



**RISE**  
NORRES

# Polymerkylmedel - Kvalitetsuppföljning och kylgenskaper

Hans Kristoffersen, Swerea IVF  
Sören Segerberg, Heattec

SHTE "Aktuellt om material- och värmebehandlingsteknik", 22-23 sept 2015

swerea  
SWEREA IVF

## Innehåll

- Bakgrund
- Produktionsuppföljning
- Analys:
  - kylkurvor, partiklar mm
  - Termisk utmattning
  - Bakterier
- Kylmedlets kylförmåga – HP-värde
- Guidelines
- Fortsatt arbete

## EnviroMan - Miljö- och kretsloppsanpassade tillverkningsprocesser för metalliska material

- Projekttid : 2012-07-01 till 2015-06-31

Innehåll:

- Miljöanpassade metoder för att rena skärvätskor
- Rengöring vid värmebehandling
- **Kylning med minskad miljöpåverkan**
- Återvinning av restprodukter från gjuterier



swerea

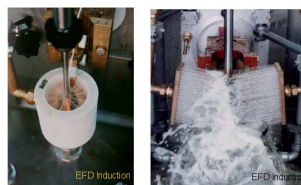
## Kylning med minskad miljöpåverkan

### Mål

- Minska användningen av hårdoljor – ökad användning av polymerer
- Bättre kunskap om hur man kontrollerar kylmedlet och kylprocessen krävs

Fokus på induktionshårdning i detta projekt

- Kunna minimera/optimera byte av polymerbad - underlätta underhåll
- Säkerställa kylningsegenskaperna



swerea

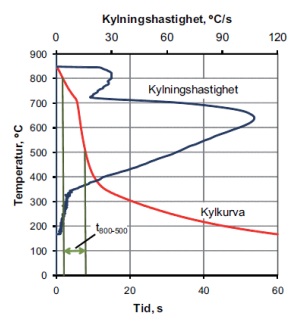
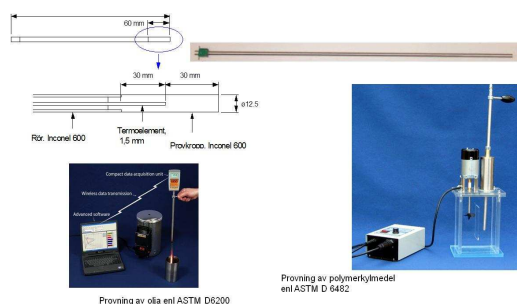
## Produktionsuppföljning

- Prov skickades regelbundet från Scania, VCE och Volvo Powertrain
  - Petrofer Aquatensid BW/RB
  - Noterades: Avsedd koncentration, provdatum, uppmätt konc, senaste justering, senaste byte av hela vätskemängden
  - Maj – augusti 2013
- Koncentration
  - Företag A: 16-18%
  - Företag B: 16%
  - Företag C: 9-11%

swerea

## Analys av kylmedel

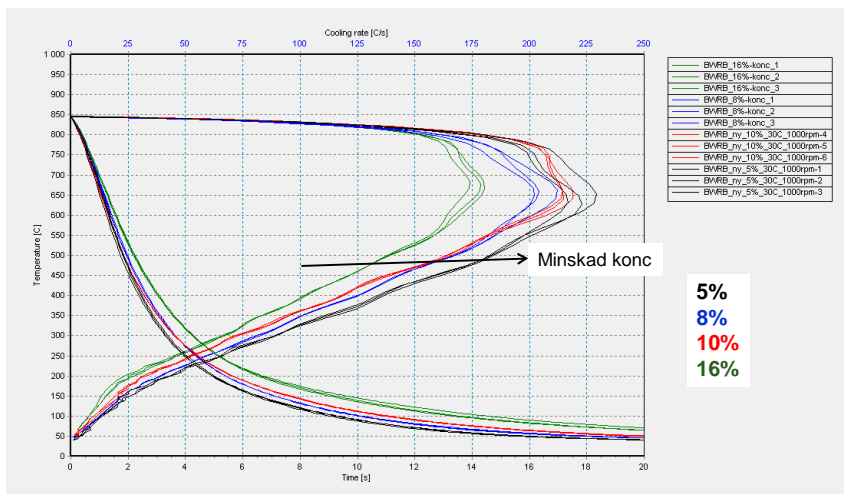
- Kylkurvor analyserades med ivf SmartQuench: ISO 9950, ASTM D 6482



