

# Drukapparatuur onderhevig aan vermoeing



## nieuwe Bijlage 8 in PRD-2.3



**Rob Gommans**

MC-KnowHow (WG/M)

**Pascal Schreurs**

SINTRA Engineers (WG/SI)

m.m.v. TG-PSA :

J. Houben (ExxonMobil-WG/M)

C.Uytdewilligen (Shell-WG/P)

F. Boelens (GasUnie-WG/P)

L. Aardewerk (WG/T)

C. Keus (TCD-secr.)

# **INHOUD**

- **belangrijkste wijzigingen in PRD-2.3**
- **aanleiding voor wijziging en TG-werkzaamheden**
- **voorgaande Bijlage 8**
- **belangrijkste wijzigingen / opzet nieuwe Bijlage 8**
- **voorwaarden uitstel 1<sup>e</sup> inspectie**
- **vermoeiing / stappenplan met FFS**
- **screening met 2 voorbeelden**
- **conclusies**

## Belangrijkste wijzigingen PRD 2.3 (maart 2023)

- Bij ‘anderszins verwarmde drukapparatuur’: nu ook rekening houden met mogelijk gevaar voor oververhitting (GVO) – voorheen alleen bij brandstofgestookte drukapparatuur
- Bij drukapparatuur met GVO, risicoanalyse (bijlage 13) om te komen tot herbeoordelingstermijn 4 jr /6 jr:
  - voor vuurgangvlampijpketels is dit nu ook mogelijk
  - is niet meer alleen voorbehouden aan gebruikers met IvG/NL-KvG
  - het aantal verwijzingen voor geschikte waterbehandelingen is uitgebreid
  - checklist GVO in bijlage 13 is bijgewerkt

## Belangrijkste wijzigingen PRD 2.3 (maart 2023)

- Stroomschema 1 (bepaling inwendige conditie) opnieuw gerangschikt / geherformuleerd (geen inhoudelijke wijzigingen)
- Leidingen, uitwendig niet-destructief onderzoek als vervanging voor visueel inwendig onderzoek: percentage te onderzoeken fittingen is gereduceerd voor piping circuit / leidingcluster
- Beoordeling instrumentele beveiliging: inhoud van de toe te passen procedure toegevoegd

## Belangrijkste wijzigingen PRD 2.3 (maart 2023)

- Normverwijzingen ademluchtflessen toegevoegd (zoals in ADR)
- Bijlage 5 RBI: aantal tekstuele verbeteringen en vragenlijsten zijn toegevoegd; vragenlijsten nu in te vullen door aanvrager voor goedkeuring RBI-methodiek (geen inhoudelijke wijzigingen)
- Bijlage 8: oude bijlage over PSA-drukapparatuur vervangen door nieuwe bijlage over drukapparatuur onderhevig aan wisselende belasting, waaronder PSA-drukapparatuur



## PRD-2.3 Bijlage 8



### Aanleiding

“oude” Bijlage 8 : alleen PSA-vaten (vermoeiing onder H2)  
vraag in TCD (jun-2020) : moet vermoeiing beperkt  
worden tot waterstofinstallaties (PSA-vaten ++),  
of moet dit uitgebreid worden naar alle apparaten  
met frequente (druk)wisselingen

TCD (sep-2020) : oprichting TG-PSA

voorzitter R.Gommans + WG's leveren leden

# uitgevoerde TG-werkzaamheden

- dec-2020 : eerste web-vergadering
  - vermoeiing in de praktijk vaak niet of onvoldoende onderkend (ontwerp, fabricage, bedrijf, inspecties en zelfs bij RBI-studies)
  - “oude” Bijlage 8 te beperkt van toepassing → toepassing uitgebreid naar drukapparatuur onderhevig aan vermoeiing (incl. PSA-vaten)
  - knelpunt : openen 1<sup>e</sup> inspectie van apparaten met kostbare vulling
  - jun-2022 : “voorloper” van Bijlage 8 accoord in TCD
  - verdere uitwerking en opstellen screening en stappenplan
  - **feb-2022 : Bijlage 8 klaar en geaccepteerd in TCD**
  - nov-2022 : Bijlage 8 samen met gehele PRD-2.3 geaccepteerd
- ( Corona-tijd : totaal 6 web-bijeenkomsten van TG-PSA + meerdere besprekingen in klein comité )



