

Drukapparatuur onderhevig aan vermoeiing

- nieuwe Bijlage 8 in PRD-2.3 -



LZL-bijeenkomst @ Equans-Beek

Rob Gommans en Stan Kusters

21 mei 2025



rob.gommans@mc-knowhow.nl

+31 6 51 35 61 98

s.kusters@sintra-engineers.nl

+31 6 27 54 94 23



Drukapparatuur onderhevig aan vermoeiing



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^e inspectie**
- **vermoeding / stappenplan met FFS**
- **screening met 2 voorbeelden**
- **conclusies**

belangrijkste wijzigingen in PRD-2.3 (maart 2023)

- ‘anderszins verwarmde drukapparatuur’ : ook rekening houden met mogelijk GVO
- drukapparatuur met GVO - risicoanalyse (bijlage 13) voor herbeoordelingstermijn 4 jr /6 jr :
ook voor vuurgangvlampijpketels / niet alleen voorbehouden aan IvG/NL-KvG
aantal geschikte waterbehandelingen uitgebreid / checklist bijgewerkt
- stroomschema 1 - bepaling inw. conditie : verbetert (geen inhoudelijke wijzigingen)
- leidingen - uitwendig NDO ter vervanging VI : % te onderzoeken fittingen gereduceerd
- beoordeling instrumentele beveiliging : inhoud van de toe te passen procedure toegevoegd
- normverwijzingen ademluchtflessen toegevoegd (zoals in ADR)
- Bijlage 5 RBI : aantal tekstuele verbeteringen en vragenlijsten toegevoegd;
vragenlijsten nu in te vullen door aanvrager RBI-methodiek (geen inhoudelijke wijzigingen)
- Bijlage 8 PSA : oude bijlage over PSA-drukapparatuur vervangen door nieuwe bijlage



PRD-2.3 Bijlage 8



Aanleiding

“oude” Bijlage 8 : alleen PSA-vaten (vermoeding onder H2)
vraag in TCD (jun-2020) : moet vermoeding 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^e inspectie van apparaten met kostbare vulling
- jun-2021 : “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 normaalgeglueid staal + PWHT
- lasafwijking Δh 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

1

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

Zwaar regime



Belangrijkste wijzigingen

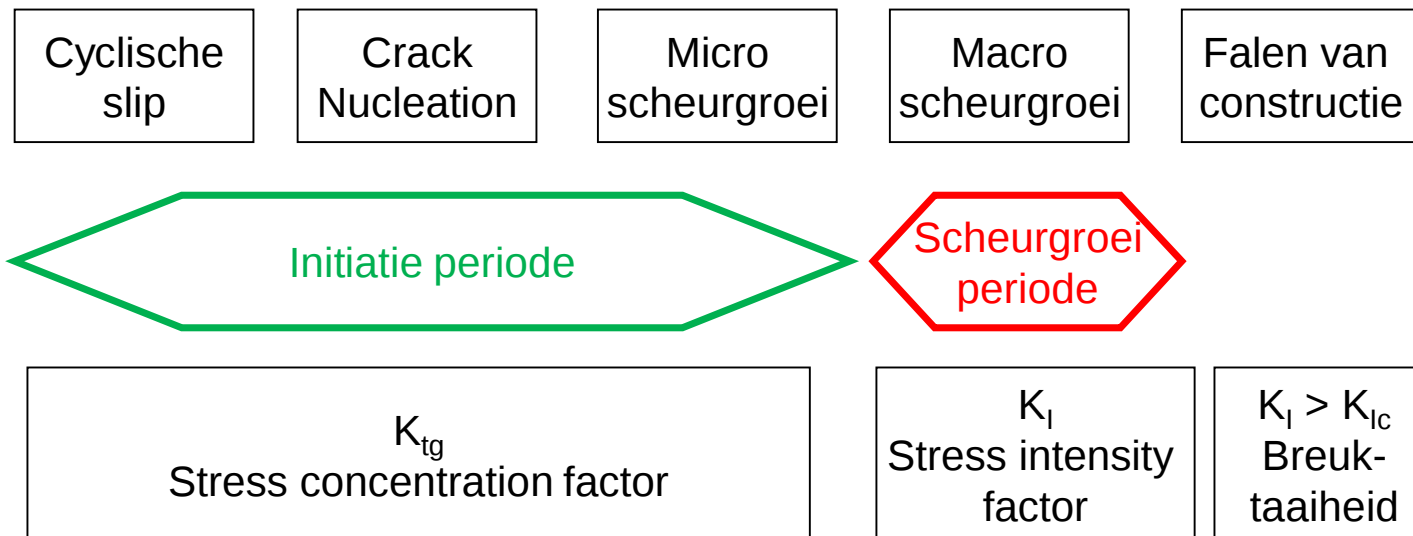
- van toepassing op alle apparatuur onderhevig aan wisselende belastingen
 - mechanisch/thermisch
 - voorbeelden : zie toelichting (H5)
- aanpak door Team zoals in APO (bijlage 11)
- screening wel/geen vermoeiing
- stappenplan ipv schema met licht/zwaar regime
- FFS aanpak (zoals ook voorgesteld in EIGA-richtlijn)