- (Partiklar, gaskromatografi GC-MS, viskositet)

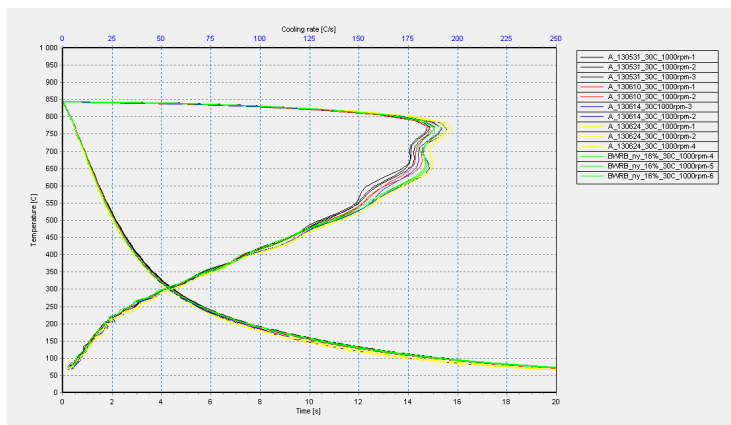
swerea

## Nyblandad Aquatensid BWRB, 30 °C



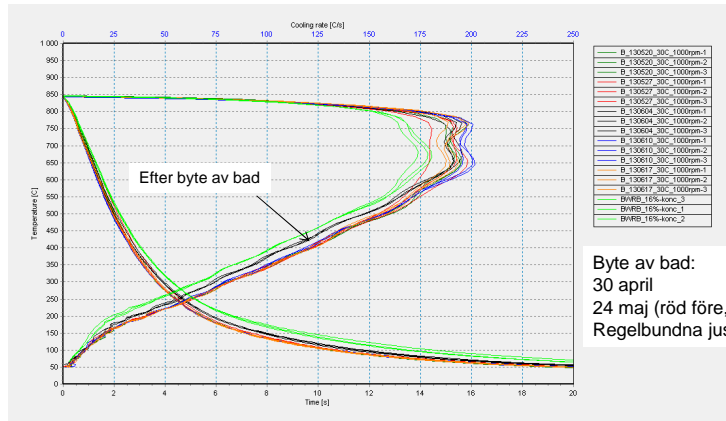
swerea

## Företag A: 16%



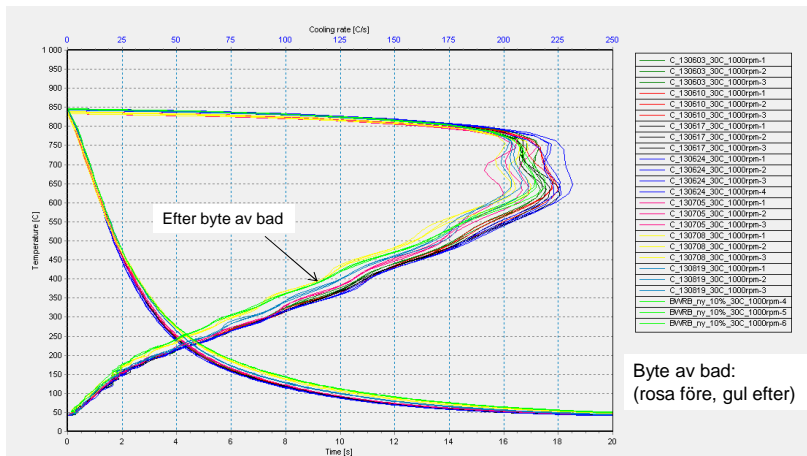
swerea

## Företag B: 16%



Byte av bad:  
30 april  
24 maj (röd före, svart efter )  
Regelbundna justeringar görs

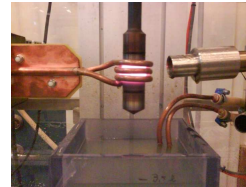
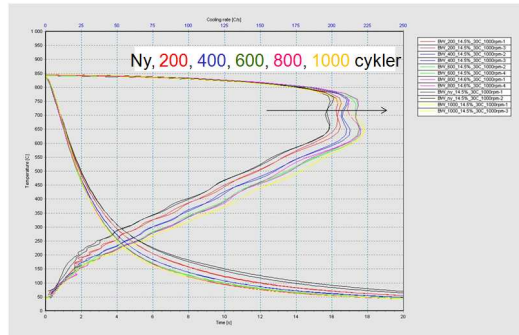
## Företag C: 9-11 %



