

Havvindmøller og korrosion



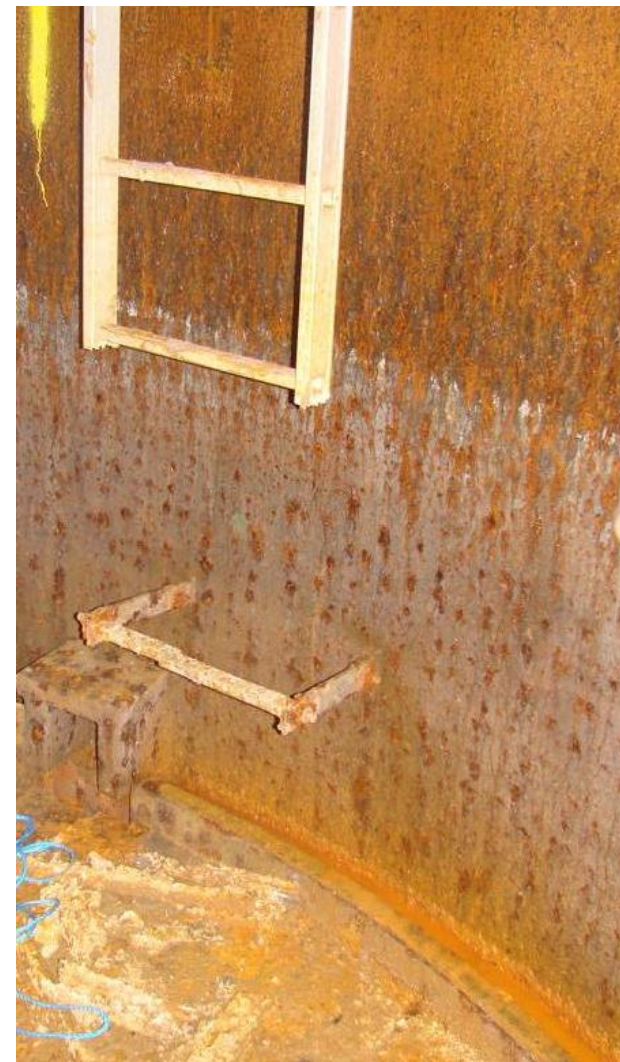
Lisbeth Rischel Hilbert
FORCE Technology

Korrosion & metallurgi

Forebyggelse af korrosion
Korrosion indvendigt i monopæle
Igangværende aktiviteter

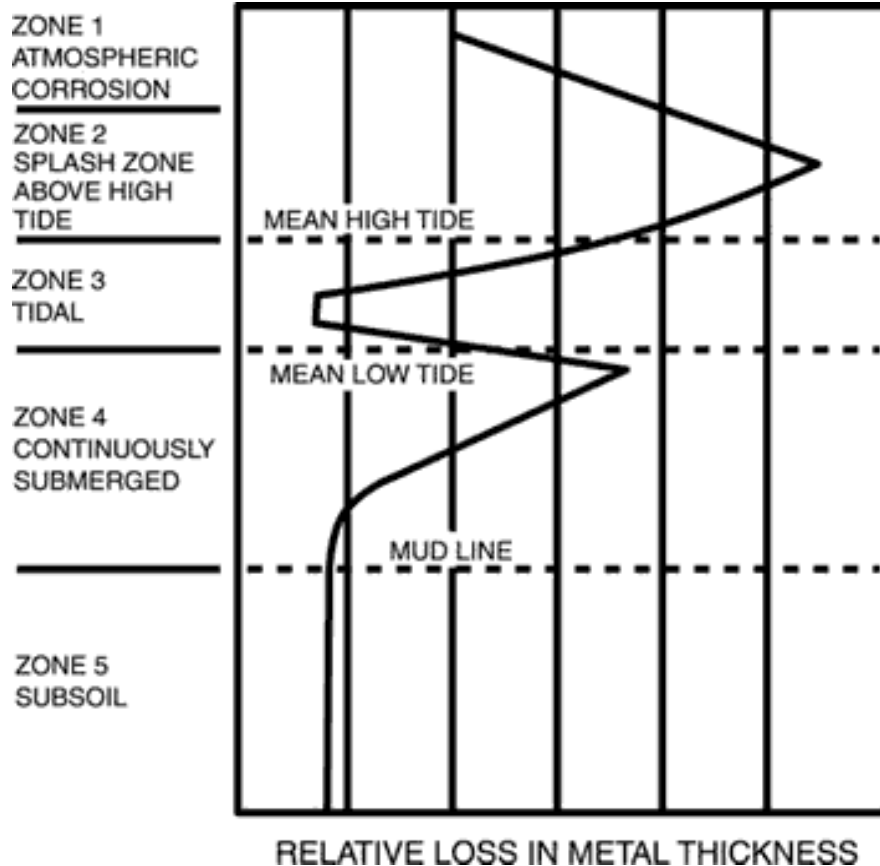


Har vi et problem?