## voorgaande Bijlage 8

PSA-vaten onderzoeken volgens tabel 1 (licht regime)  
mits deze voldoen aan alle van de volgende voorwaarden:

- ontwerp volgens in tabel 2 genoemde norm +  $N > 200.000$
- gemaakt van fijnkorrelig normaalgegloeid staal + PWHT
- lasafwijking  $\Delta h$  is kleiner dan 1,5 mm.
- onrondheid is kleiner dan 1% van de middellijn.
- lasnaden tijdens nieuwbouw 100% MT + (UT of RT)

PSA-vaten die niet hieraan voldoen → tabel 3 (streng regime)

altijd : wanneer vulling/adsorbent wordt vervangen → MT inwendig



# Tabellen (gedeeltelijk) in voorgaande Bijlage 8

☒

TABEL 1	Aanvullend onderzoek	Tijdstip*	Oppervlakteonderzoek volgens katern 3.2	Ultrasoon onderzoek
	1	50 % TL of ten hoogste 10 jaar		uitwendig, rond- en langslas volledig
	2	75 % TL of ten hoogste 10 jaar na laatste uitwendig onderzoek		uitwendig, rond en langslas volledig

**Licht regime**  
(mits voldaan aan eisen)

TABEL 3	Aanvullend onderzoek	Tijdstip*	Oppervlakteonderzoek volgens katern 3.2	Ultrasoon onderzoek
	1	50 % TL of ten hoogste na 10 jaar	inwendig, alle bereikbare las volledig	inwendig, langslas romp volledig
	2	75 % of ten hoogste 6 jaar na laatste inwendig onderzoek	inwendig, alle bereikbare las volledig	inwendig, rond-, langs- en tubulurelas volledig

**Zwaar regime**



# Belangrijkste wijzigingen

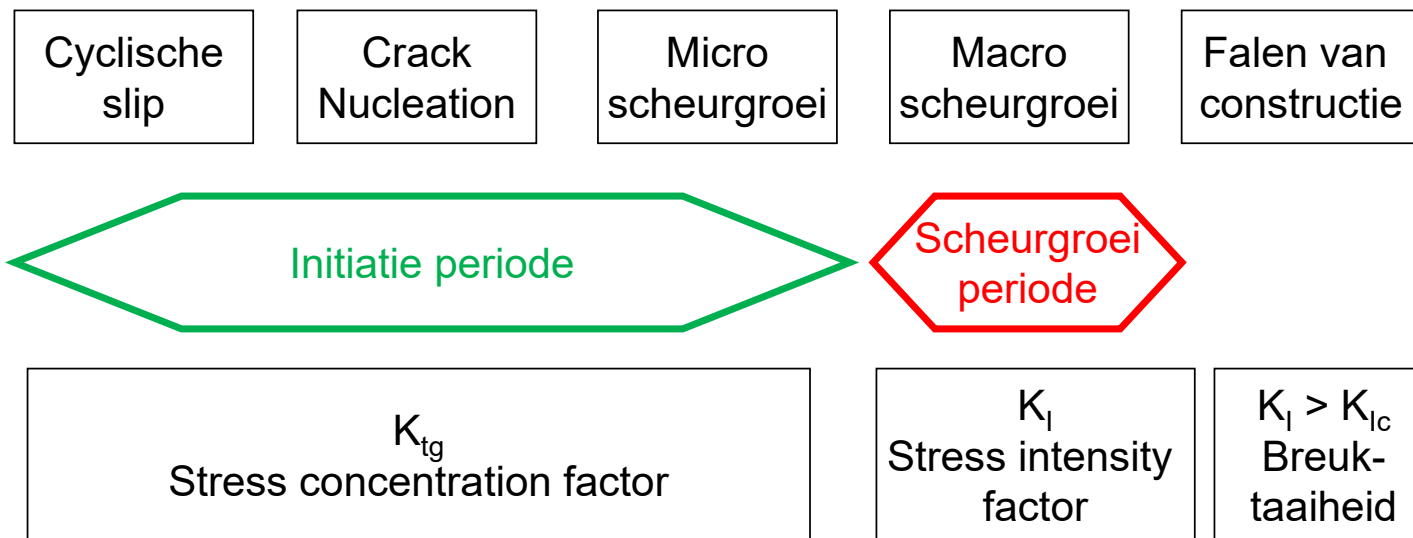
- van toepassing op alle apparatuur onderhevig aan wisselende belastingen
  - mechanisch/thermisch
  - voorbeelden : zie toelichting (H5)
- aanpak door Team zoals in APO (bijlage 11)
- screening wel/geen vermoeiing
- stappenplan ipv schema met licht/zwaar regime
- FFS aanpak (zoals ook voorgesteld in EIGA-richtlijn)