Byte av bad:  
(rosa före, gul efter)

## Termisk åldring: Aquatensid BW/RB och BW

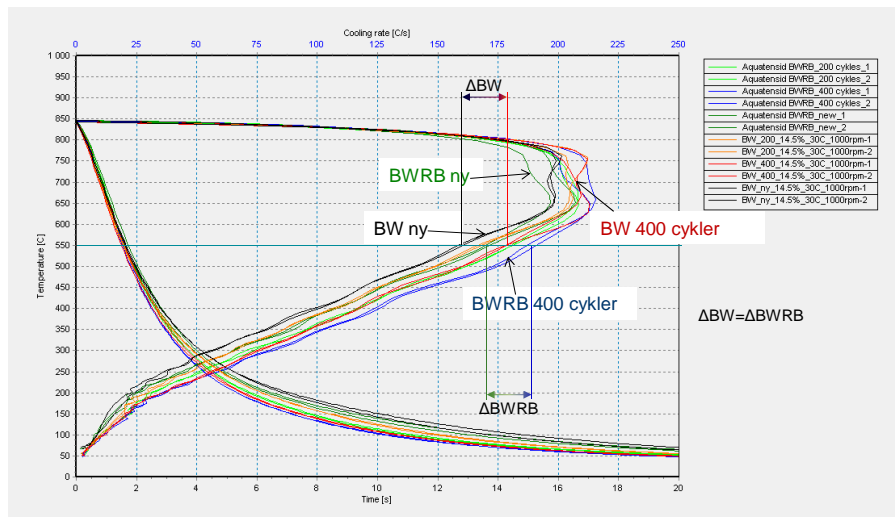
- BWRB innehåller bor (svarta listan)
- Borfri variant: Aquatensid BW
- Termisk åldring: upprepad värmning och kylning
- Koncentration 10%



- Accelererad åldring av polymerkylmedel
- Induktionsvärmning + kylbad
  - Provstav: Inconel 600, Ø25 x 75 mm
  - $T_{yta}$  1050 °C,  $T_{kärna}$  900 °C
  - Kyls i ett 3-liters bad
  - Upprepas → x cykler

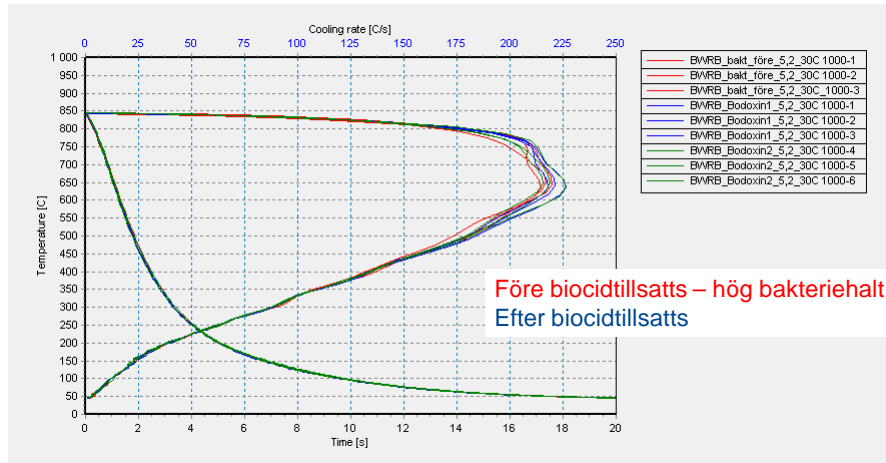
swerea

## Termisk åldring: Aquatensid BW/RB och BW



swerea

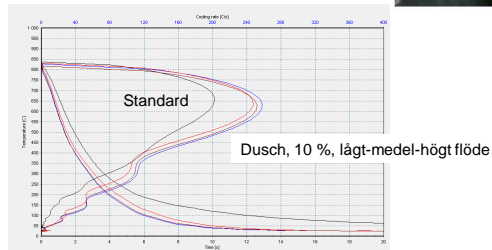
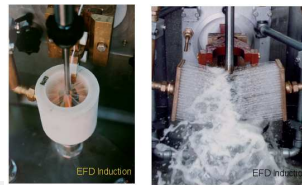
## Bakterier – steg 1: Före och efter biocid tillsats