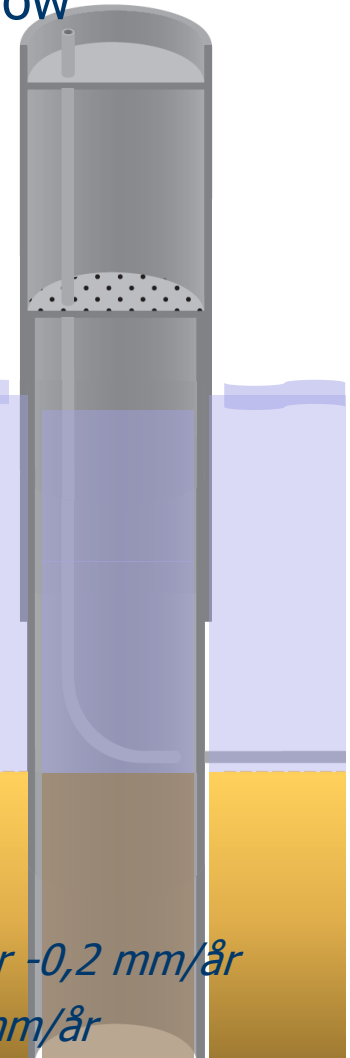


Monopæl – møllens fundament

- Stål rustet i havvand – særligt afhængig af tidevand og flow
- Katodisk beskyttelse og/eller coating anvendes
- Korrosionstillæg



(LaQue: Marine corrosion, 1975)



DNV-OS-J101:

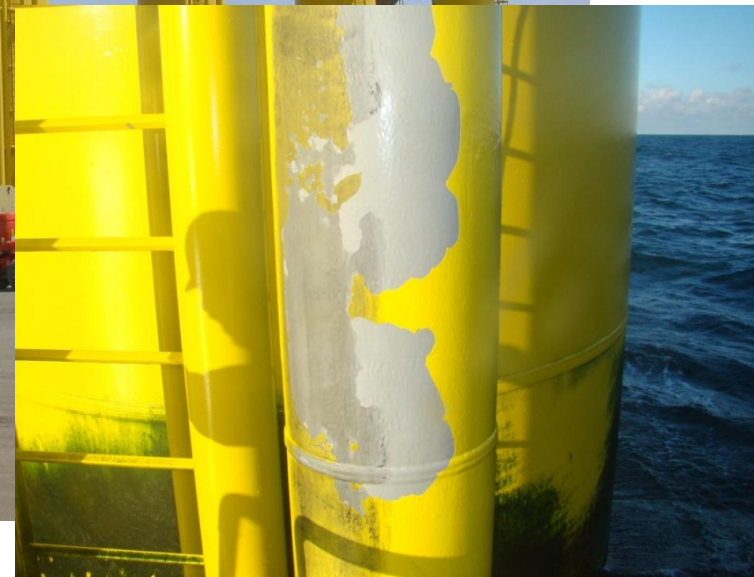
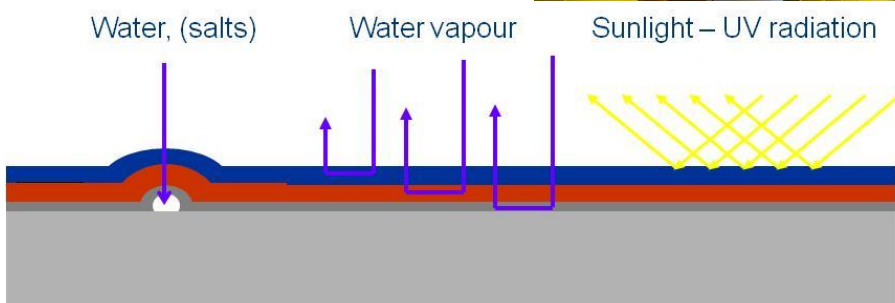
- *splash zone 0,15 mm/år - 0,2 mm/år*
- *submerged min. 0,10 mm/år*