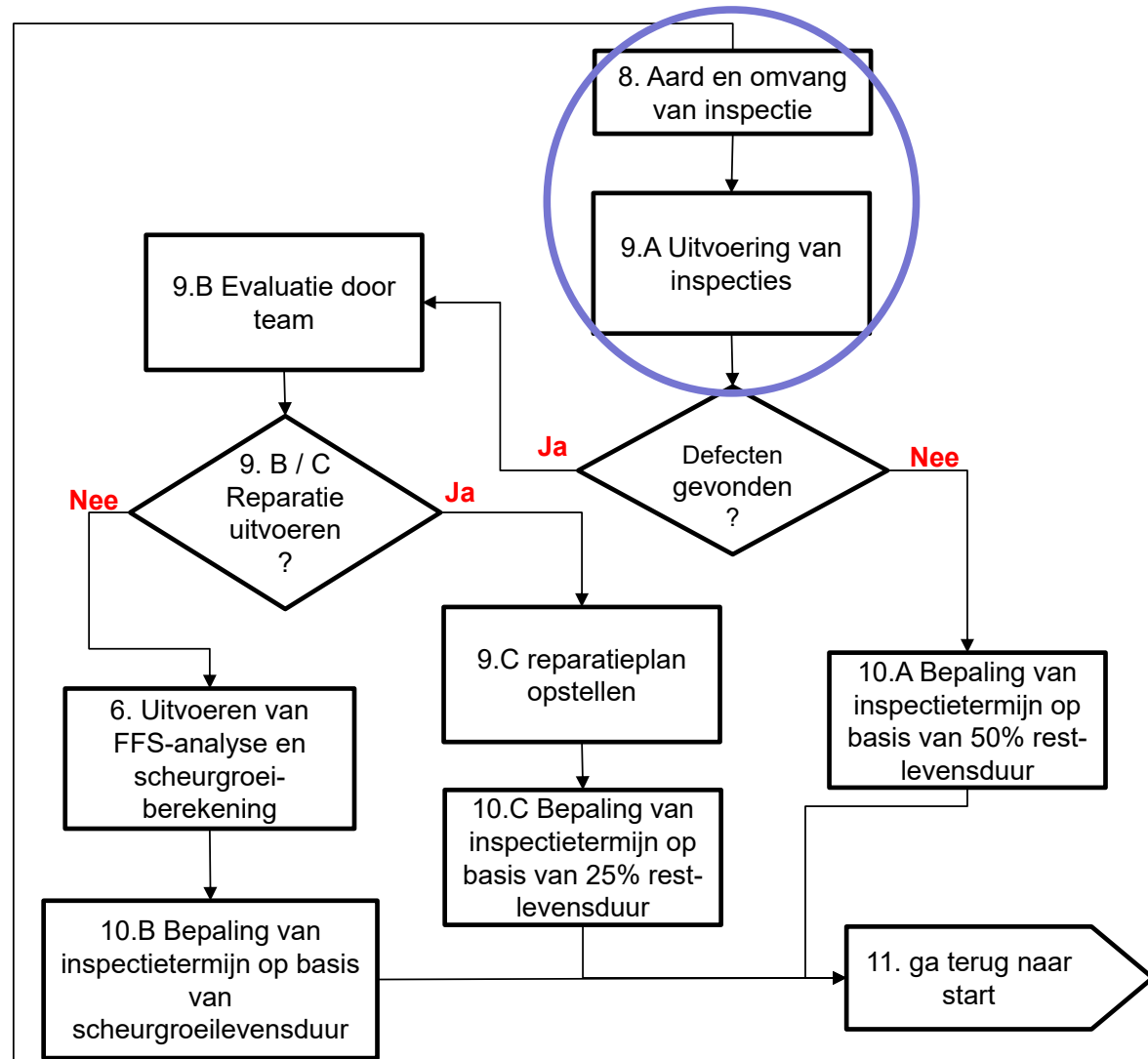
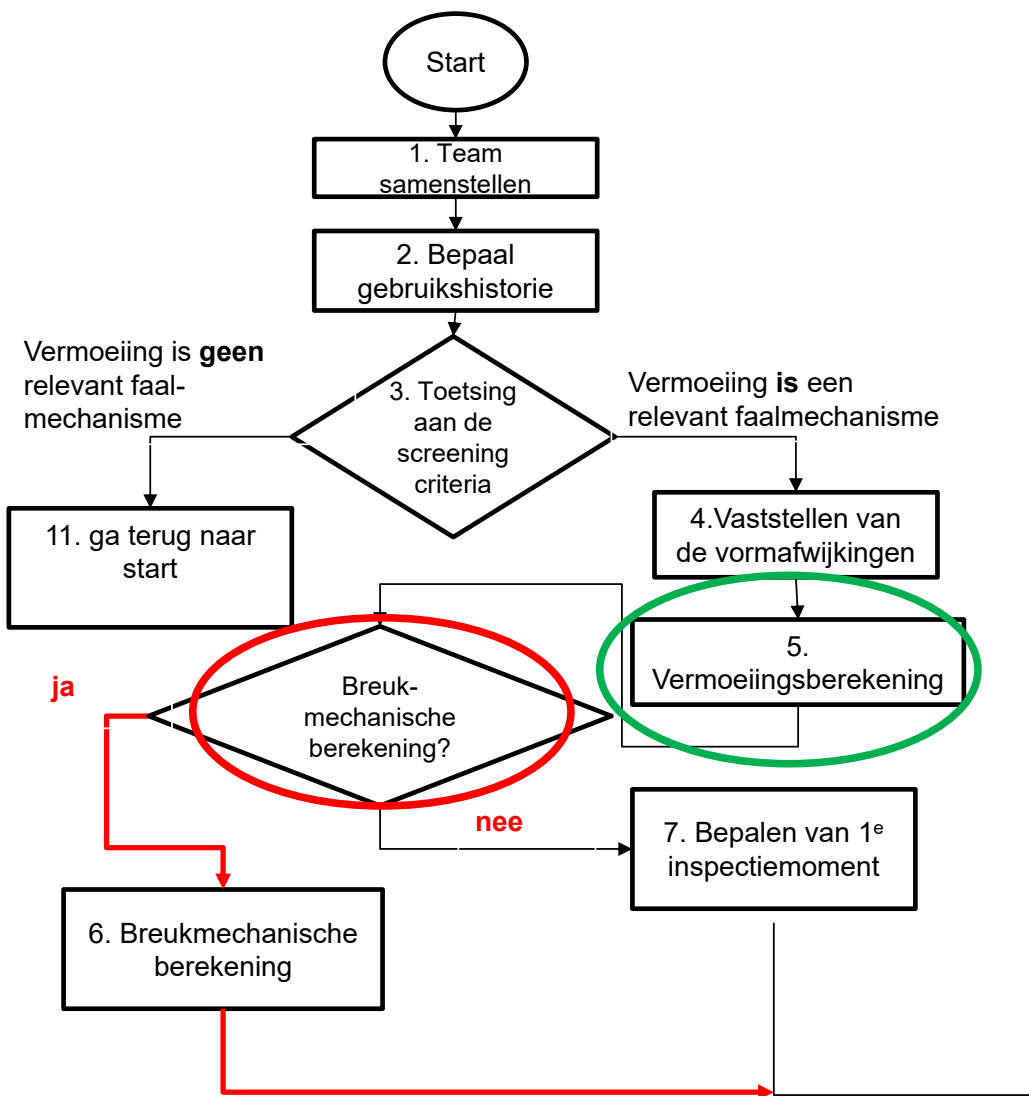
# voorwaarden uitstel 1<sup>e</sup> inspectie