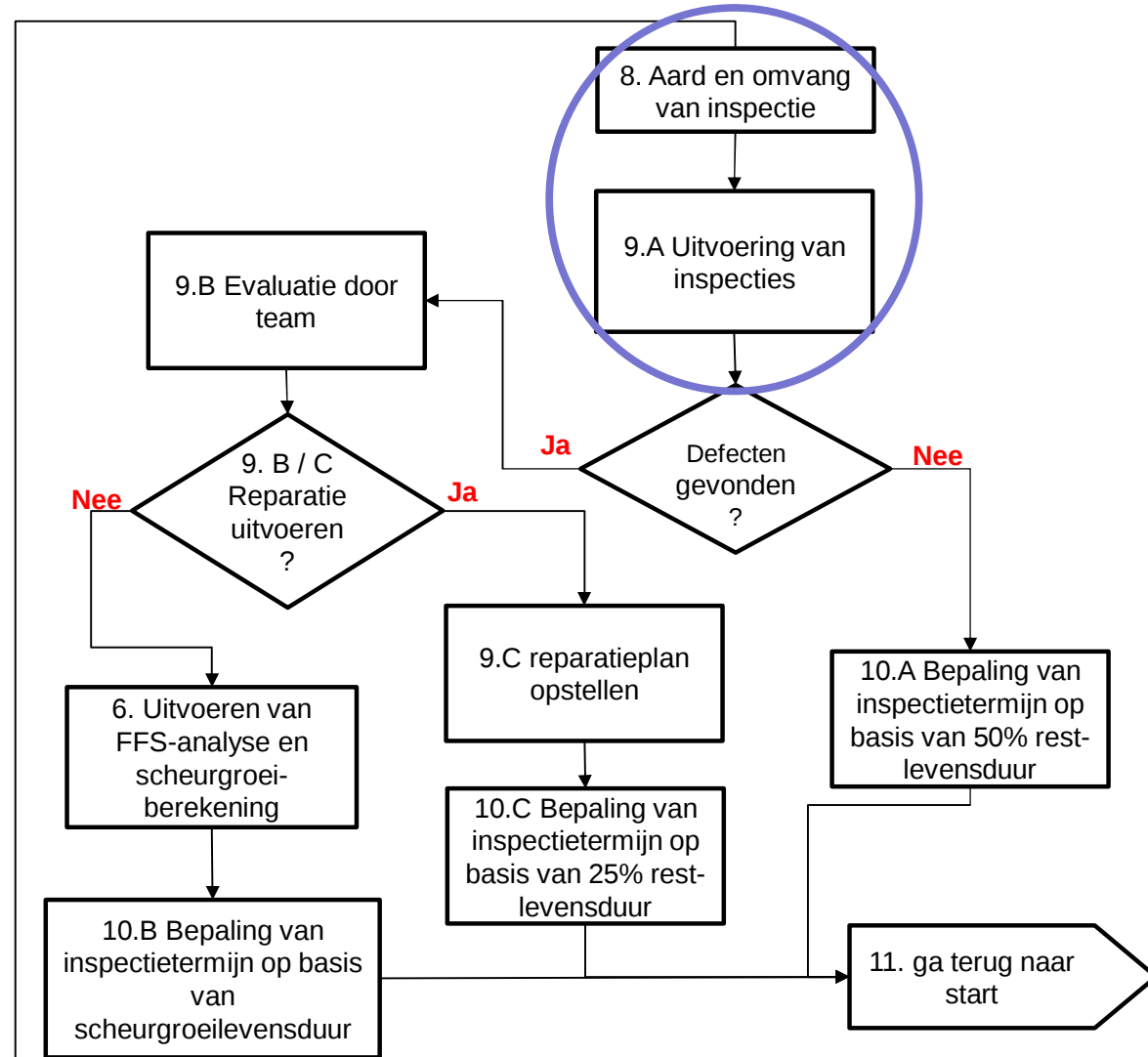