Sikre optimal kvalitet af coating

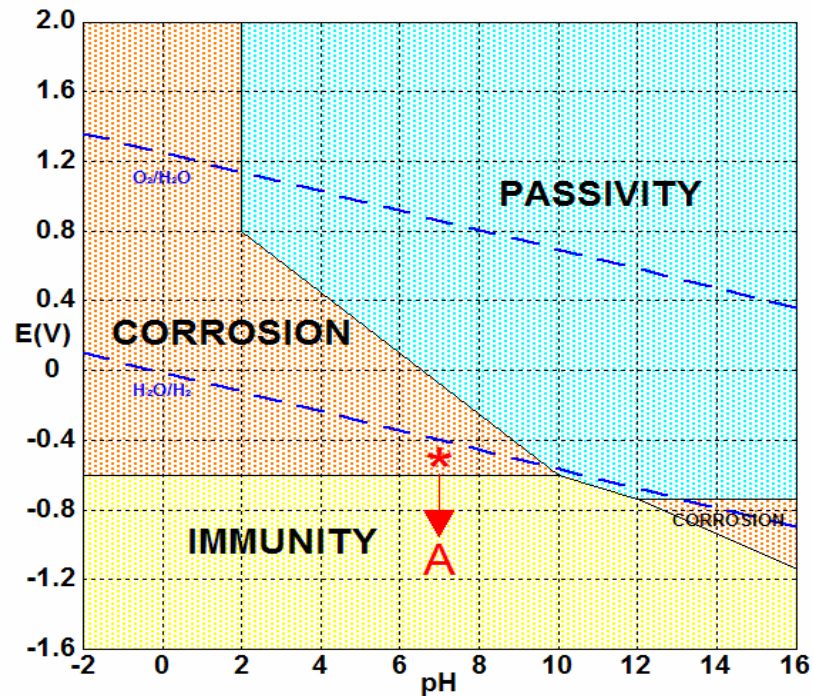
Coating er en barriere mod miljøet

Undgå fremstillings- eller håndteringsfejl

Nedbrydning over tid pga. miljø og UV- valg af coatingsystem

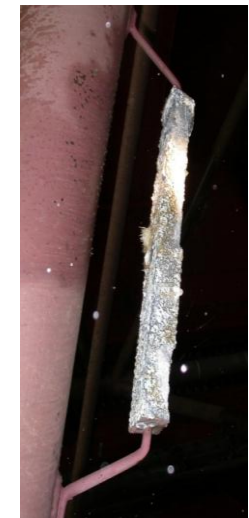
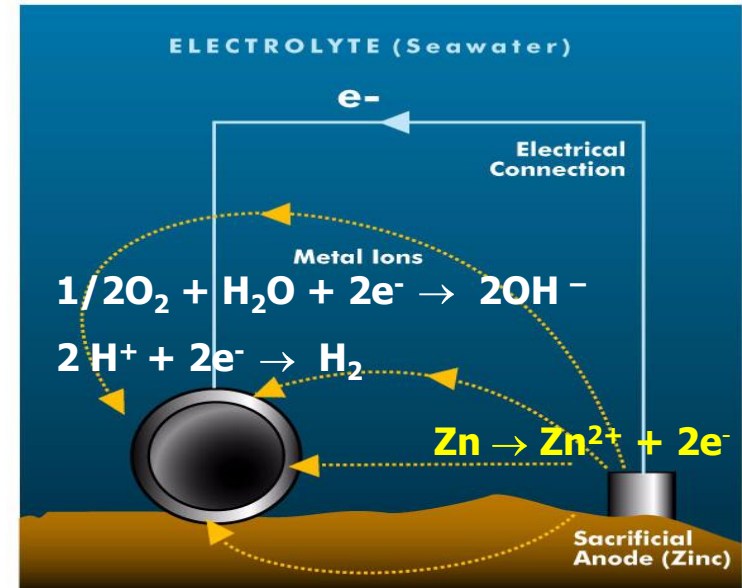


Katodisk beskyttelse (CP) - princip



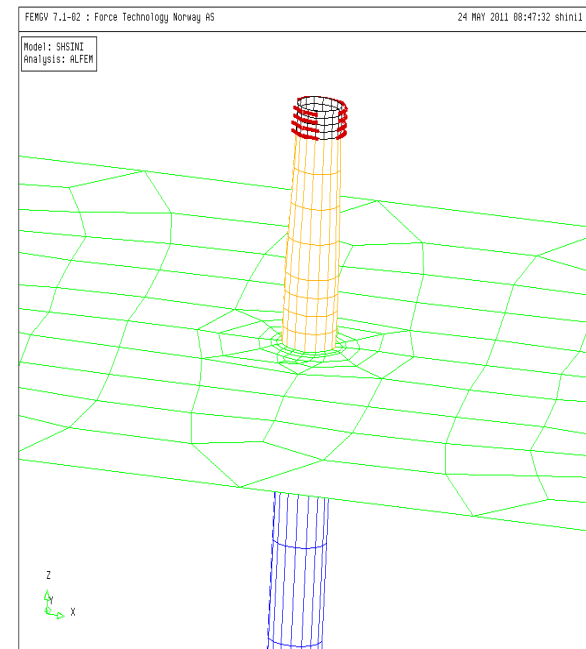
Stabilitetsdiagram for jern i rent vand ved 25 °C
(potential vs. SHE)

- Anoden (zink) korroderer
- Ved elektrisk kobling= strøm af elektroner
- Potentialet sænkes, stålet er beskyttet
- pH stiger ved stålet, endnu langsommere korrosion