- geen andere faalmechanismen actief, tenzij aanvaardbaar
- $N < 50\%$  TL (theoretische levensduur)
- apparaat geschikt voor passend onderzoek van buitenaf
- onderzoek passend om van buitenaf conditie te bepalen
- vorm-afwijkingen vooraf vastgesteld
- 0-meting(en) uitgevoerd
- overleg en goedkeur door NL-CBI/KVG

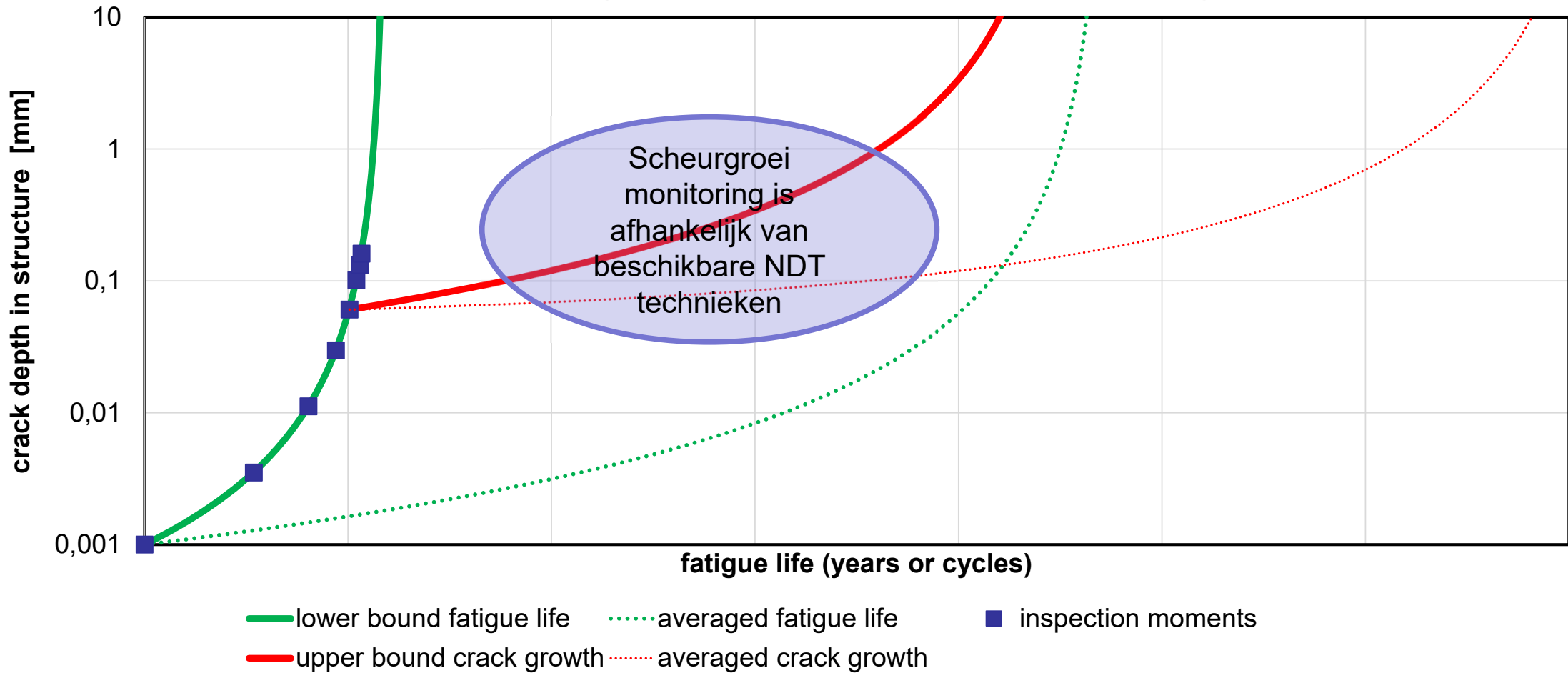


# Vermoeing





# Example: fatigue life and crack growth





# Relevante parameters

- $N_{\Delta FP}$ : volledige drukwisselingen
- $N_{\Delta PO}$ : gedeeltelijke drukwisselingen ( $\Delta P \leq 20\%P_{max}$ )
- $N_{\Delta TE}$ : temperatuurverschil tussen 2 locaties binnen een gespecificeerde afstand (bijvoorbeeld pijpenplaat – en aanlaseind of door de wanddikte temperatuurverschillen)
- $N_{\Delta T\alpha}$ : verbindingen tussen twee materialen met een verschil in uitzettingscoëfficiënt (bijvoorbeeld lasverbinding RVS / C-staal)



