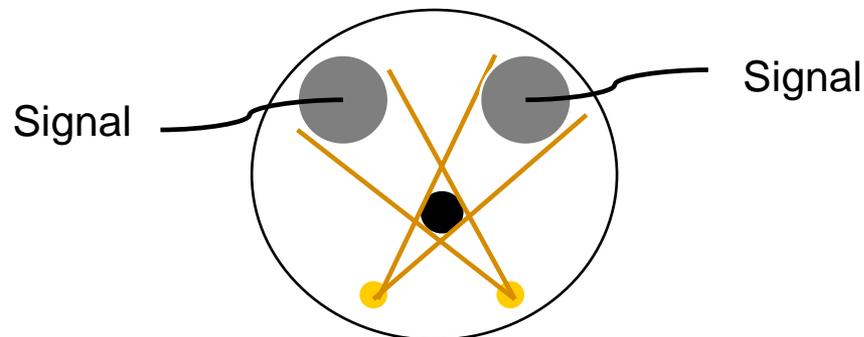
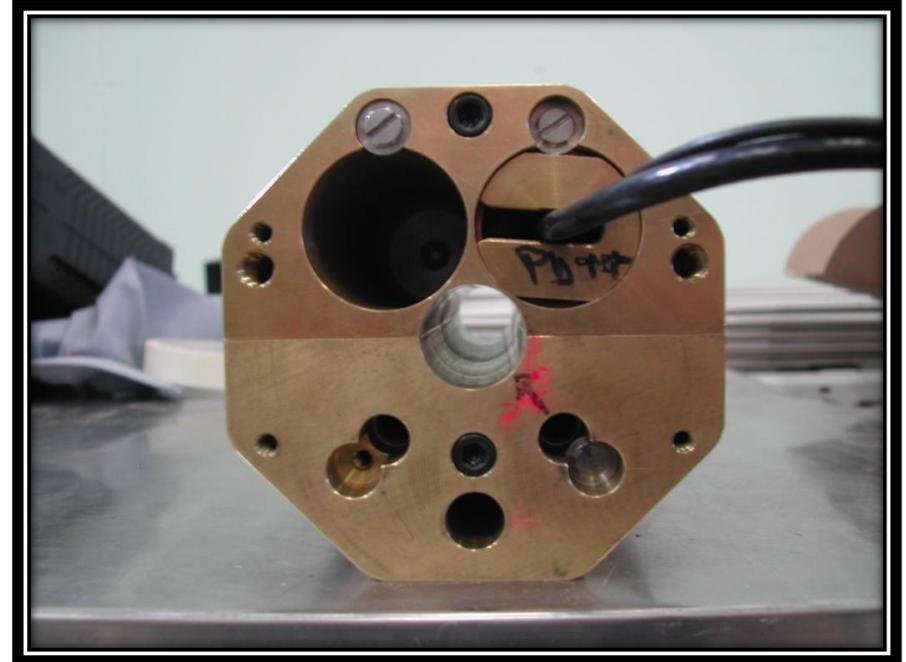
# Rodscanner

- Hur kontrollerar vi detta?
- Aktiv rodscanner
  - Densitometer
  - Gammadetektorer
  - Neutrondetektorer
- Passiv rodscanner
  - Densitometer
  - Gammadetektorer
  - Gadoliniumdetektor