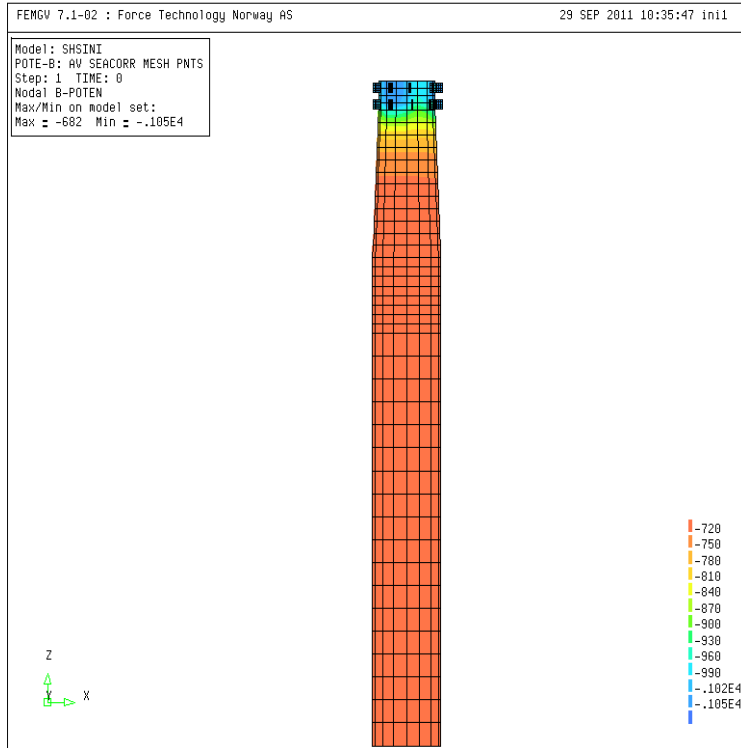


TP coated og med anoder

- Beskytter KUN udvendigt
- Kræver passende design med ønsket levetid
- Kontrol er nødvendigt, (-0.80 til -1.10 V vs Ag/AgCl/havvand)
- Coating nedbrydes over tid, anoder kan udskiftes

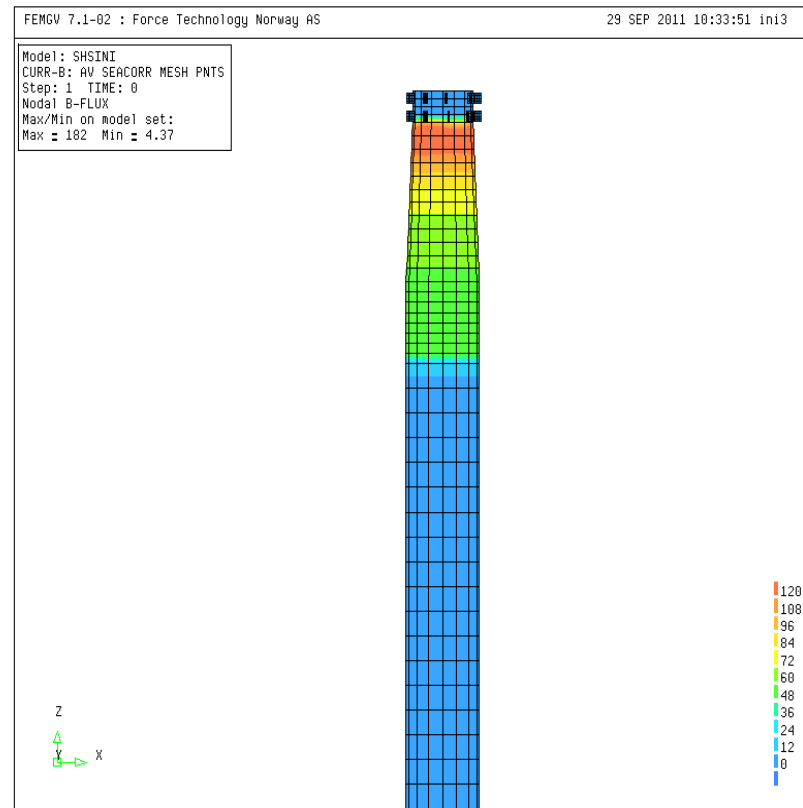


Monopæl typisk kun beskyttet med CP



Potentiale (mV vs Ag/AgCl)

Baseret på initielt strømbehov er pælen med dette design underbeskyttet – anoderne sidder for tæt!



