



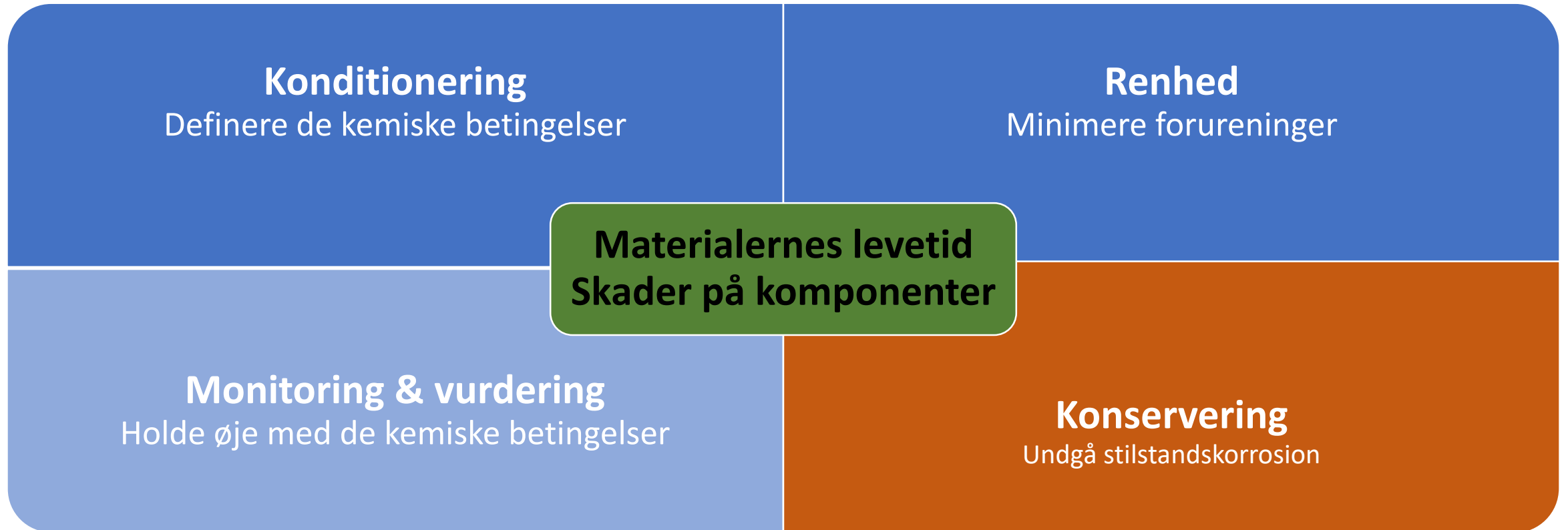
De rette kemiske betingelser for at minimere  
korrosion og opnå lang levetid af  
komponenter i vand-damp kredsløb