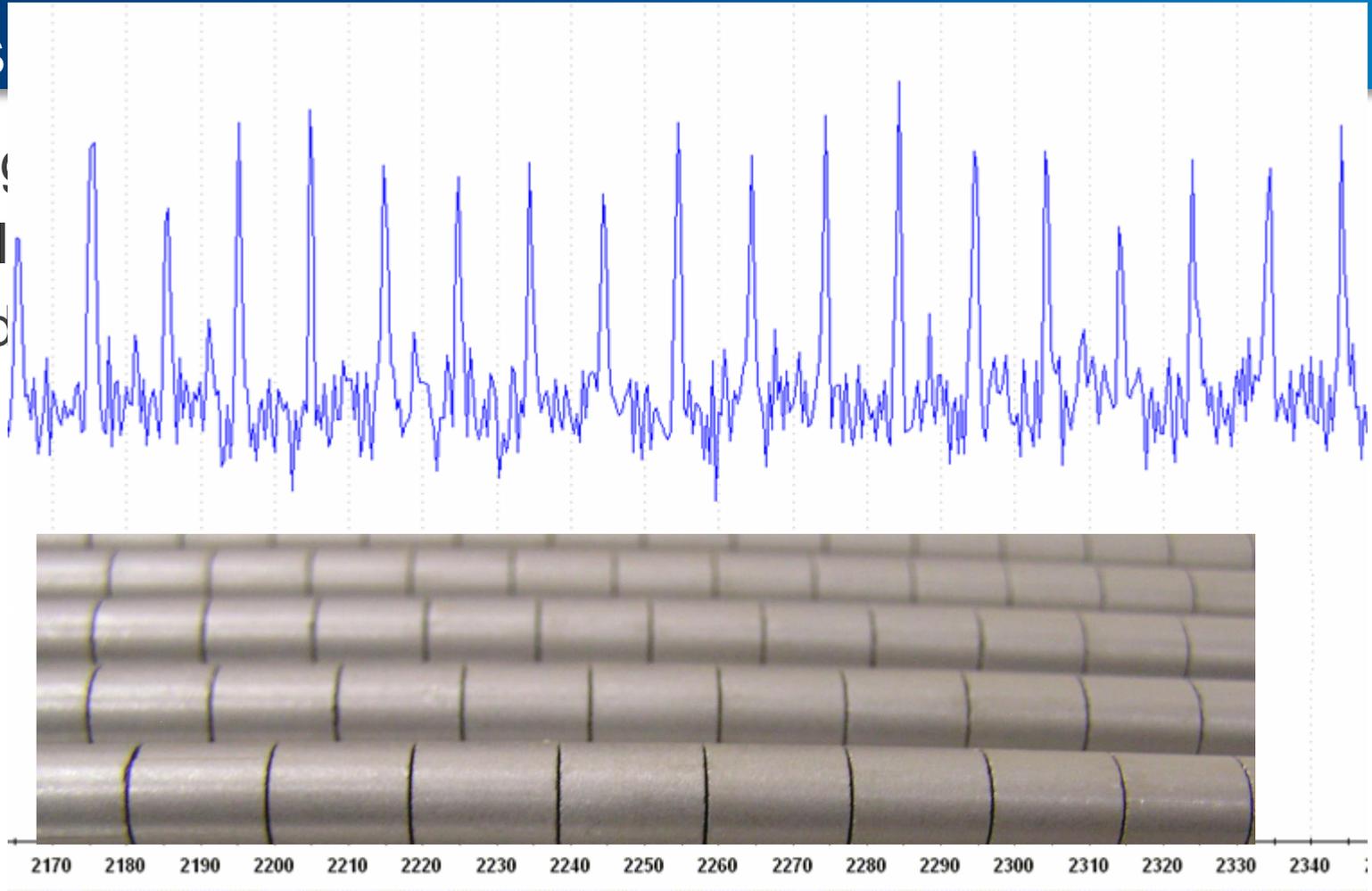
# Densitometer

- Cesiumkälla
- Scintillationskristall
- PM rör



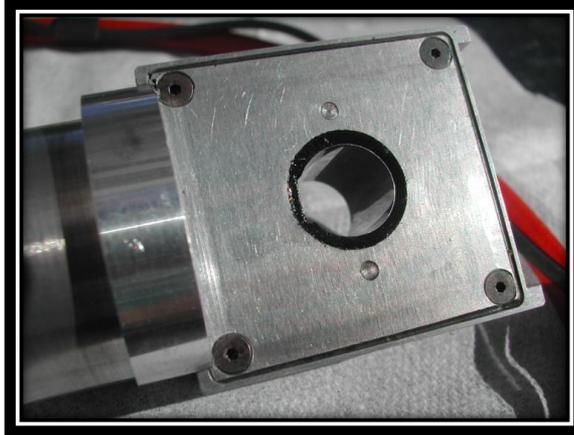
# Dens

- Läng
- Mell
- Fjädr



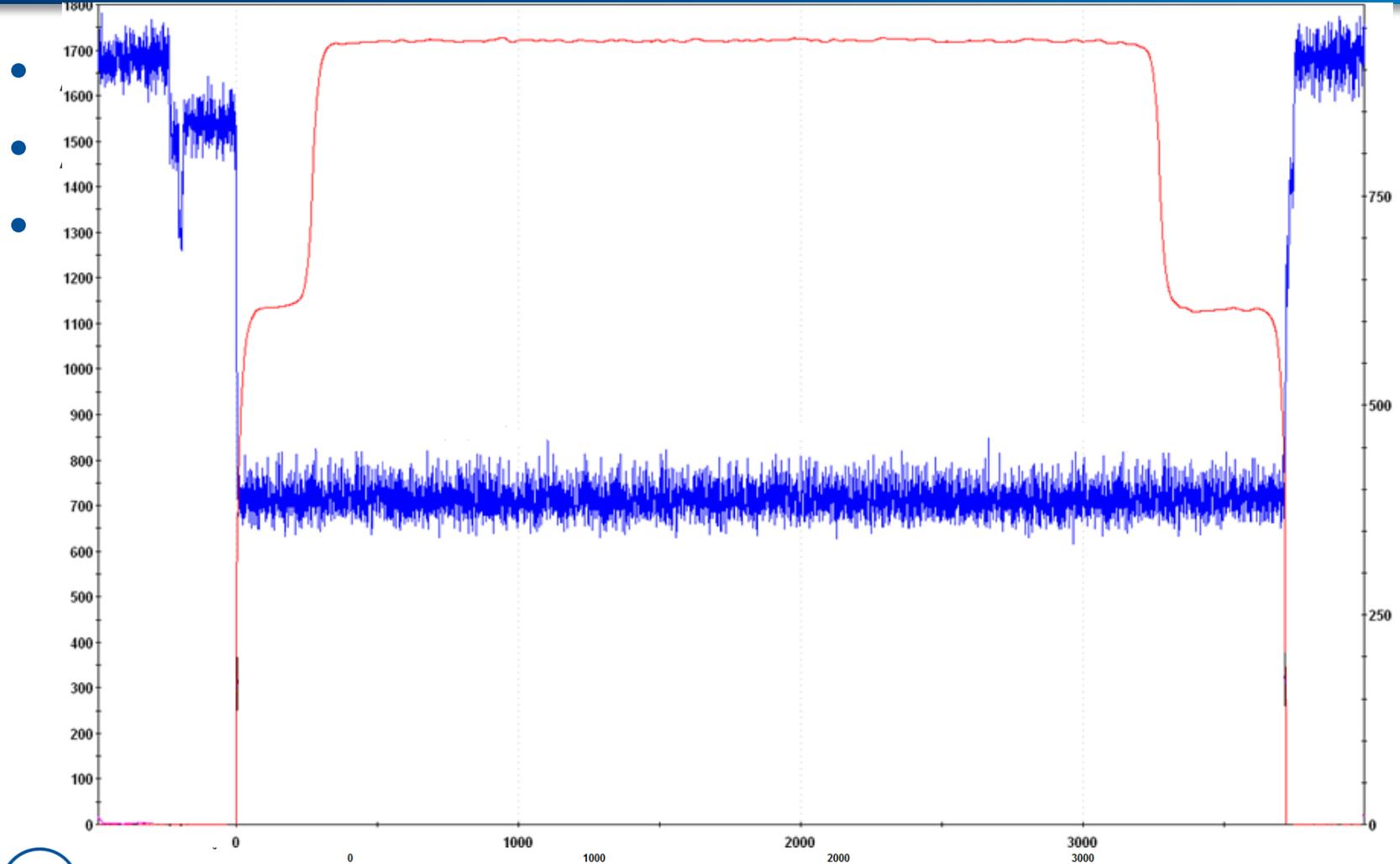
# Gammadetektorn

- Scintillationskristaller
- PM rör



- Aktiv rodscanner (A)
  - Aktiverar bränslet
  - 8 st gammadetektorer
  - 12 meter/min
- Passiv rodscanner (P)
  - Aktiverar EJ bränslet
  - 80 st gammadetektorer
  - 2 meter/min

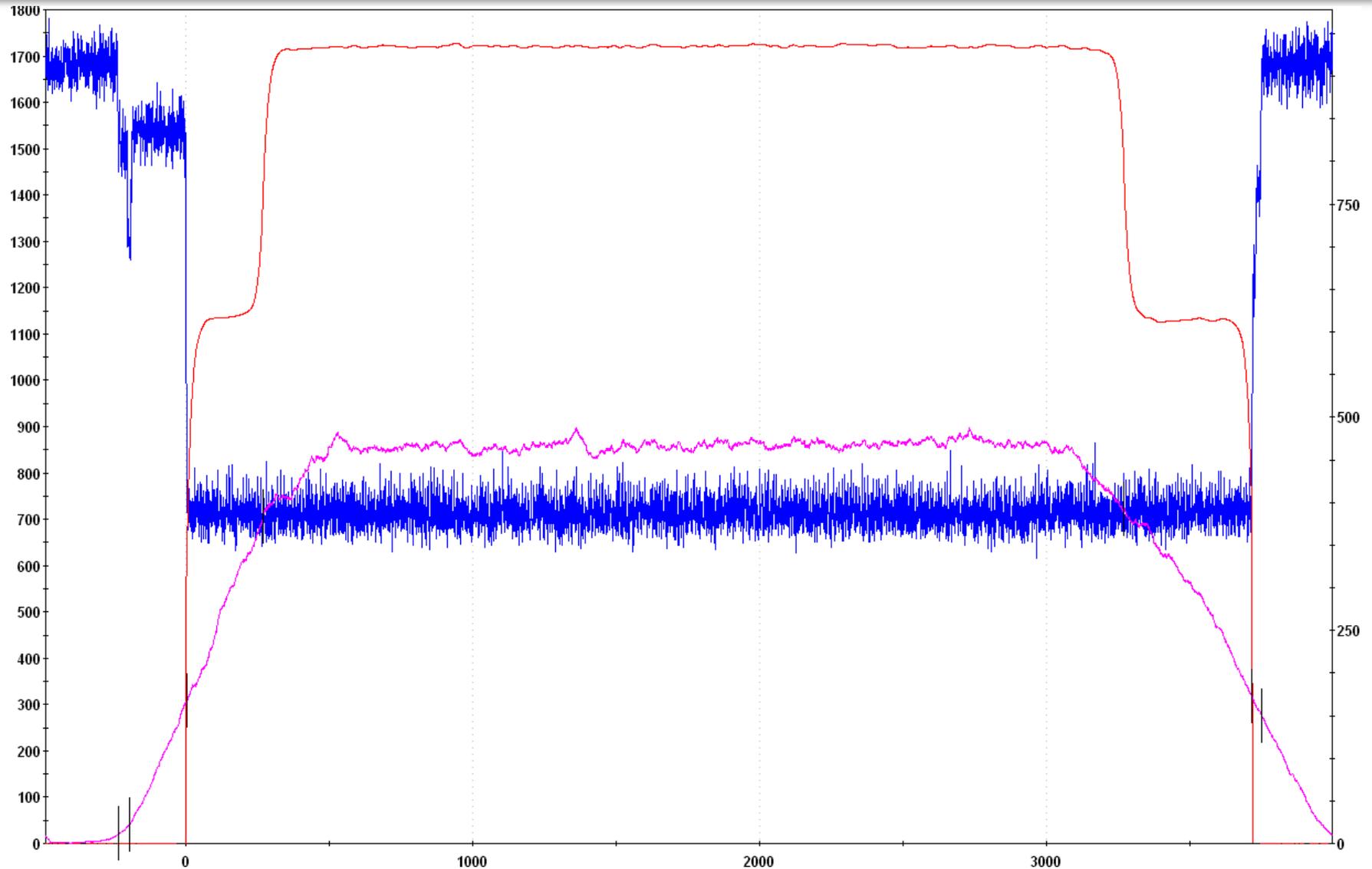
# Gammadetektorn



# Aktiv Rodscanner

- Aktiv - för att vi aktiverar bränslet med hjälp av neutroner, vi klyver U-235 atomer.
- Neutroner får vi genom att ha en Cf-252 källa ( $T_{1/2}$  på 2,6 år), mycket dyr, 300\$/ $\mu\text{g}$ , vi behöver ca 1 mg vartannat år.
- Vi modererar neutronerna så de kan växelverka med U-235
- Klyvningsprodukterna emitterar alla strålslag, vi mäter fotoner (gammadetektorer) och neutroner (neutrondetektorer).