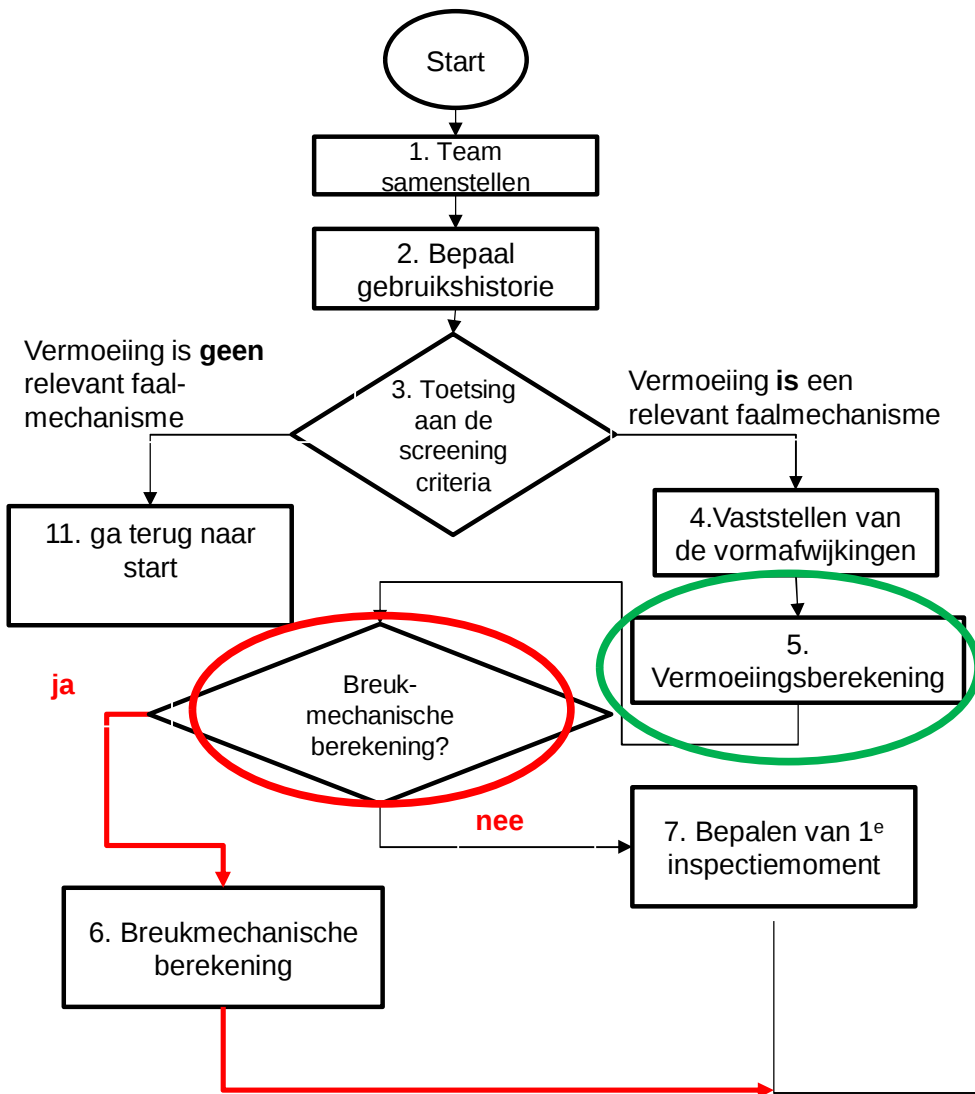
voorwaarden uitstel 1^e inspectie