Strømtæthed (mA/m²)

Korrosion indvendigt i monopæle

Designet til levetid på 20-25 år

Lukket kammer, lav iltindhold

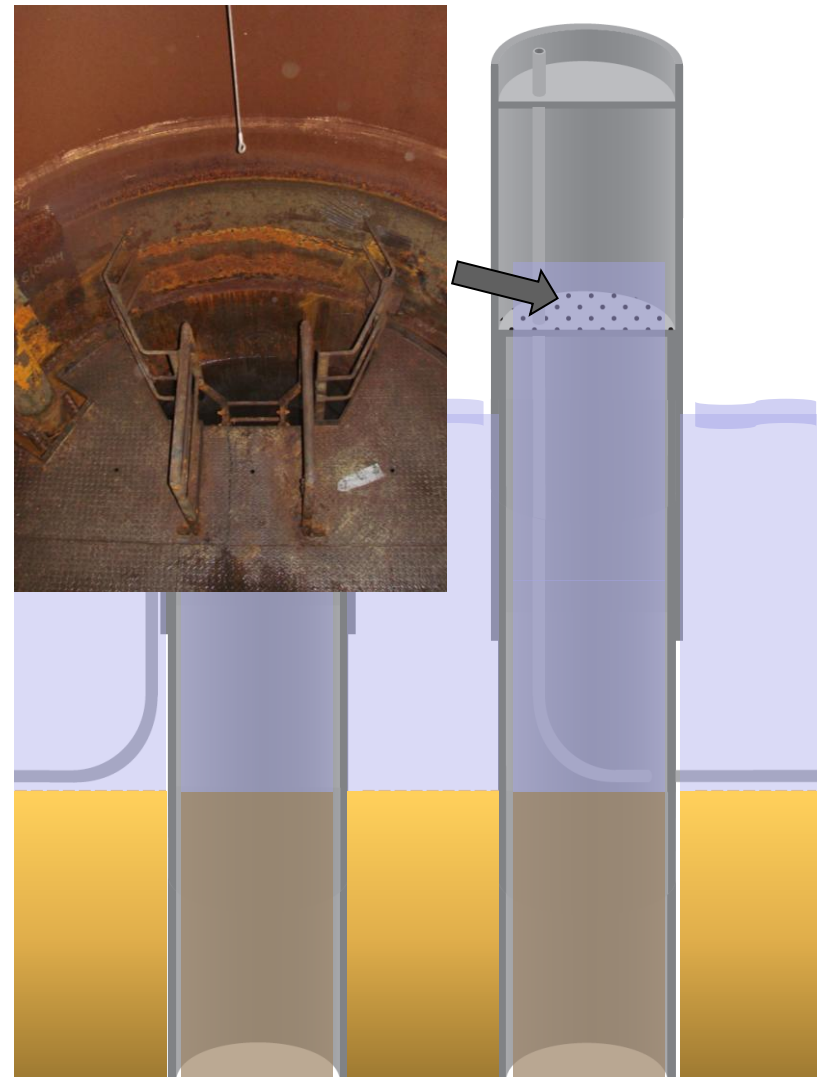
Forventet lav korrosionsrate

Korrosionstillæg

Intern eller ekstern J-tube

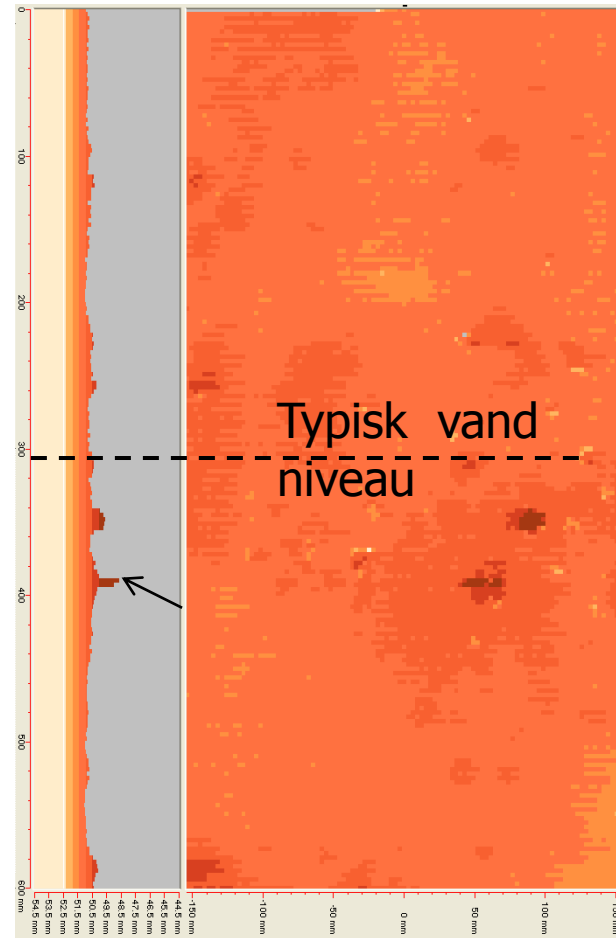
DNV-OS J101:

- *Internt: CP eller korrosionstillæg med eller uden kombination med coating*
- *I praksis vanskeligt at opnå helt lufttætte og forseglede rum*
- *Tidevand giver variation i det indvendige vandniveau.*