Karsten Thomsen, COWI

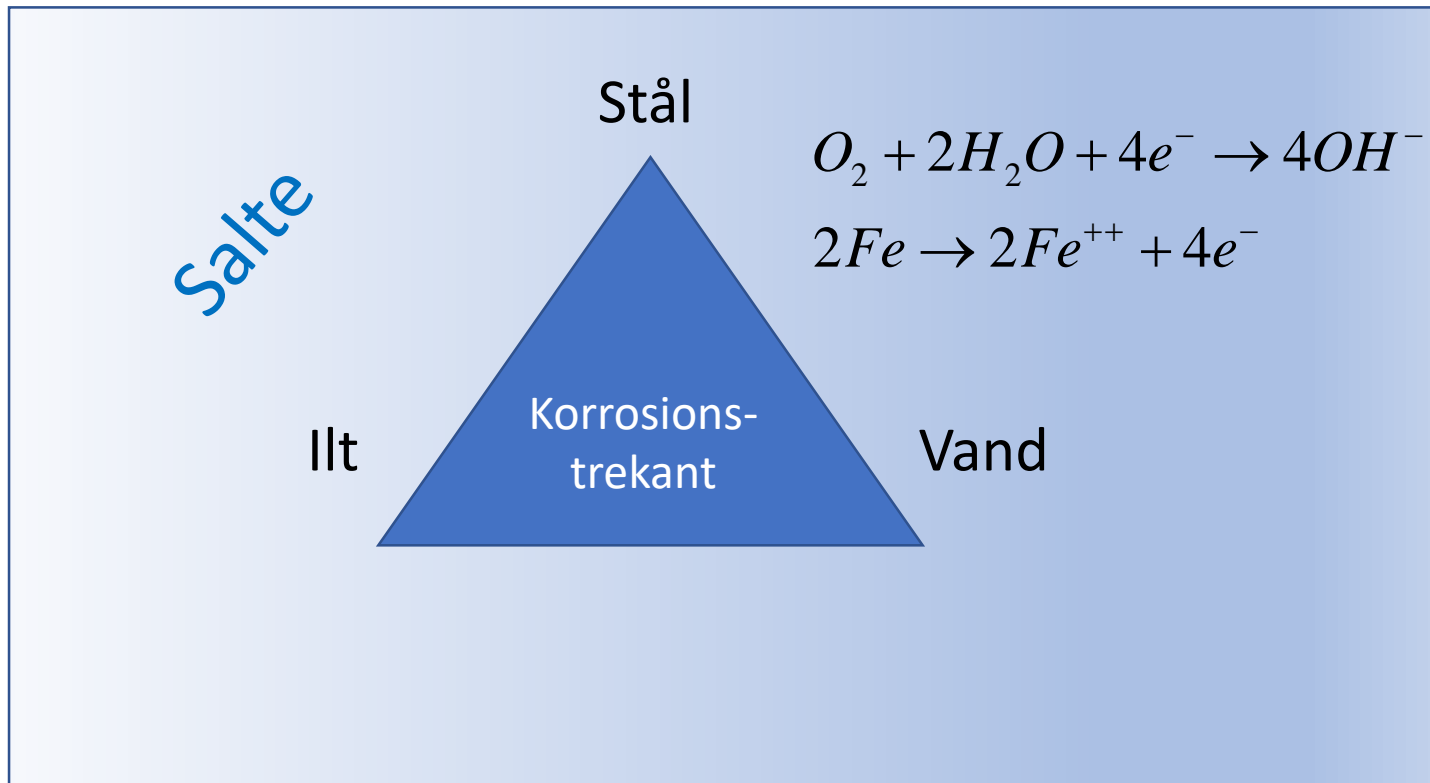
SIAPWS Danmark workshop, 7-3-2019, Stilling

All about water

# Materialer, vandkemi og havarier



# Iltkorrosion



Korrosion finder sted i nærvær af vand og ilt.

Salte fremmer korrosionsprocessen.

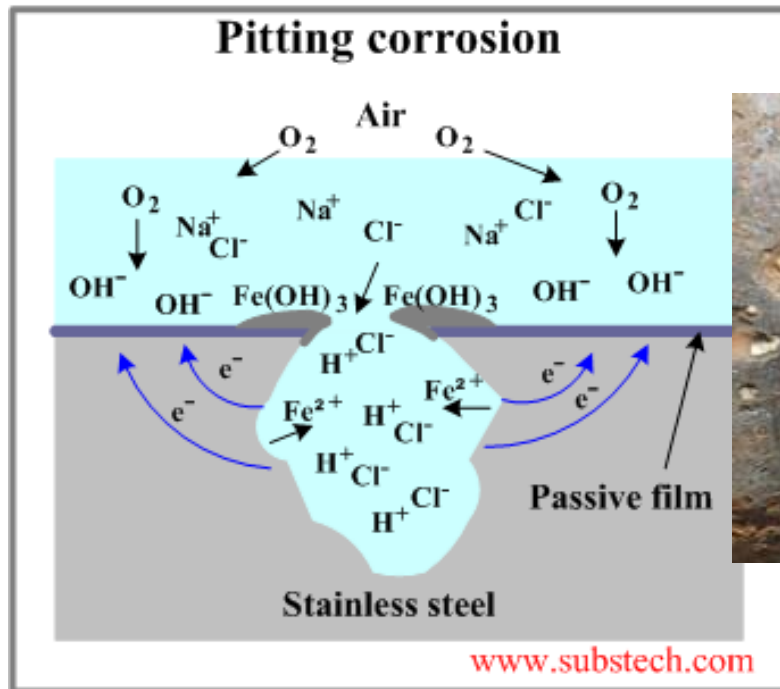
**Filosofi bag konservering: Fjern mindst en af komponenterne i korrosionstrekanten,** dvs.