- 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

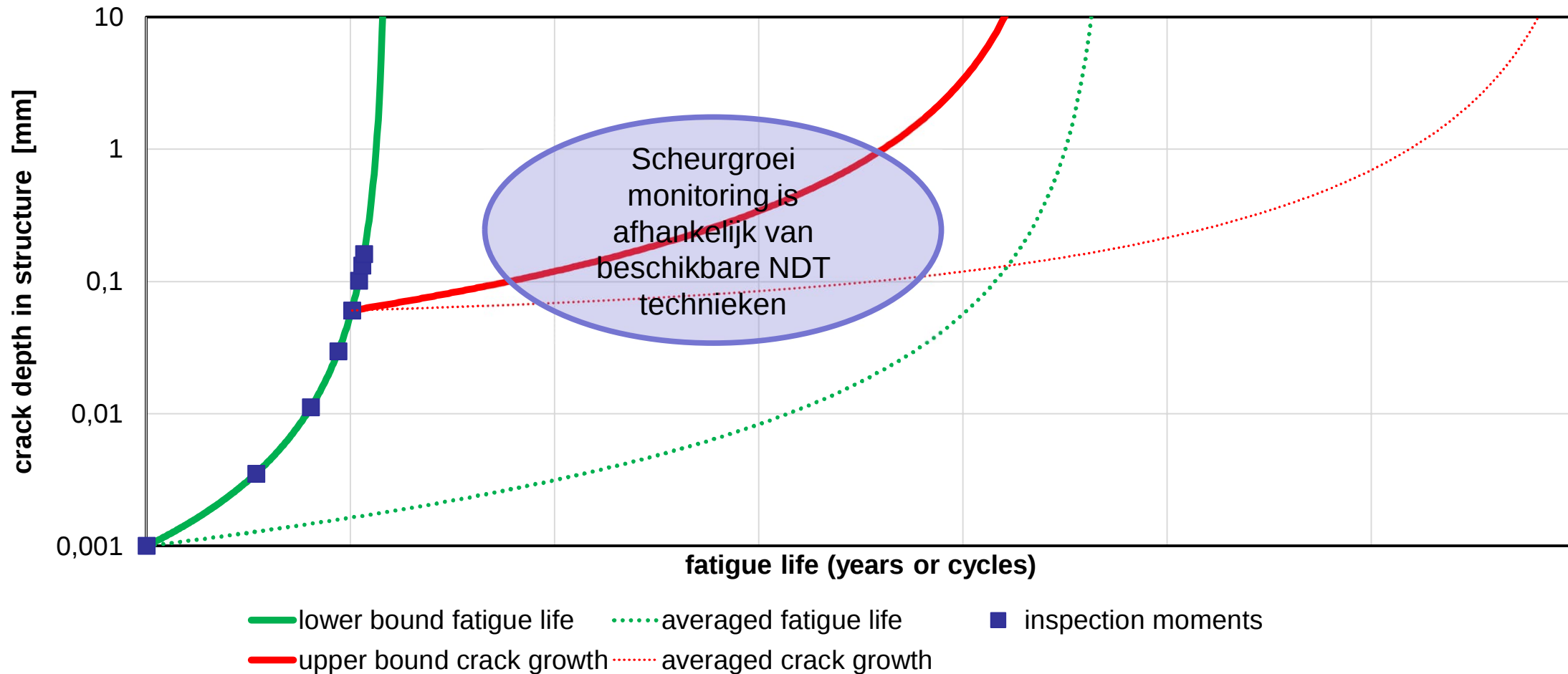


Vermoeiing





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

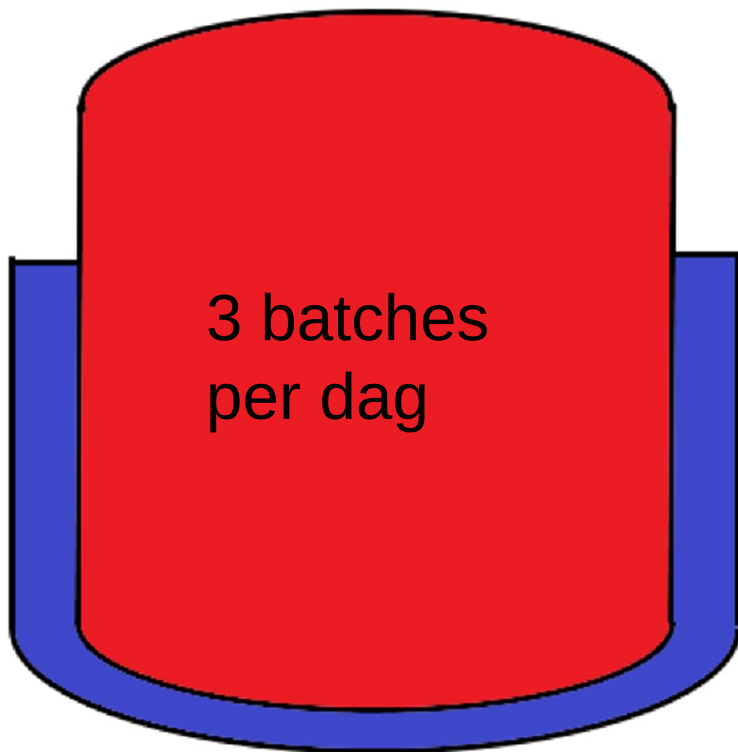