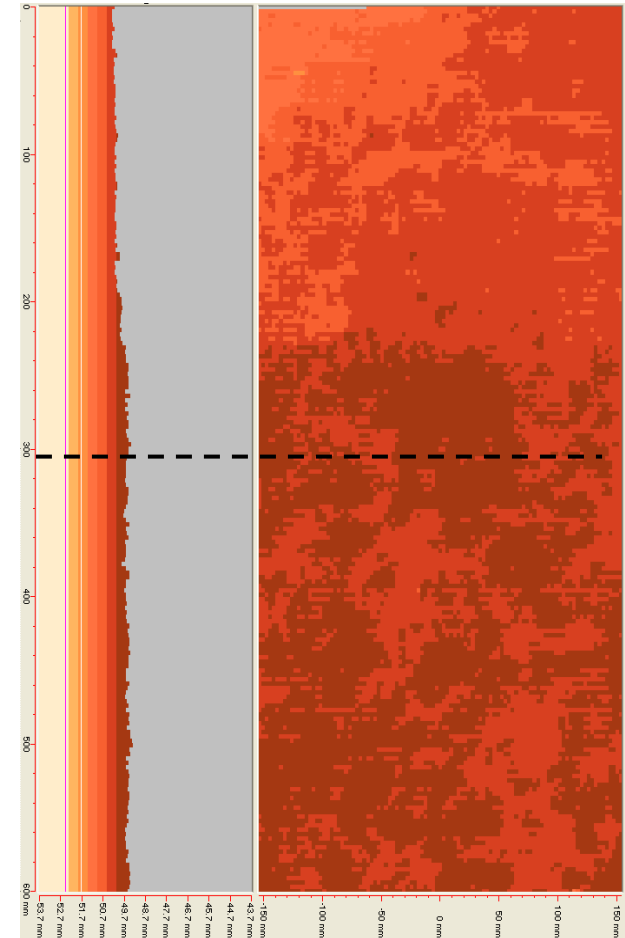


Godstykkelsesreduktion, lokalt stor variation

Eksempel på UT godstykkelsesdata – samme fundament



Localised pitting corrosion. Min. wall thickness above/below waterline: 50.3 / 48.7mm. Average: 51.0 mm => **Max variation: 0.7/2.3 mm.**



Localised general corrosion. Min. wall thickness above/below waterline: 49.7 / 49.3 mm. Average: 49.9 mm => **Max variation 0.2/0.6 mm**

Accelerated low water corrosion

- Havne (spunsvægge), ballast tanke
- Høje lokale korrosionsrater pga. iltkoncentrations-celle
- Aerobe og anaerobe organismer

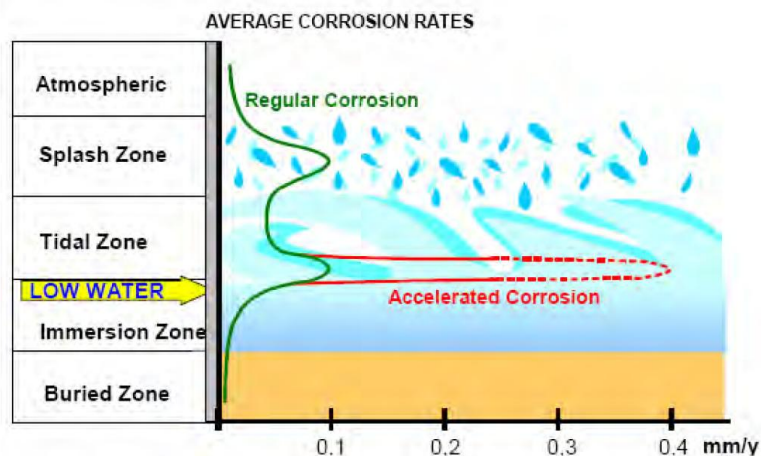
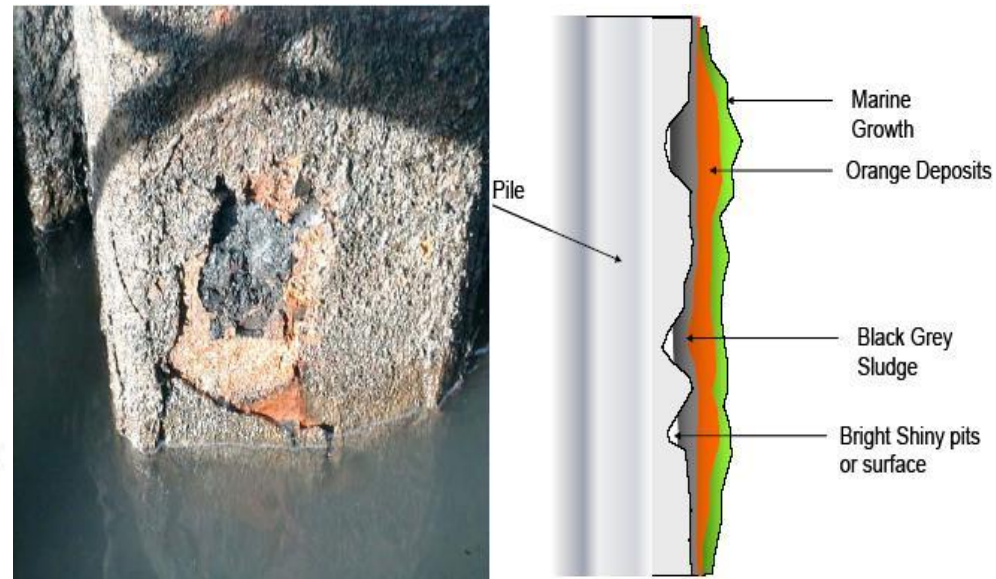