# Neutrondetektorer

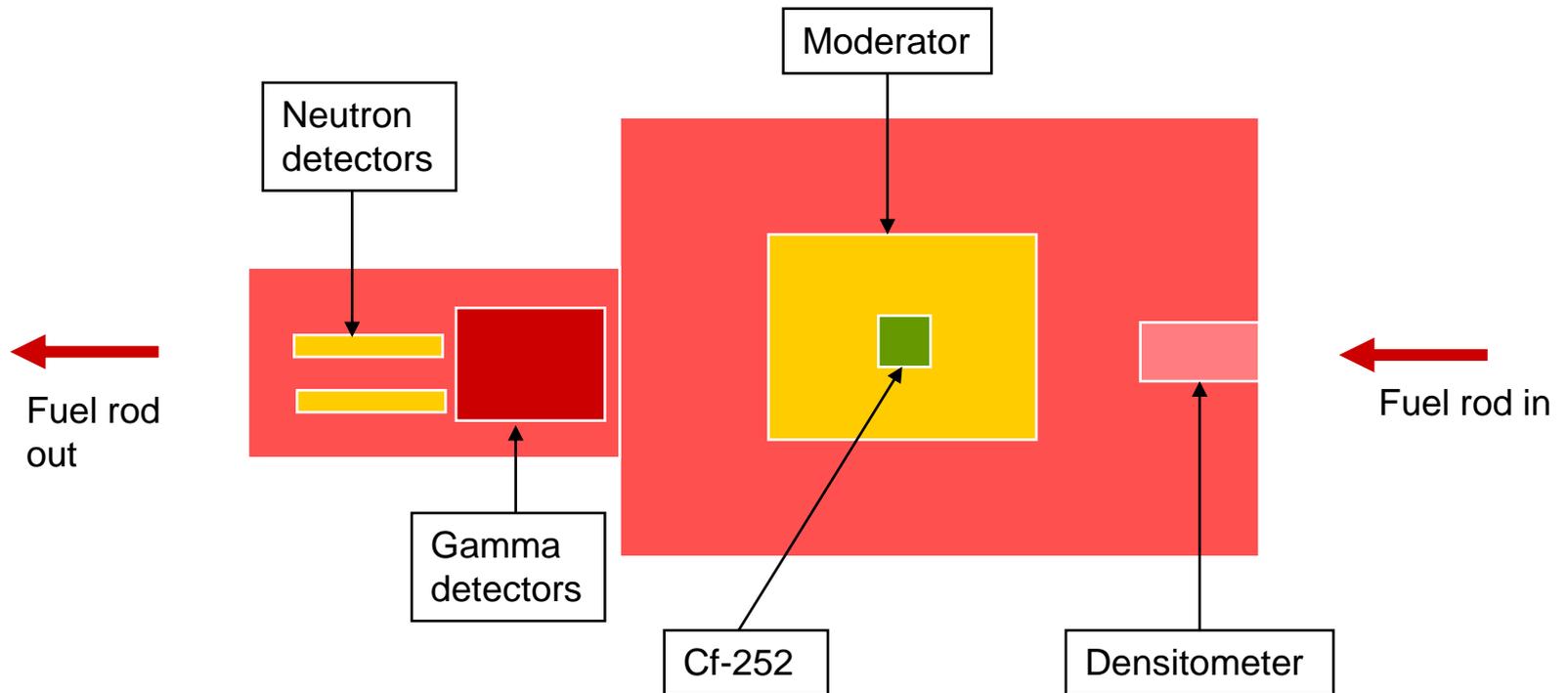


# Neutrondetektorer

- Anrikningsbestämning

Signalen är proportionell mot mängden klyvbart material i zonen.

# Aktiv rodscanner



# Aktiv rodscanner



# Passiv rodscanner

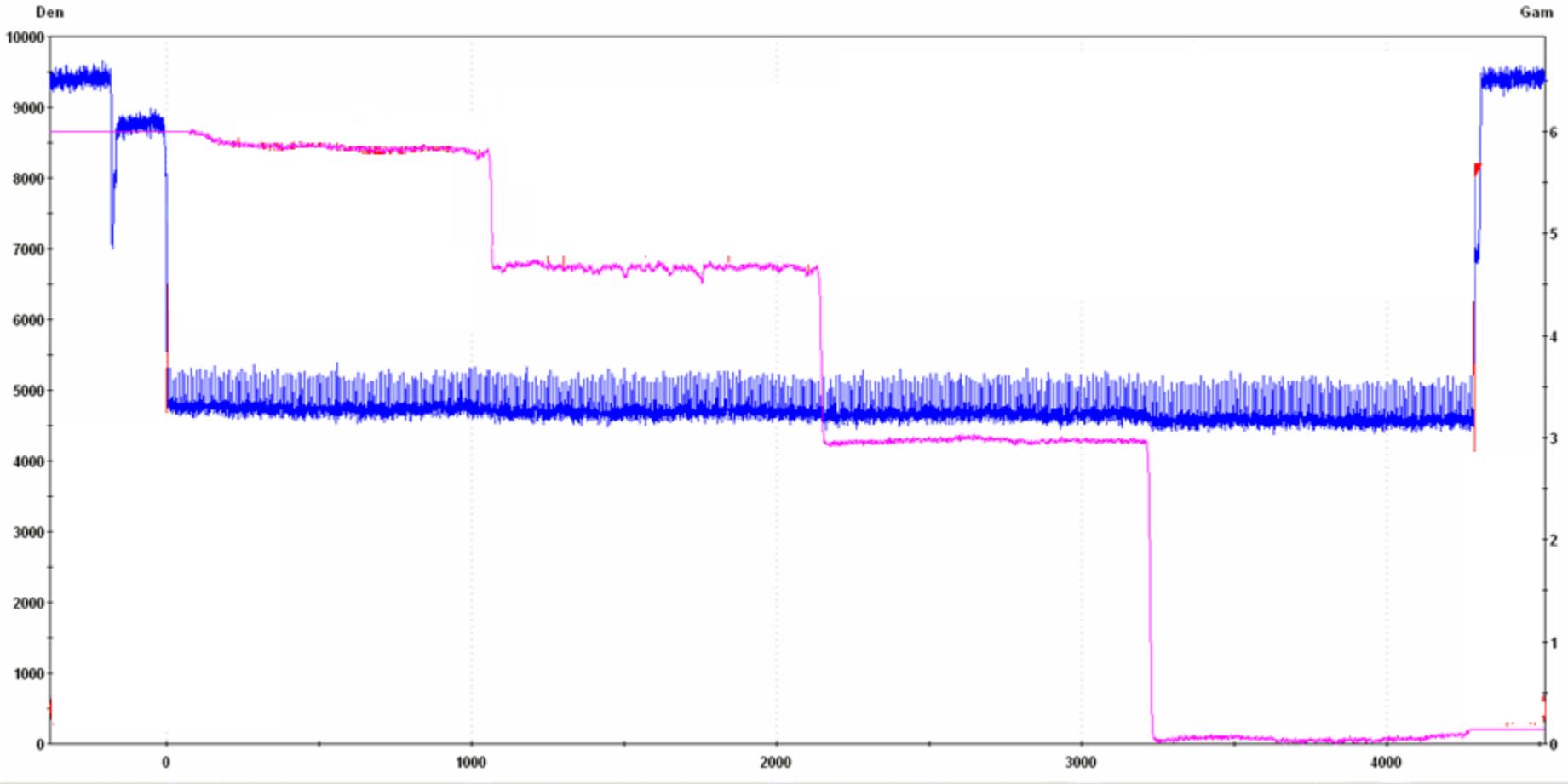
- Vi blandar i Gadolinium (Gd) i våra kutsar. Sänker effekten i reaktorn pga att Gd är en neutronabsorbator.
- Gd förbränns i reaktorn.
- Med tiden ökar effekten från staven och när all Gd förbränts ger staven full effekt.
- Vi måste kontrollera att vi har rätt mängd Gd i kutsarna.
- Detta använder vi bla passiva skannern till.

# Passiv rodscanner

- Använder oss av ett Eddy current instrument med tillhörande spolar.
- Mäter alltså i kutsarna inuti staven. Låg frekvens.
- Gd halten är linjär mot signalen.