totaal : $7.300 + 100 > 1.000 \rightarrow$ **vermoeding is relevant**

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

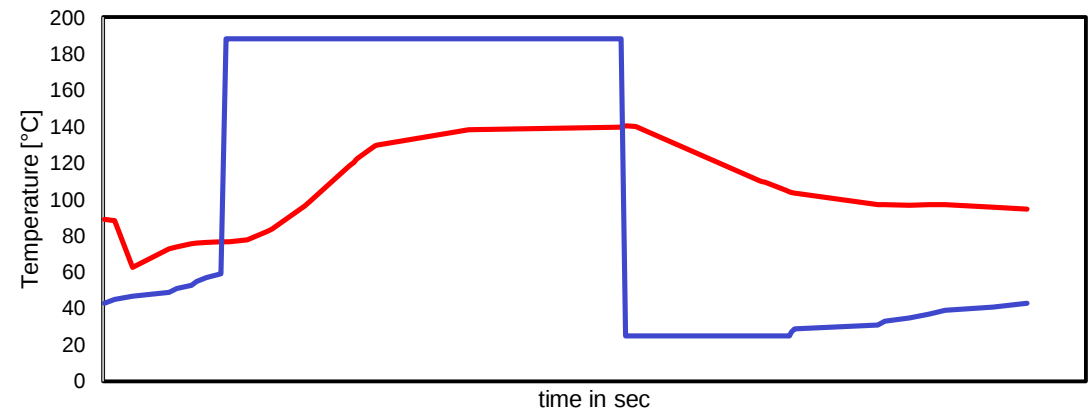
partiële drukwisseling = $20\% * P_{\max} \rightarrow N_{\Delta PO} = 0$