- Stål → Udskift materialet
- Vand → Tørkonservering
- Ilt → Vådkonservering

Generelt skal tilstedeværelsen af salte minimeres, da de fremmer korrosion.

## Fladekorrosion eller grubetæring – fra harmløs til lokal, ødelæggende korrosion

### > Korrosion er en elektrokemisk proces:



- > Korrosionprocessen medfører ladnings-transport vha. ioner i opløsning
  - > Lav ledningsevne hæmmer processen og begrænser afstanden mellem delreaktioner
  - > Høj ledningsevne – salte, særligt klorid – fremmer processen og øger afstanden
- > Lav ledningsevne og ilt: kort distance mellem oxidation af Fe og reduktion af  $\text{O}_2$  - fører til fladekorrosion, og ved alkalisk pH, udfældning og passivering.
- > Høj ledningsevne og ilt: Større distance mellem lokal oxidation og reduktion af ilt over en stor overflade – fører til grubetæring i defekter i oxidlag. Gruben fyldes med korrosionsprodukter, når den gror nedad

# Korrosion dækker over mange processer

Betegnelse	Beskrivelse	Fremmes af
Spændingskorrosion	Statiske eller dynamiske spændinger i materialer fører til hurtigt-voksende revner og sammenbrud. Starter ofte i en grubetæring, rammer fx overheadere og turbiner	Salte, især klorider, natriumhydroxid
Udmattelseskorrosion	Korrosion i defekter i materialer under spænding laver sprække, spalte under stilstand. Når denne bliver dyb nok, dør materialet af træthed	Salte, især klorider
Erosionskorrosion, flow-accelerated corrosion	Det beskyttende oxidlag slides hele tiden af pga turbulent strømning, materialet oxideres og forsvinder. Brud, når godstykkelsen er lille.	Turbulent strømning, blanding af damp og vanddråber
Brintskørhed	Pga aflejring af oxider på kedelrør stiger materialets temperatur, reagerer direkte med vand og danner brint. Brint trænger ind langs korngrænser i materialet og ødelægger styrken	Højt indhold af jern i fødevand giver aflejringer på kedelrør

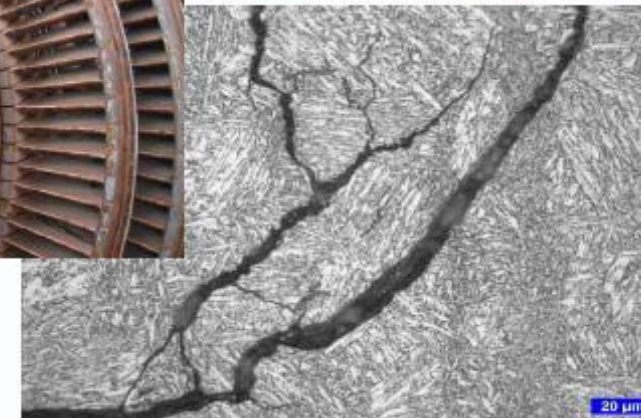
# Eksempel: MT-turbine med NaOH-belægninger

Was passieren kann wenn das Überwachungskonzept nicht passt.....