Figure 1: Typical corrosion profile of steel piling in tidal water
Marty et al, Eurocorr 2010



Korrosionsrater, første 2-8 år

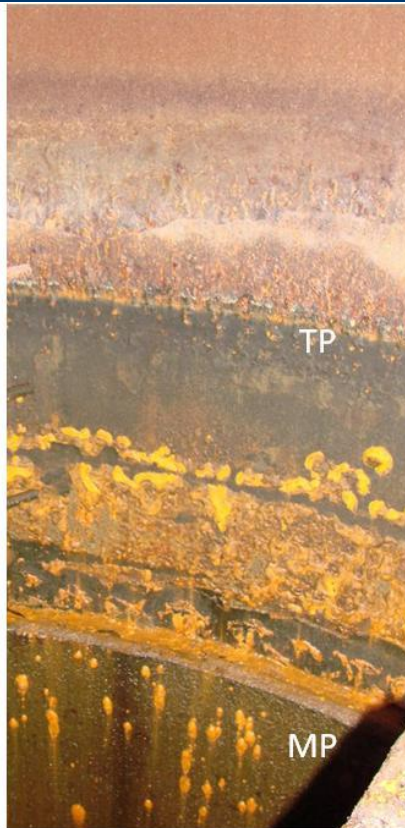
Atmospheric zone

Tidal zone

Mean water level

Submerged zone

Service platform



Data:

Atmosfærisk, $<0,1$ mm/år

“Tidal”: op til $0,5$ mm/år lokaliseret

Submerged: $0,1-0,15$, lokalt $0,2-0,3$ mm/år,
afhænger af dybde og ilttilførsel

Risici i mudderzone og sediment?:

Ittkoncentrationscelle mudderzone, $0,2$ mm/år

MIC lokalt $0,1-0,25$ mm/år

Sediment: ~ 0.015 mm/år generelt

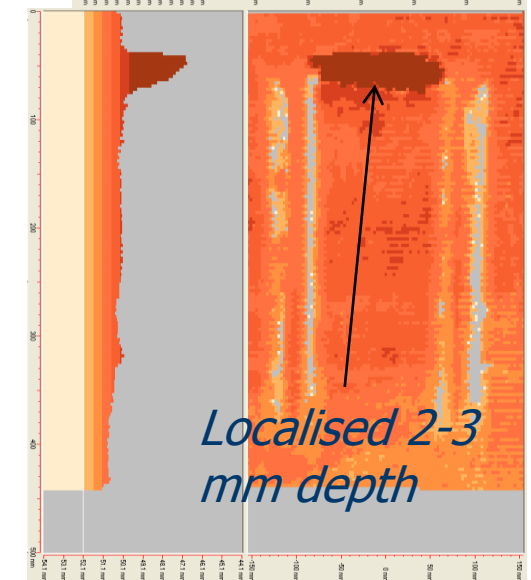
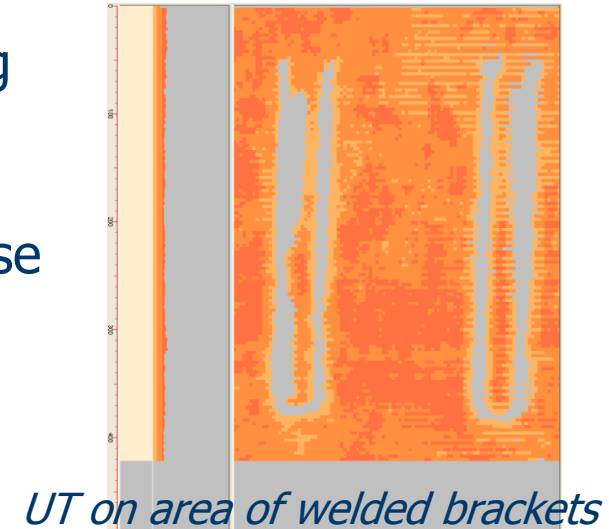
Frygten for revner - korrosionsudmattelse?