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

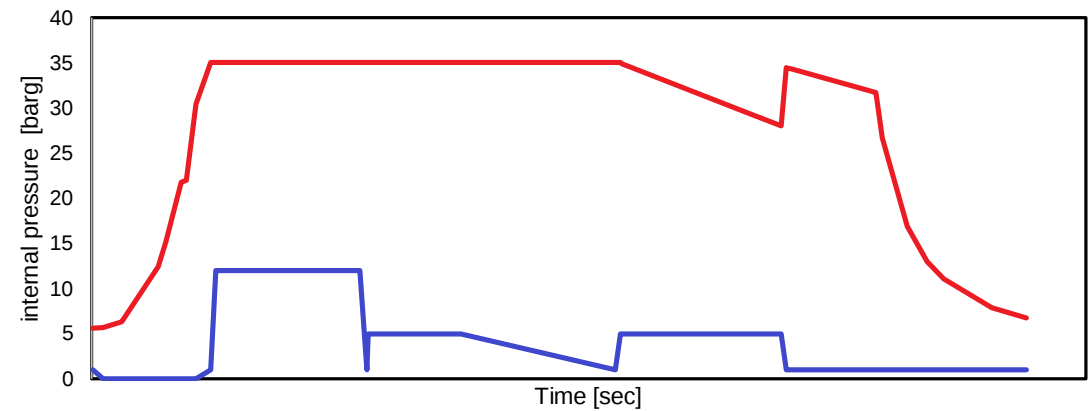
Voorbeeld 2



Medium temperatuur

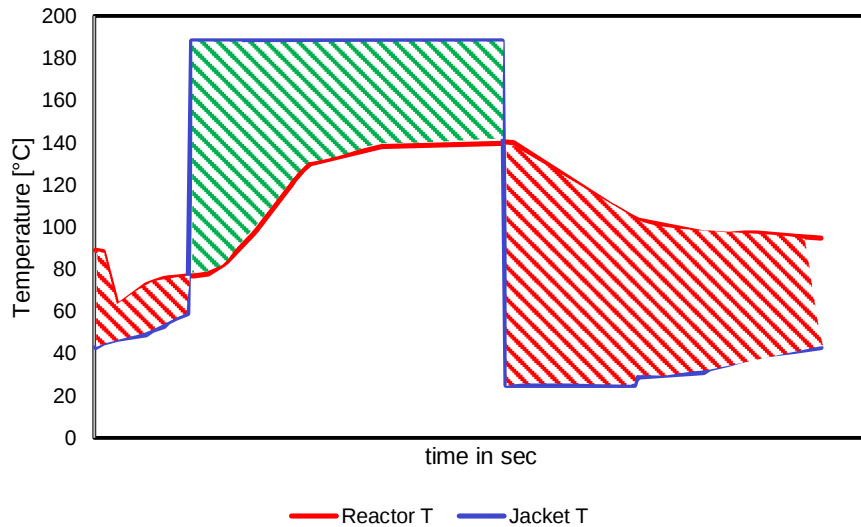


Inwendige druk

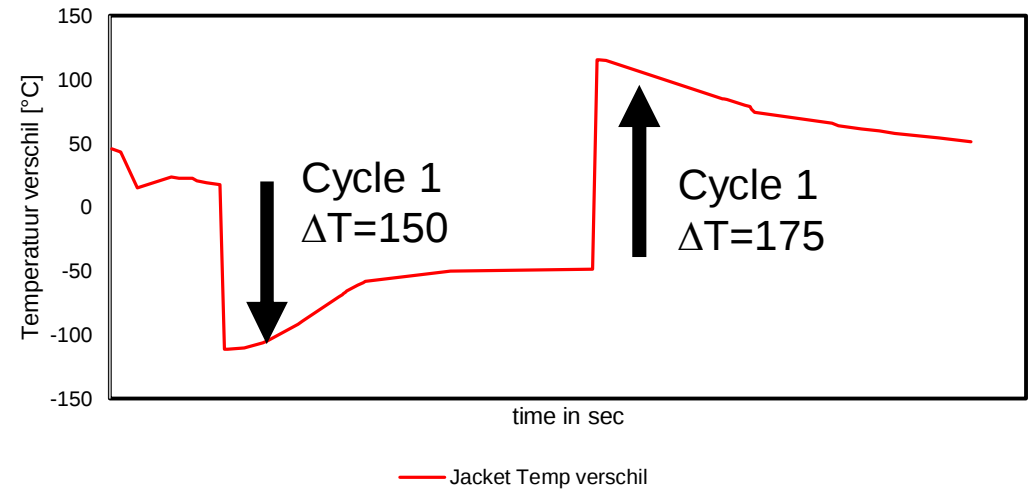


Beoordeling

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	
ΔT [°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	ΔT [°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. Uytendewilligen (Shell - WG/P)

F. Boelens (GasUnie - WG/P)

L. Aardewerk (WG/T)

C. Keus (TCD-secr.)

P. Schreurs (SINTRA - WG/SI) → **gepresenteerd door Stan Kusters**

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