**Vor-Ort-Inspektion +  
Proben von den  
Ablagerungen**

**=> pH = 11!**

**Laboruntersuchung:  
Schaufeln der Reihe 12  
brachen durch einen  
Ermüdungsbruch,  
entstanden durch  
laugeninduzierte  
Spannungsrisskorrosion.**



Reference: Alstom

# Konditionering af fødevand

- All Volatile Treatment, AVT (alkalisk konditionering)

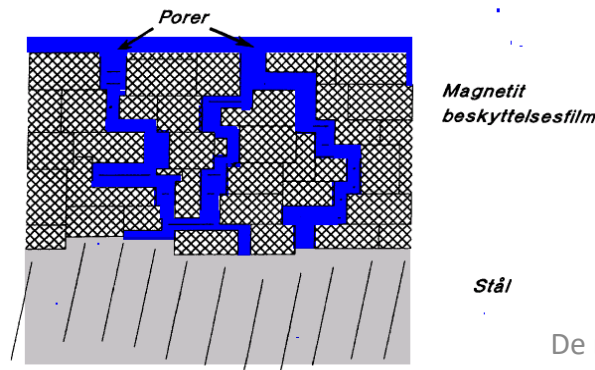
- Fødevandet konditioneres med ammoniak  
(850-1200 µg/kg, 6-7,5 µS/cm, pH 9,2-9,5)
- Ilt fjernes ved afluftning til <20 µg/kg (VGB nu: <100 µg/kg)

- Fordele

- Mere robust overfor forureninger

- Ulemper

- Jernoxid i fødevands- og kondensatsystem samt fordamper primært mere porøst magnetit
- Dårligere forsegling af ståloverflader



- Oxygenated Treatment, OT (Kombifahrweise, iltende konditionering)

- Fødevandet konditioneres med ammoniak  
(80-200 µg/kg, 1,0-2,2 µS/cm, pH 8,6-8,9)
- Ilt doseres til kondensat/fødevand til 30-150 µg/kg

- Fordele

- Jernoxider bliver blanding af porøst magnetit og tæt hæmatit
- Bedre forsegling af ståloverflader
- Minimerer dannelse og transport af jernoxider

- Ulemper

- Mindre robust overfor forureninger
- Kræver høj renhed, sur ledningsevne < 0,10 µS/cm i almindelighed

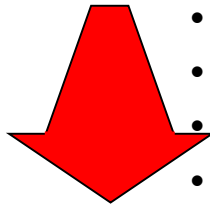
# De vigtigste analyseparametre

Parameter	Symbol	On-line	Lab.	Betydning
pH	pH	(Ja) Nej	(Tjek)	Setpunkt for konditioneringsmiddel (ammoniak), nøgleparameter i fødevand
<b>Dir. ledningsevne</b>	<b>L, C, SC</b>	Ja	Tjek	Udtryk for konditioneringsmiddel, dvs. ammoniak i fødevand, nøgleparameter i fødevand (og rensset kondensat for gennemløbskedler)
<b>Sur ledningsevne</b>	<b>Lk, AC, CC, CACE</b>	Ja	Tjek	Udtryk for forureningsniveau med salte og kuldioxid, nøgleparameter i fødevand og damp
<b>Natrium</b>	<b>Na</b>	Ja Nej	Tjek Kontrol	Salte i fødevand og damp, lækage i fjernvarmevekslere, nøgleparameter i damp
<b>Ilt</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	Ja	Tjek	Kontrol af konditionering af fødevand
Jern	Fe	Nej	Kontrol	Udtryk for korrosionsaktivitet og afsætning
Silikat	SiO <sub>2</sub>	Nej Ja	Kontrol Tjek	Kontrol af fødevand og spædevand On-line på spædevand, evt. fødevand
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	Nej	Kontrol	Kontrol af konditionering af fødevand
Sporstoffer		Nej	Kontrol	Kampagne og problemløsning, kontrol af forureninger, salte, kuldioxid og organisk stof