# Screening

- Diverse methodieken beschikbaar beschreven binnen de ontwerpcodes
  - EN13445/ EN13480
    - $N_{\Delta FP} + N_{\Delta PO} \leq 500 \rightarrow$  vermoeiing in principe geen probleem
    - Complexe methodiek voor overige belasting condities
  - ASME VIII div 2 / API579-1
    - $N_{\Delta FP} + N_{\Delta PO} + N_{\Delta TE} + N_{\Delta T\alpha} \leq 1.000$  voor integrale constructie
- API579-1 is universeel toepasbaar  $\rightarrow$  FFS procedures



# screening eenvoudig : voorbeeld 1



N-buffervat - vrijwel continue in bedrijf  $\rightarrow N_{\Delta FP} = 5/\text{jaar}$

ontwerp-druk  $P_{\max} = 10 \text{ bar(g)}$  met levensduur 20 jaar (7.300 dagen)

(a) dagelijkse drukwisselingen tussen 3 en 8 bar(g)

volledige drukwisseling  $\rightarrow N_{\Delta FP} = 20 * 5 = 100$

partiële drukwisseling =  $50\% * P_{\max} \rightarrow N_{\Delta PO} = 7.300$

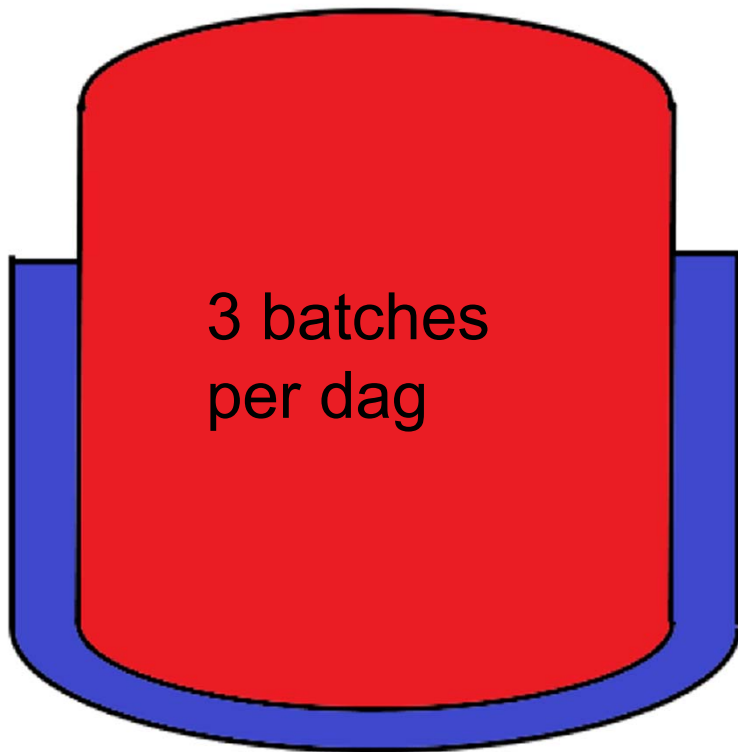
totaal :  $7.300 + 100 > 1.000 \rightarrow$  **vermoeding is relevant**

(b) dagelijkse drukwisselingen tussen 7 en 9 bar(g)