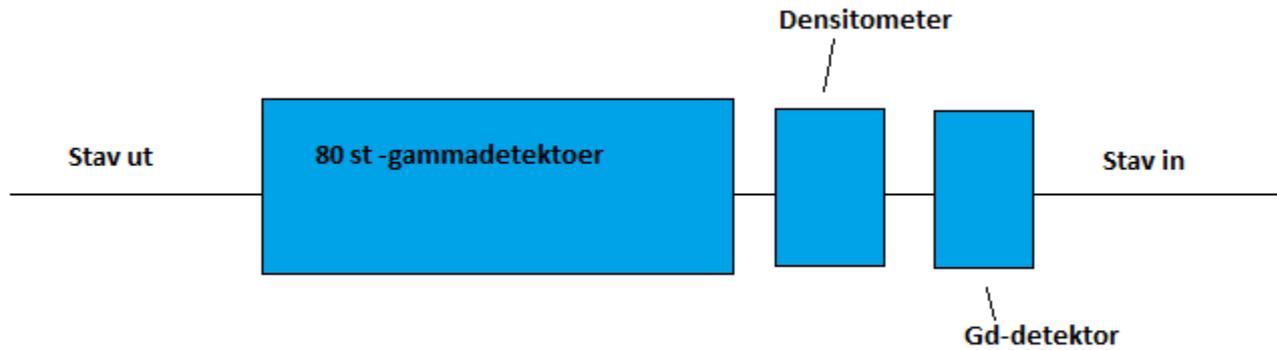


# Passiv rodscanner





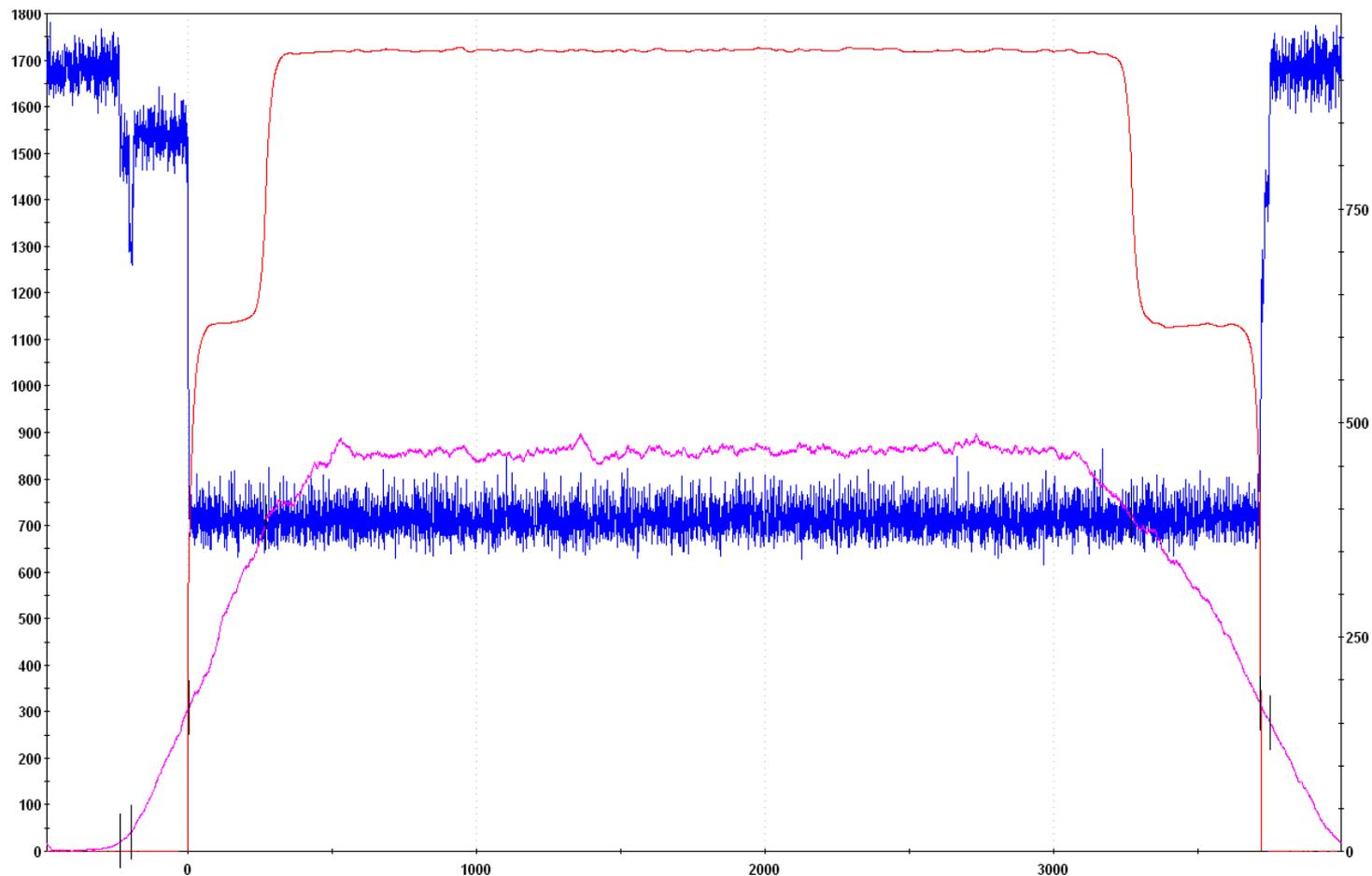
# Passiv rodscanner



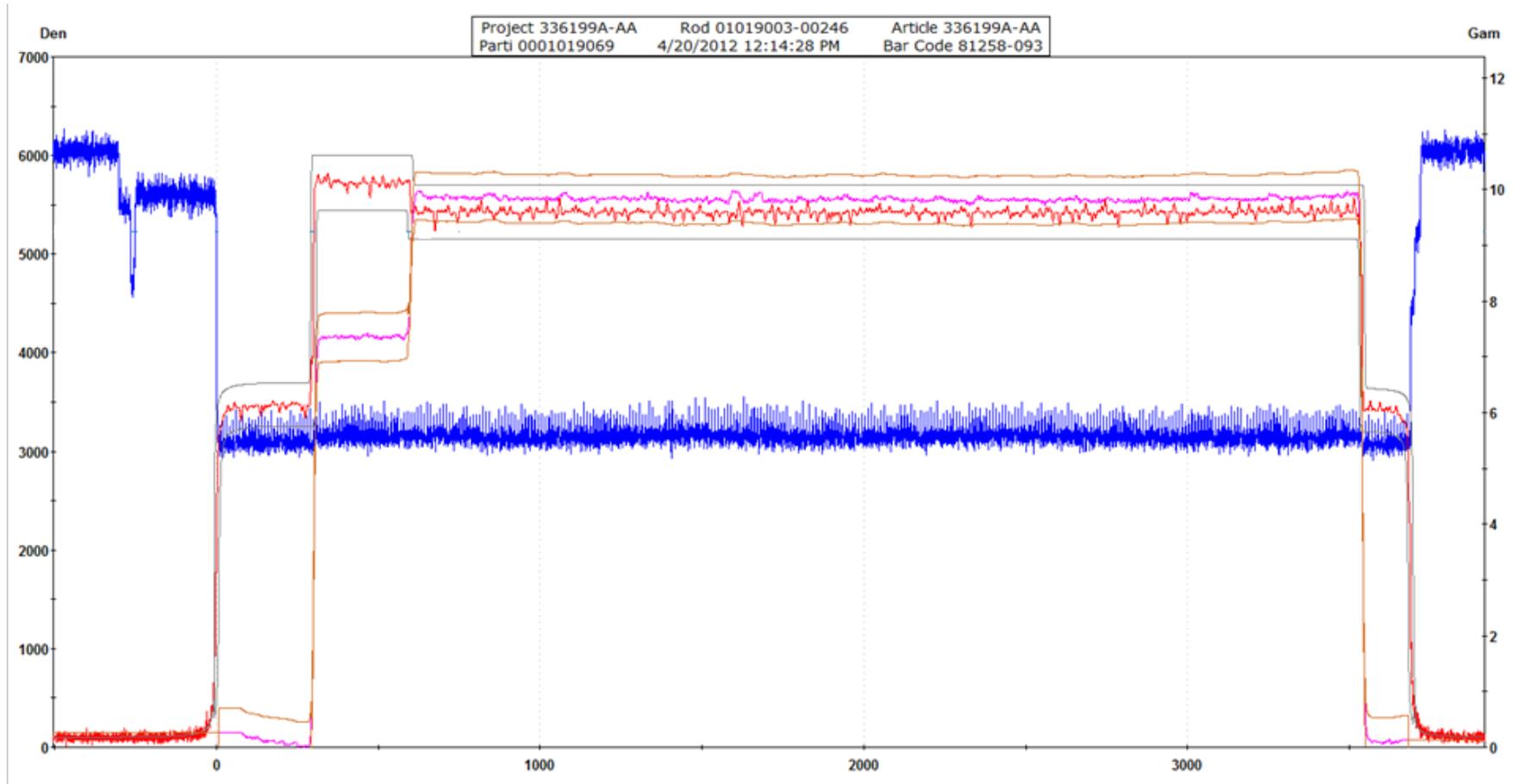
# Passiv rodscanner



# Exempel - Normal stav i Aktiv