swerea

## Nästa steg

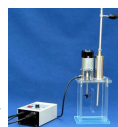
- Att relatera kylkurvor upptagna enligt standard (ISO 9950 och ASTM D 6482) till förhållanden för kyldusch vid induktionshärdning
- Inverkan på härdresultatet



swerea

## Kylkurvor: Kyldusch vid induktionshärdning

- Provning
  - Provstav : Inconel 600, Ø12.5 x 60 mm (ISO 9950)
  - Kylduschmunstycke
- Test 1
  - Provningsutrustning 1
  - Flöde: 71-142 l/m<sup>2</sup>s
  - Koncentration: 5-15%
  - Temperatur: 22-38°C
  - Hårdhet och restspänningar för stål C45 och 42CrMo4
  - Inga kylkurvor enligt ASTM D 6482
- Test 2
  - Provningsutrustning 2
  - Flöde 77-170 l/m<sup>2</sup>s
  - Koncentration: 5-15%
  - + kylkurvor enligt ASTM D 6482



| FFI Enviroman | 2015-06-05

swerea  
SWEDISH WELDING RESEARCH

## Result test 1: inverkan på hårdhet och restspänningar

- Enkel geometri
- Stål C45 och 42CrMo4
- Oanlöp
- Aquatensid BWRB

### Ythårdhet

- Ökad koncentration, 5% → 15%: minskar 1,5-2,0 HRC
- Ökad temperatur. 15 °C: minskar 0,5 HRC
- Dubblerat flöde: ökar 0,5 HRC

### Tryckrestspänningar

- Ökad koncentration, 5% → 15%: minskar 200-270 MPa
- Ökad temperatur. 15 °C: minskar 50-60 MPa
- Dubblerat flöde: ökar 40-50 MPa

| FFI Enviroman | 2015-06-05

swerea  
SWEDISH WELDING RESEARCH



## Om kylförloppet

Det går egentligen inte att definiera en idealisk kylkurva, men några generella riktlinjer är:

- kort ångfilmfas
- hög kylningshastighet vid 500–600 °C (förbi ferrit /perlit-nosarna)
- långsam kylning mot slutet nära Ms (minskad risk för sprickor)

Det ideala kylförloppet är beroende av stålsorten, geometrin, chargen och utrustningen, m m.

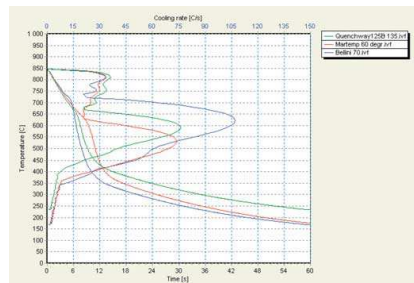
För långsam kylning → risk för perlit/bainit (låg hårdhet)

För snabb kylning → risk för sprickor

swerea  
SVEVETEKNIKEN

## HP-värdet: Hardening Power

- Kylförmågan - med värden från kylkurvor – relateras till erhållen hårdhet hos härdade stålprovstavar, C45
- Framtaget för kylning i oljor och polymerer
- Experimentellt baserad metod
- Arbete som utfördes på 80-90-talet
- Bakgrund: svårt att jämföra olika härdoljor med varandra



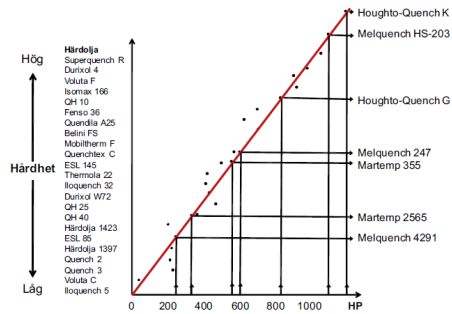
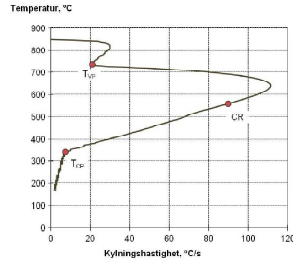
### Referenser:

- Bodin, J., & Segerberg, S. (1991). Measurement and Evaluation of the Quenching Power of Quenching Media for Hardening. In *Quenching and Carburising: Proceedings of the Third International Seminar of the International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering* (pp. 33–54). Melbourne, Australia: The Institute of Materials.
- Segerberg, S. (1988). Classification of Quench Oils: A method of Comparison. *Journal of Heat Treating*, 30–33.

swerea  
SVEVETEKNIKEN

## HP-värdet för härdoljor

- $HP (oljor) = 91,5 + 1,34 \cdot T_{VP} + 10,88 \cdot CR_{550} - 3,85 \cdot T_{CP}$

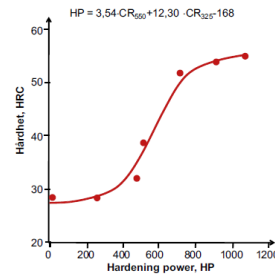
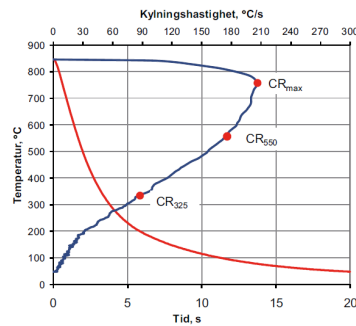


[Stål och värmebehandling – en handbok]

swerea

## HP-värdet för polymerer

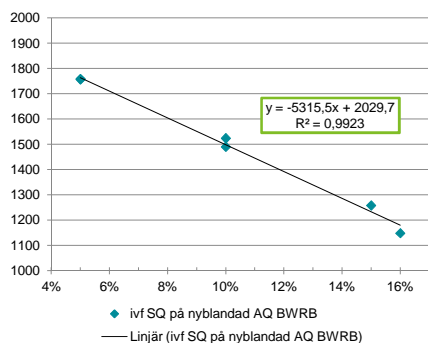
- $HP (polymerer) = 3,54 \cdot CR_{550} + 12,3 \cdot CR_{325} - 168$ 
  - $CR_{550}, CR_{325}$  = Kylningshastighet vid 550 och 325°C
  - $CR_{550}$  = Kylningshastighet vid ferrite/perlit-nosar
  - $CR_{325}$  = Kylningshastighet vid martensitbildning



[Stål och värmebehandling – en handbok]

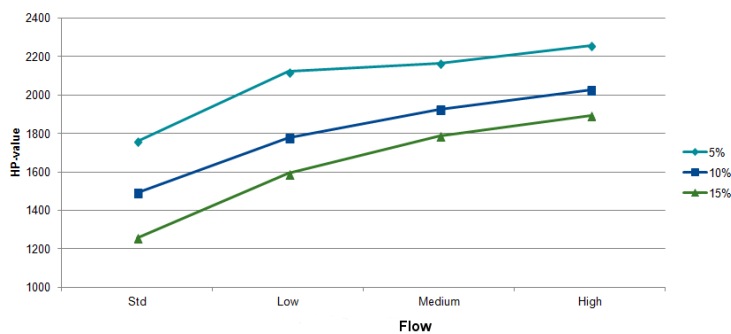
swerea

## HP-värde ny Aquatensid BWRB



Aquatensid BWRB	
Koncentration	HP-värde
5%	1757, 1759
10%	1524, 1490
15%	1258
16%	1148

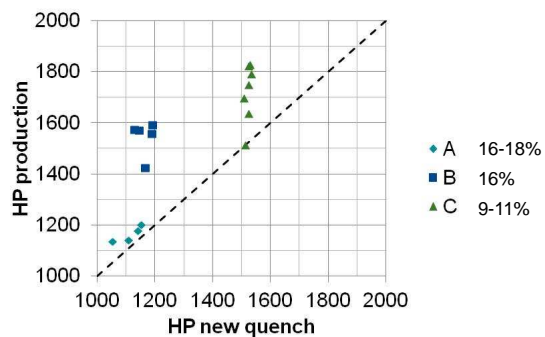
## HP-värde: standard (ASTM D 6482) → kyldusch ISO 9950



Given koncentration →  $HP_{SQ}$  (acc to ASTM D 6482)  
 Modell:  $HP_{Hdusch} = C_1 + C_2 * HP_{SQ} + C_3 * F_{spray} + C_4 * HP_{SQ} * F_{spray}$