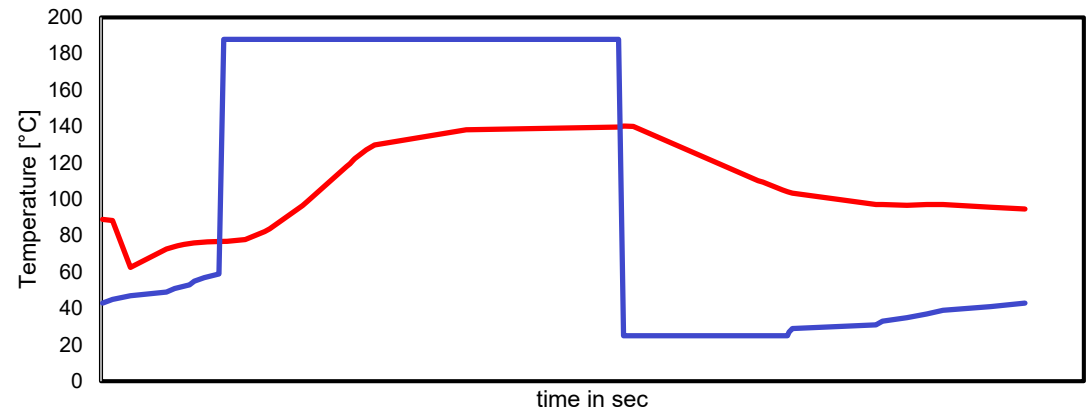
partiële drukwisseling =  $20\% * P_{\max} \rightarrow N_{\Delta PO} = 0$