skanner



# Exempel - Normal stav i Passiv skanner



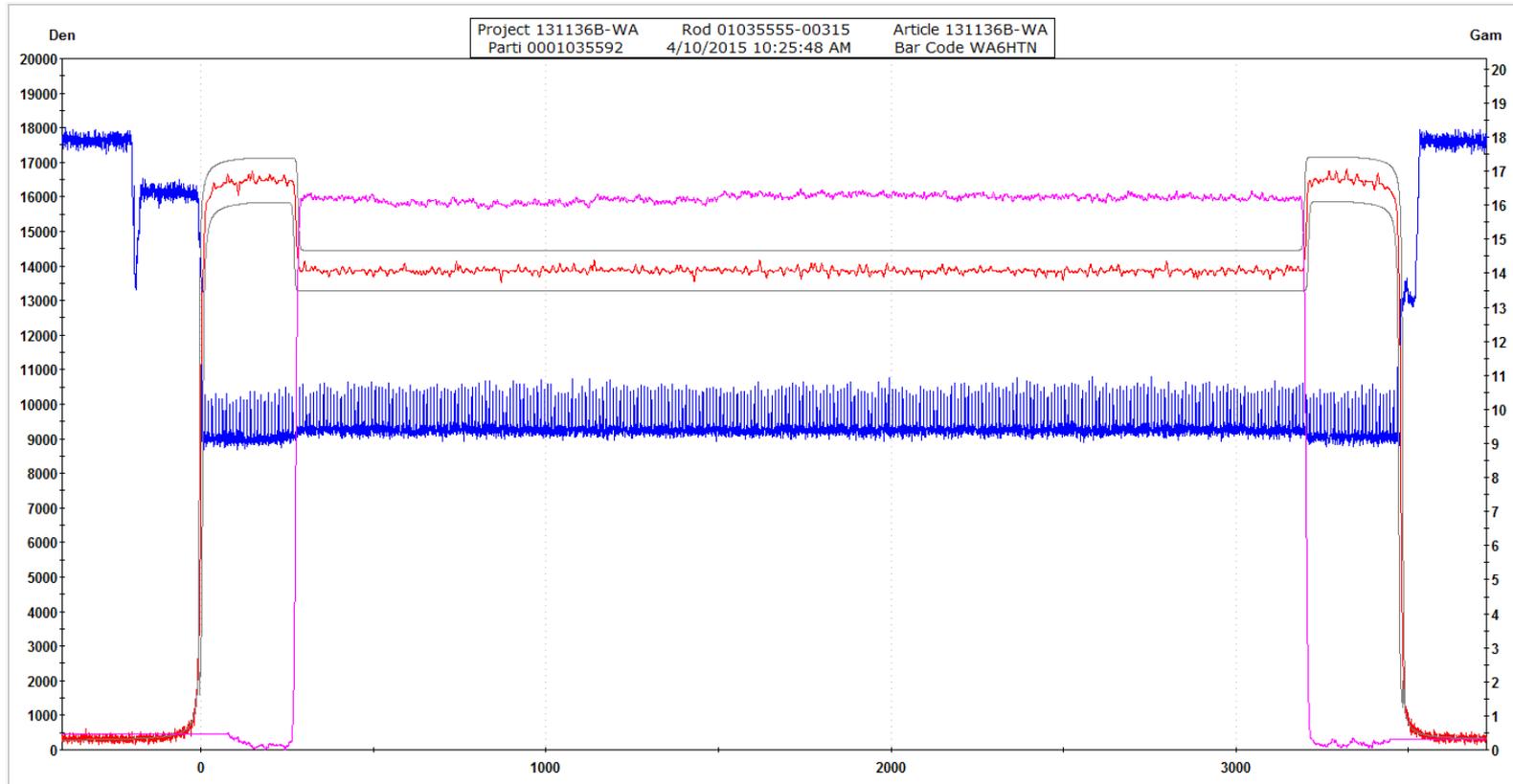
# Exempel- Samma stav Passiv/Aktiv

Effekter av Gd i stavarna

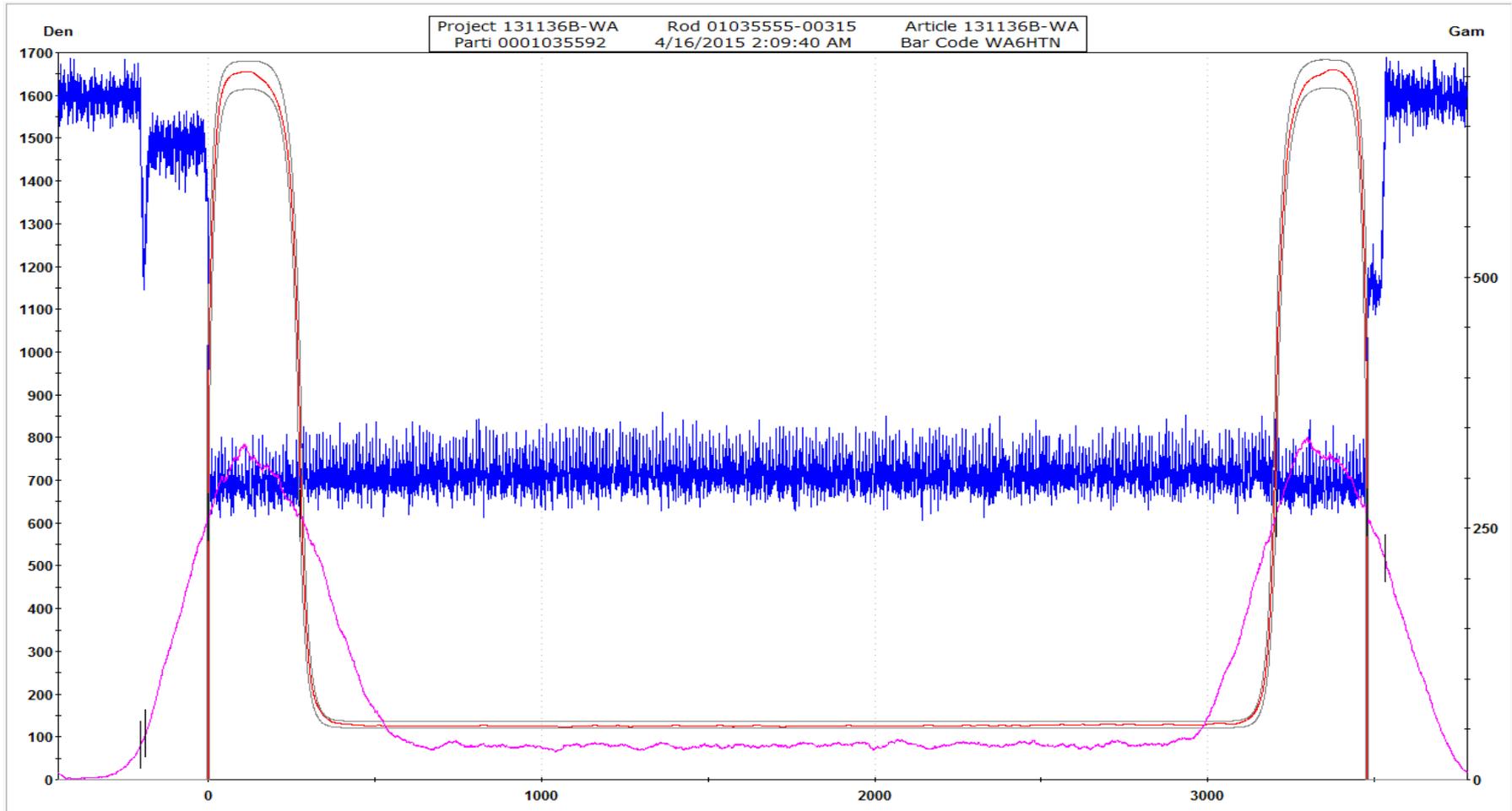
Gd, neutronabsorbator i härden.