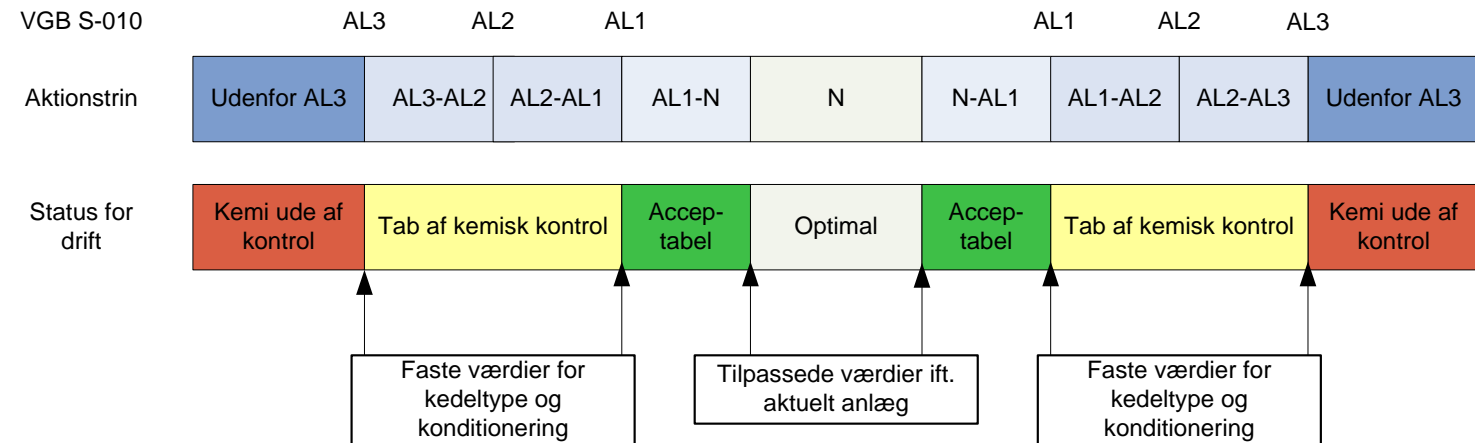


# Aktionstrin – konceptet i VGB S-010-2011 standarden

- Værktøj til at
  - Køre anlægget sikkert alene vha. on-line monitorer
  - Vurdere alvoren af afvigelser i vand/damp-kemien
  - Håndtere akutte situationer bedst muligt
- Nøgleparametre
  - De vigtigste parametre i de kritiske prøvesteder
- Aktionstrin – sæt af grænseværdier for nøgleparametre:
  - Optimal drift
  - Acceptabel drift
  - Tab af kemisk kontrol
  - Kemi ude af kontrol
- **Direkte omsættelige til levetidsforbrug og dermed omkostninger!**



Stigende levetidsforbrug



# Det vigtigste om nøgleparametre

•De mest kritiske parametre for **sikker drift**, **minimal risiko** for havari og **maksimal levetid** for komponenter

•**Få og vigtige** – lette at lære og forstå

•**Målt on-line** og registreret af SRO-anlæg

•**Afgørende for aktioner** ved afvigelser i kemien – i ekstreme situationer at køre anlægget ud

Nøgle parametre for gennemløbskedler	pH (målt/beregnet)	Direkte ledningsevne	Sur ledningsevne	lit	Natrium
Kondensat efter KR-anlæg		MR	MO		MR
Fødevand til ECO og indsprøjtningsskølere	MR ALS	MR ALS	MR ALS	MR ALS	MO ALS
HT-damp			MR ALS	Ny	MR ALS
<b>Forklaring</b> MR Måling anbefalet/forventet MO Måling hensigtsmæssig ALS Aktionstrin specificeret		Gul farve markerer en nøgleparameter		Hvid farve markerer en dianoseparameter	

# Konklusioner