totaal :  $0 + 100 < 1.000 \rightarrow$  **vermoeding is niet relevant**

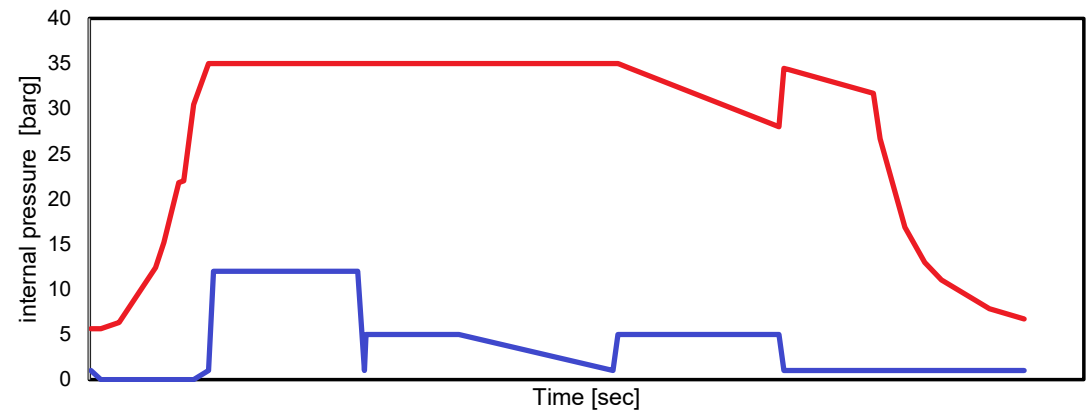
# Voorbeeld 2



Medium temperatuur

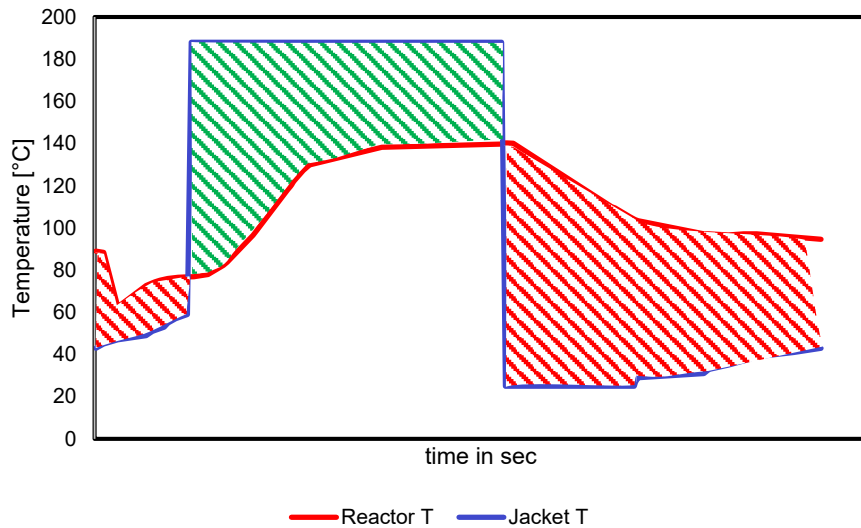


Inwendige druk

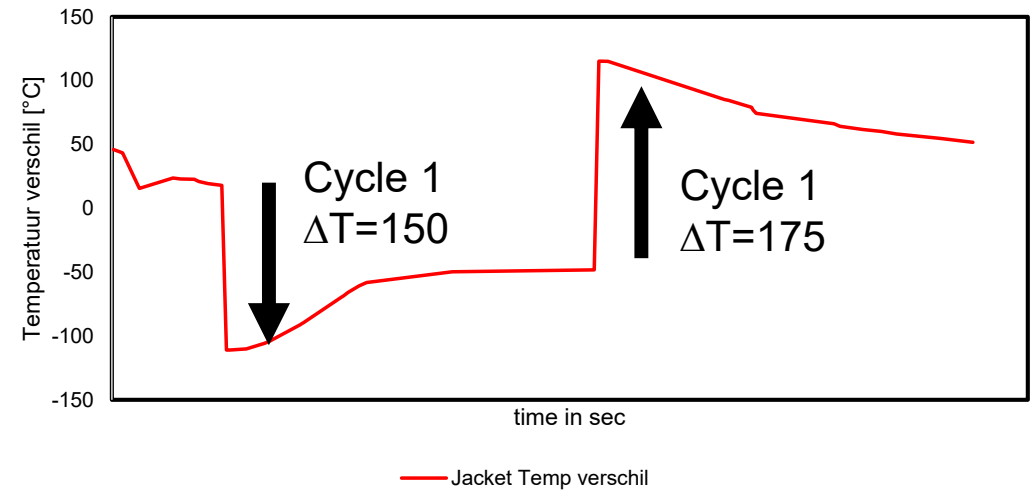


# Beoordeling

Medium temperatuur



Temperatuursverschil tussen reactor en jacket



criteria	Aantal per batch	Aantal per jaar*
$N_{\Delta FP}$	0	
$N_{\Delta PO}$	1	1,100
$N_{\Delta TE}$	2	2,200
$N_{\Delta T\alpha}$	0	0

\* Op basis van  
3 per dag



# Evaluatie van aantal cycli

Beoordeling van thermische spanningen volgens API579-1	
$\Delta T$ [°C]	Temperatuur factor voor screening curve
< 28	0
29 – 56	1
57– 83	2
84 – 139	4
140 – 194	8
195 – 250	12
>250	20

Criteria	$\Delta T$ [°C]	Aantal per jaar*	Severity Factor	Cycles per year
$N_{\Delta FP}$		0	1	0
$N_{\Delta PO}$		1,100	1	1,100
$N_{\Delta TE;1}$	150	1,100	8	8,800
$N_{\Delta TE;2}$	175	1,100	8	8,800
$N_{\Delta T\alpha}$		0	1	0
Som				18,700



## Beoordeling voorbeeld 2

- Volgens API579-1 is het toelaatbaar aantal cycli 1,000 uitgaande van een integrale constructie zonder defecten
- Op basis van deze beoordeling dient de constructie in detail middels een vermoeiingsanalyse te worden beoordeeld conform geldende constructie code, EN13445-3 of ASME/API579-1.
- Aanvullende aspecten:
  - Jacket medium wordt afgewisseld tussen stoom en koelwater
  - Dit kan leiden tot pitting → Doel van team sessie is om dit effect te erkennen/herkennen en indien nodig aanvullende acties te definiëren



## conclusies



- ervaring leert dat schade door vermoeiing niet alleen bij PSA-vaten optreedt
- nieuwe scope Bijlage 8 is uitgebreider dan voorheen
- screening kost inspanning en tijd, maar:  
**beter resultaat:**  
**voorkomen van onverwachte vermoeiingschade**
- stappenplan met FFS-aanpak is effectief



## VRAGEN ?

met dank aan taakgroep PSA :

J. Houben (ExxonMobil - WG/M)

C. Uytdewilligen (Shell - WG/P)

F. Boelens (GasUnie - WG/P)

L. Aardewerk (WG/T)

C. Keus (TCD-secr.)

P. Schreurs (SINTRA - WG/SI)

R. Gommans (MC-KnowHow - WG/M - vz).