Gäller självklart även i Aktiva skannern, Cf källans neutroner absorberas i bränslet → mycket låg signal.

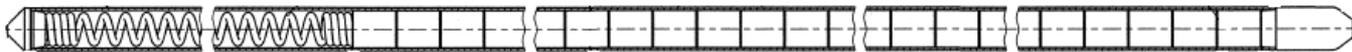
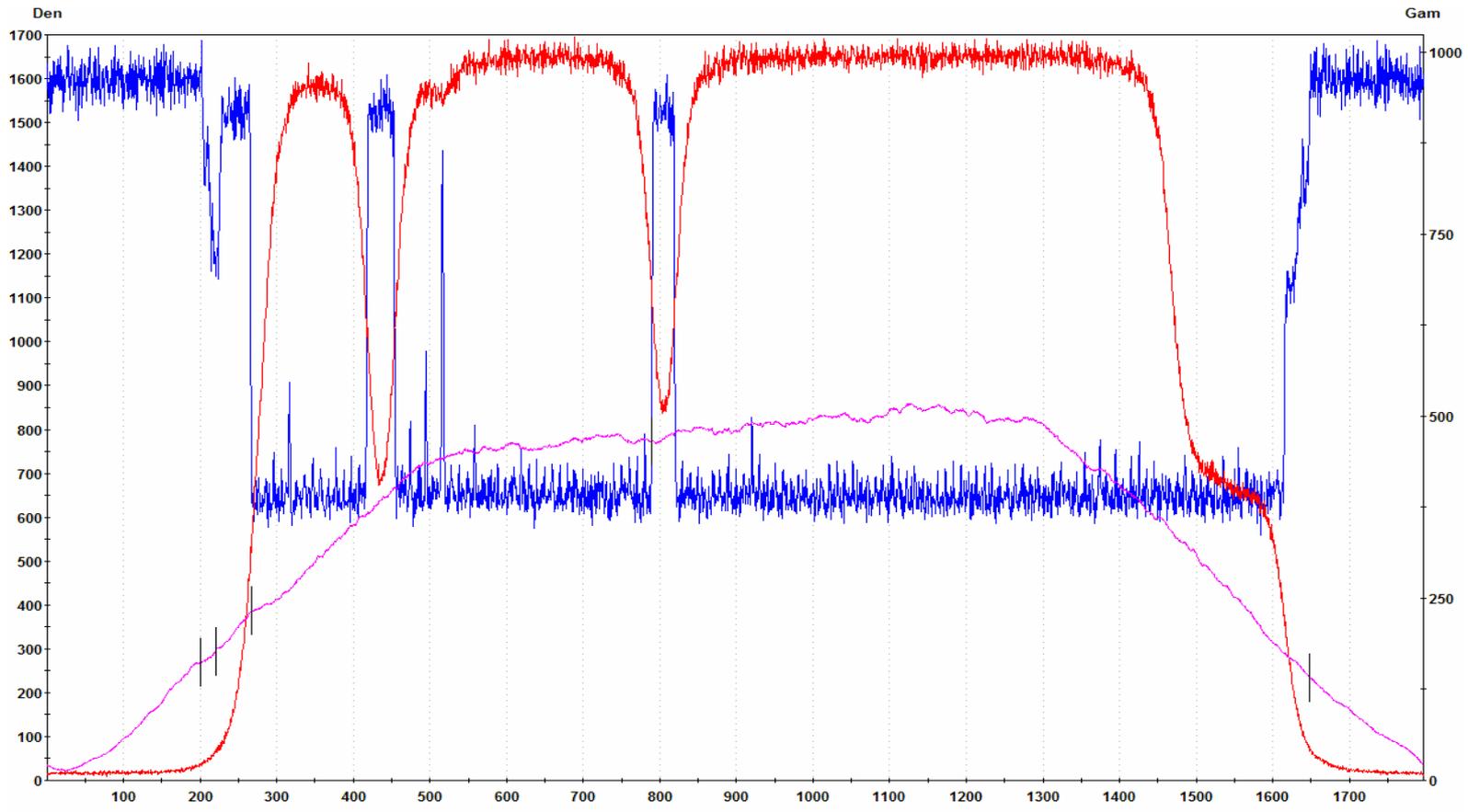
# Exempel- Samma stav *Passiv*/Aktiv