## HP-värden från produktionsuppföljning

- Uppmätta enligt standard: ISO 9950 och ASTM D 6482
- Högre HP-värden för kylmedel från produktionsuppföljningen jämfört med nyblandad polymer



| FFI Enviroman | 2015-09-30

swerea

## HP-värdet ger inte all information...

Riktlinjer kylförlopp

- Hög kylningshastighet vid 500–600 °C (förbi ferrit-/perlit-nosarna)
- Långsam kylning vid Ms

Företag	% högre CR vid 300 °C	% högre CR vid 550 °C
A	-	-
B	60%	10%
C	20%	3%

Jämfört med nyblandat kylmedel hade kylmedlen från produktionsuppföljningen högre kylningshastighet framförallt vid lägre temperaturer.

| FFI Enviroman | 2015-09-30

swerea

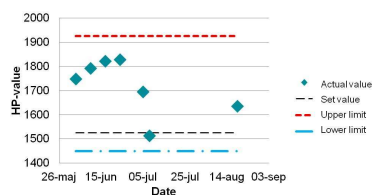
## Inverkan på HP-värdet

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Nyblandad Aquatensid BW/RB               <ul style="list-style-type: none"> <li>5 → 15 %</li> </ul> </li> </ul>   | HP-värde<br>1757-1148 → -609                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Termisk åldring               <ul style="list-style-type: none"> <li>Aquatensid BWRB: 0-400 cycles</li> <li>Aquatensid BW: 0-400 cycles</li> <li>Aquatensid BW: 0-1 000 cycles</li> </ul> </li> </ul> | HP-värde<br>1377-1639 → 262<br>1210-1540 → 330<br>1210-1772 → 562 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Produktionsuppföljning:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Företag A</li> <li>Företag B</li> <li>Företag C</li> </ul> </li> </ul>   | 1136-1200 → 64<br>1424-1592 → 168<br>1514-1828 → 314              |



## Guidelines för produktionsuppföljning

- Underhåll och justeringar enligt företagets rutiner
  - Notera antal dagar från badbyte och justering
  - Notera mängd tillsatt vatten eller kylmedel
  - Viktigt att ha en repeterbar metod att mäta koncentration
  - Kontrollera: bakterier, pH etc
- Ta upp kylkurvor regelbundet – kontroll av kylförmågan
- Jämför och följ upp HP-värdet
- Beräkna nyckelvärden kopplat till kyld effekt, t ex:
  - "ton gods per liter kylmedel"
  - "kW i hårdverk per liter kylmedel"
- Fastställ styrgränser –
- Jämför HP-värde och övriga nyckeltal med styrgränser




## Styrgränser måste fastställas

- Stål C45 och 42CrMo4
- Cylindriska prov
- HP för kylning i dusch
- Hårdhet
  - +400 HP → +1,5 HRC Q
  - +400 HP → +1 HRC Q&T
- Restspänningar
  - +100 HP → +45 MPa axiella tryckrestspänningar Q
  - +100 HP → +25 MPa axiella tryckrestspänningar Q&T
  - +100 HP → +65 MPa tangentiella tryckrestspänningar Q
  - +100 HP → +45 MPa tangentiella tryckrestspänningar Q&T
- Risk för sprickor? → värmning, komponentgeometri, kylning...

## Slutsatser

- Högre kylningshastigheter för kylmedel från produktionsuppföljningen jämfört med nyblandad polymer → når önskad hårdhet → risk för sprickor
- HP-värdet är användbart för att klassificera kylningskapaciteten
  - Bra för att kontinuerligt följa upp förändringar i kylförmågan genom standardiserad provning
  - HP-värdet sammanfattar hela kylförloppet
  - Styrgränser krävs
- När kylningskapaciteten blir för hög måste badet justeras eller bytas ut helt
- Termisk åldring av polymeren medför att kylförmågan ökar
- Genom kontinuerlig uppföljning och analys av kylkurvor och HP-värde, kombinerat med normala rutiner, skulle badets livslängd kunna förlängas
  - Miljö- och kostnadsbesparing
- Dock svårt att ange rekommendation om badbyte avseende sprickrisk → komplext

# Tack!

**ivf smart Quench**  
**30 år!**

swerea  
Svevia Energy Research



Vi arbetar på vetenskaplig grund  
för att skapa industrinytta.  
[www.swerea.se](http://www.swerea.se)

PWT1 OF RISE

30

swerea  
Svevia Energy Research