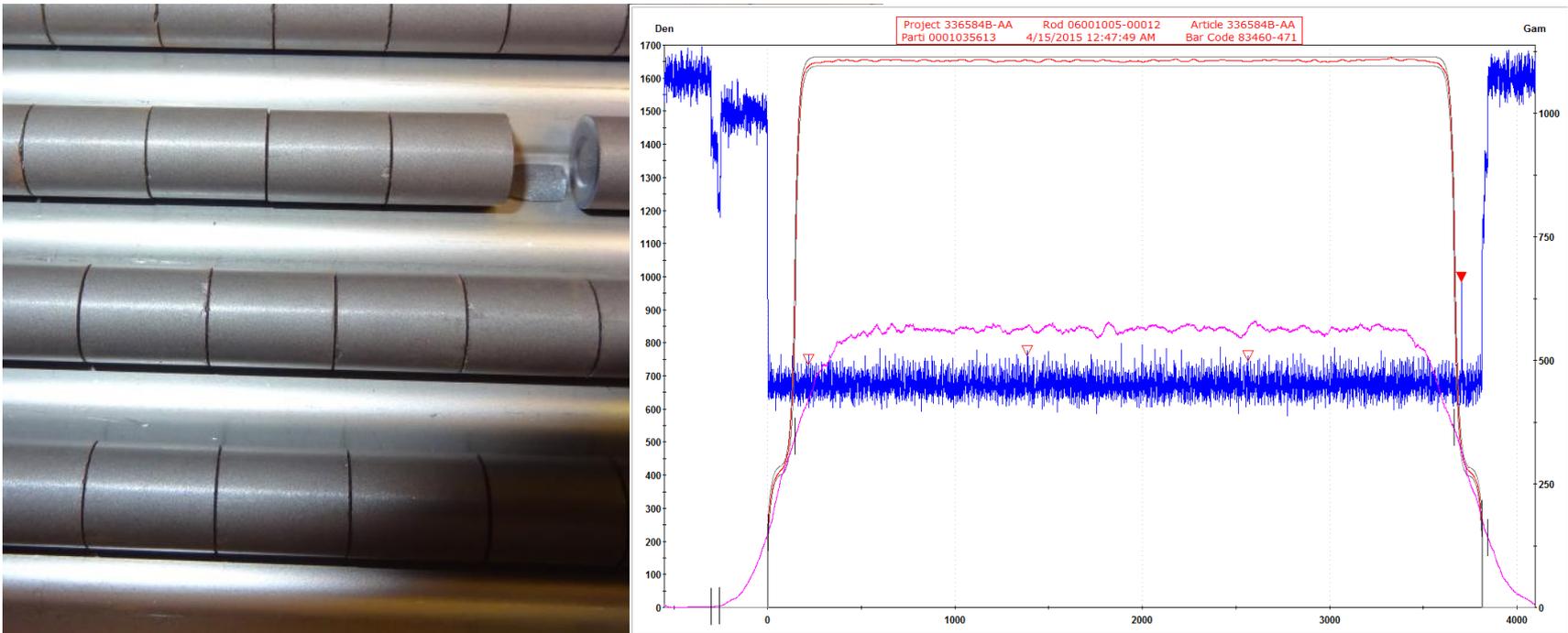
# Exempel- Samma stav Passiv/*Aktiv*



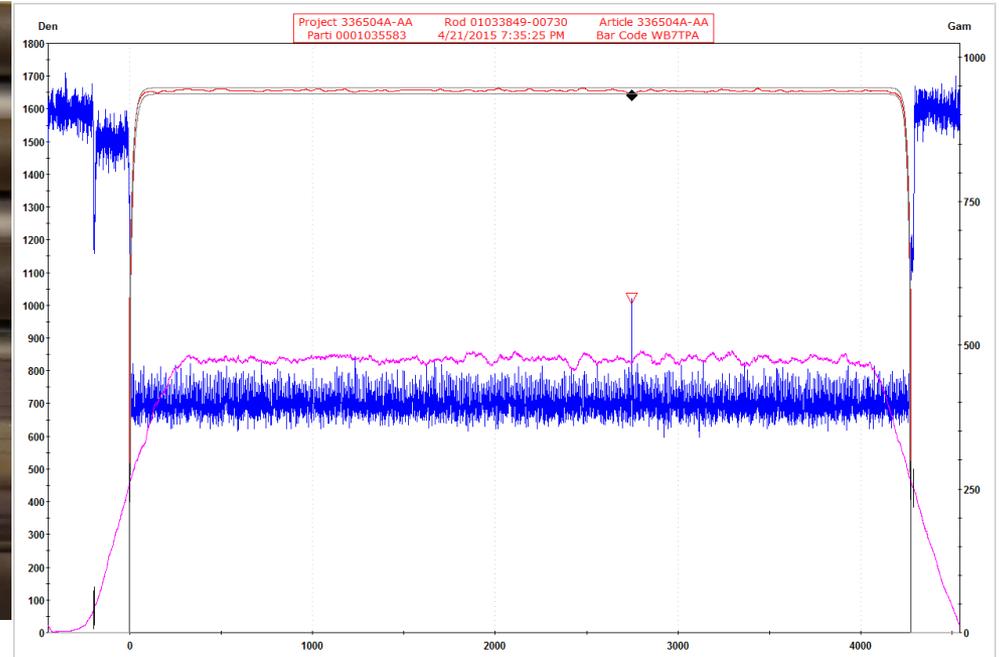
# Exempel- Avsaknad av fjäder



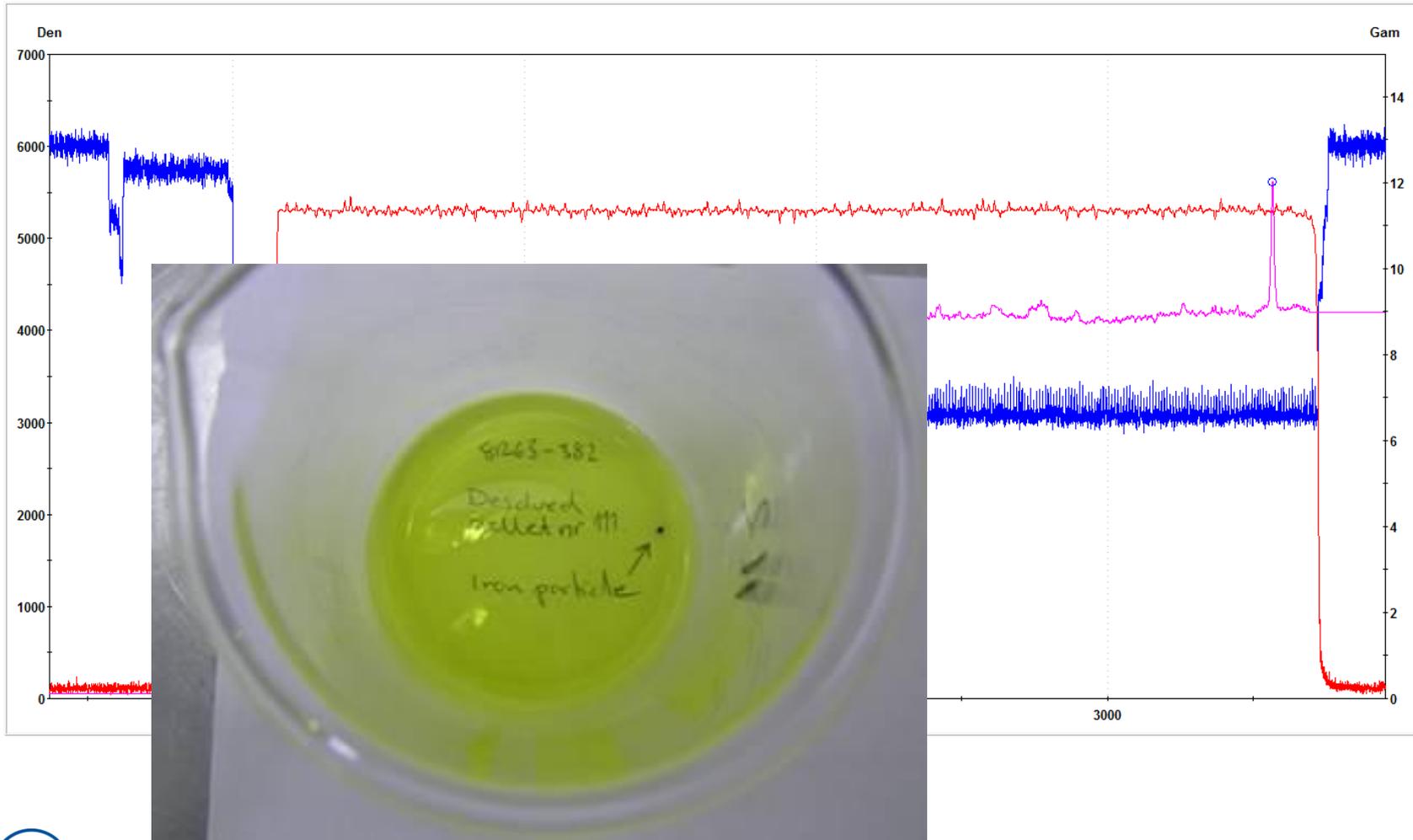
# Exempel – Mellanrum/skadad kuts



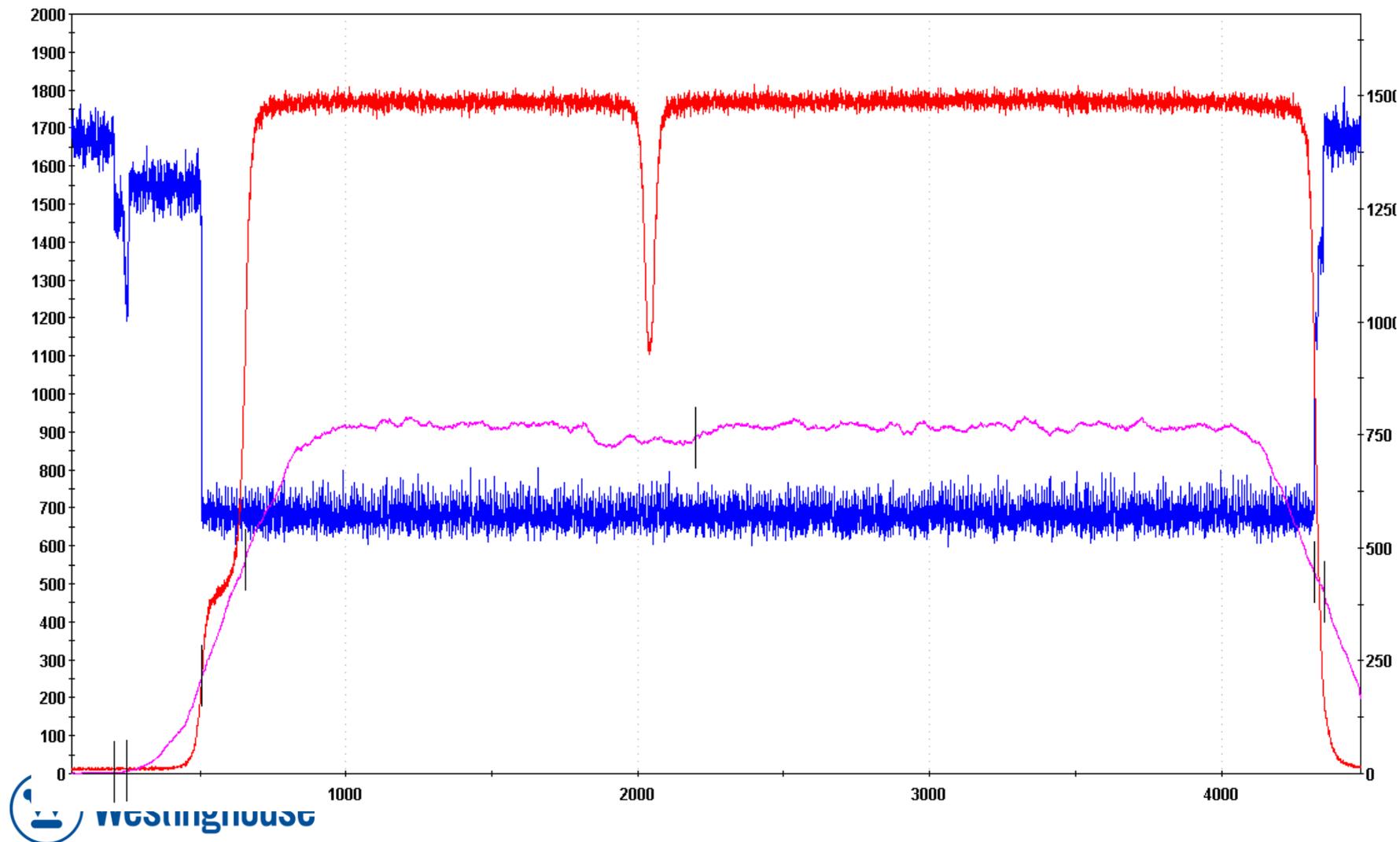
# Exempel – Mellanrum/skadad kuts



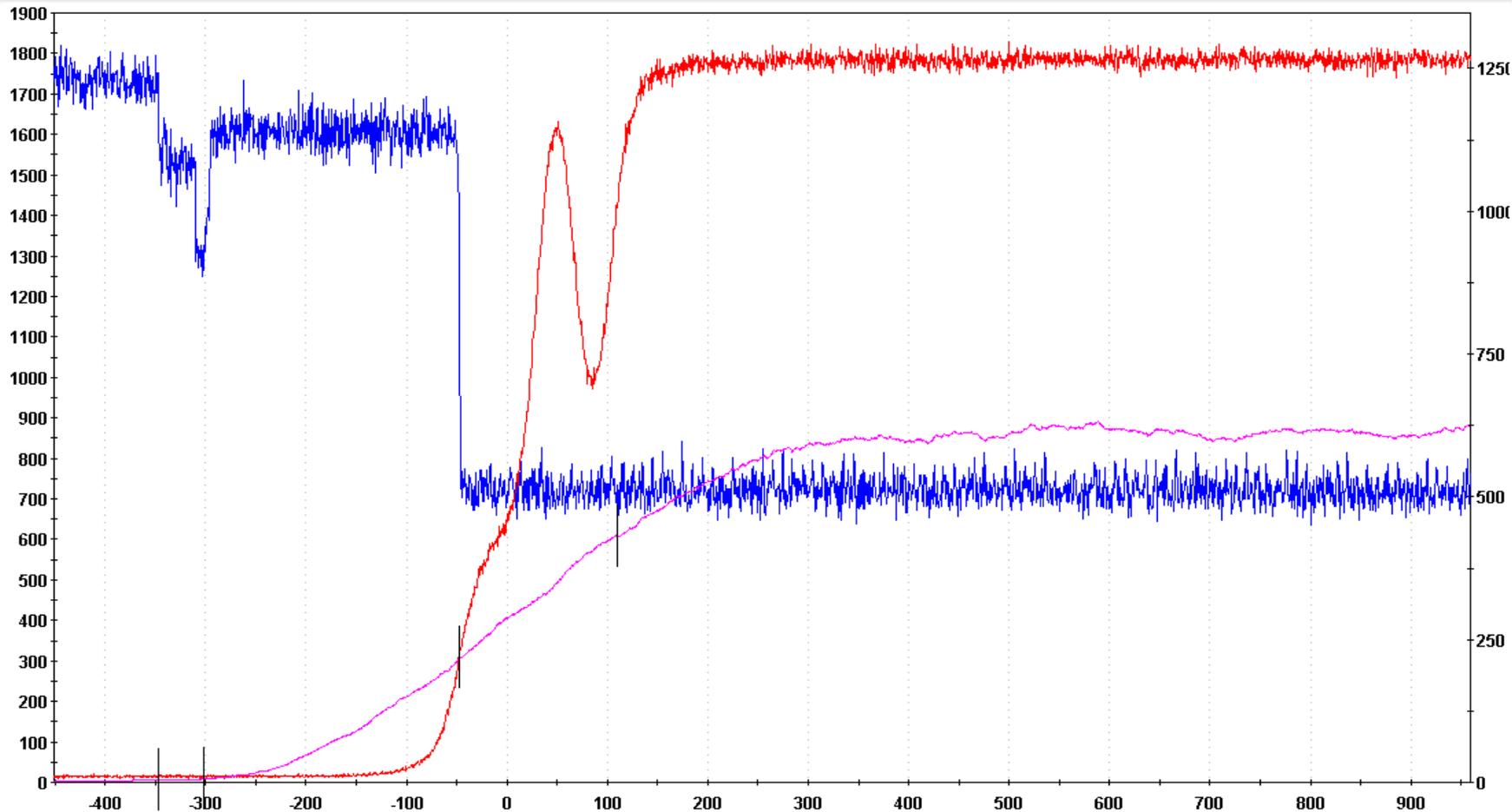
# Exempel – Järnpartikel inuti en kuts



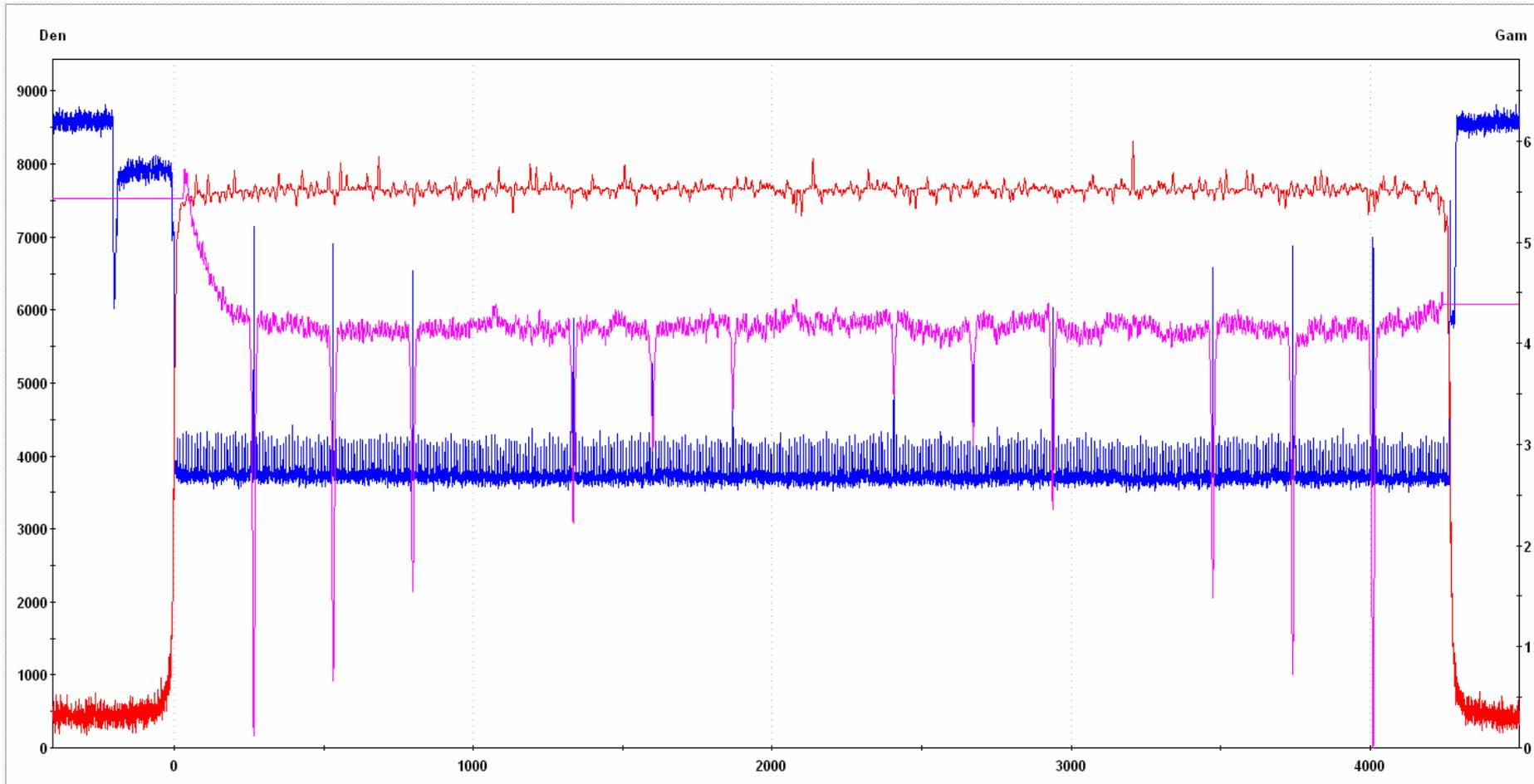
# Exempel – Avvikande kuts



# Exempel – Avvikande kuts



# Exempel – Effekter av mellanrum mellan kutsar



# The End

- Frågor?