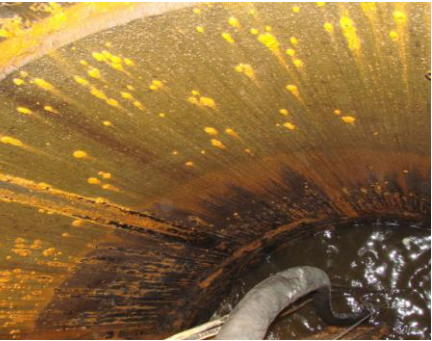
Risiko for revnevækst under dynamisk belastning
Korrosion i højtbelastede zoner er kritisk

Men..der er meget gods og aflejringer kan bremse
revnevækst

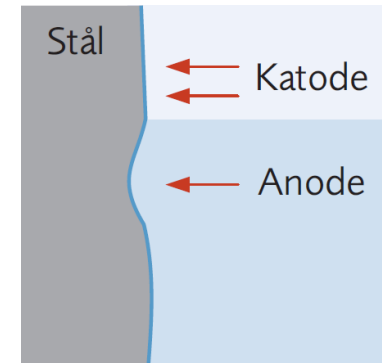
Forebyggelse:

- gode svejsninger
- aflast spænding
- coating
- passende CP





- Lokal korrosion øverst i mudderzone?
- Iltkoncentrations-celle?
- Mikrobielt influeret korrosion?
- Brintskørhed forøget (H_2S , CP)?



- Inspektion vanskelig – overvågning?

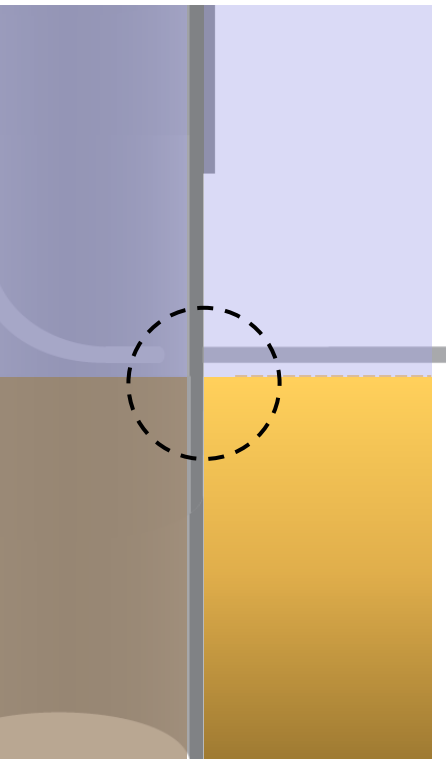
- Ekstern: Coating+CP

- Intern:

Placer svejsesøm udenfor mudderzone

Begræns iltkoncentrationsforskelle

Coating og/eller passende CP

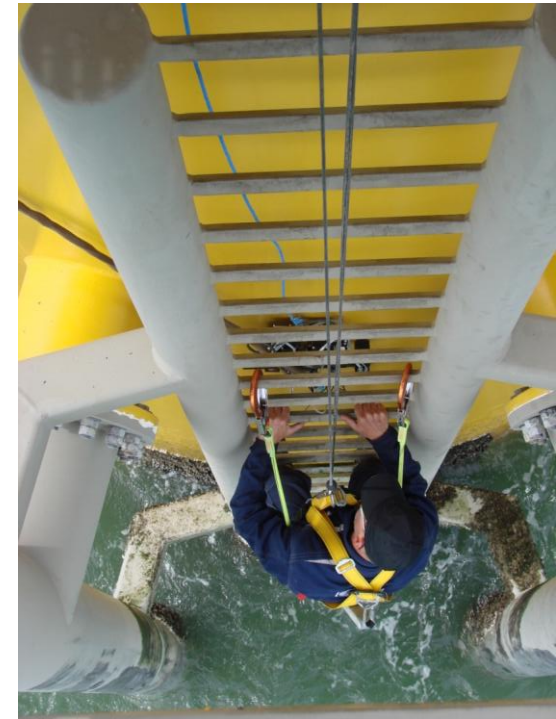


- Noget generel og lokal korrosion kan godt accepteres
- Begræns korrosion i kritiske zoner

- Design helt tæt (!)
- Design åbent og anvend beskyttelse som udvendig
- Coating (max. ca. 10 års levetid)
- Indvendig CP (..strøm, brintskørhed, bakterier, tryk/eksplosion!)
- ...
- Korrosionsovervågning – virker beskyttelsen?!

Kontinuert kontrol og varsel om reel levetid !

- Typisk fjernt fra kyst
- Mange individuelle enheder
- Besværlig reparation og vedligehold
- Ønsker sikkerhed og forudsigelig opførsel
- Inspektion og monitoringsystemer i udvikling



Forsknings- og udviklingsprojekter med fokus på innovative og kostbesparende løsninger:

Fabrikation og overvågning af grønne offshore strukturer (RKI).

Optimering af svejseprocesser, lasersvejsning
Test og overvågning af korrosionstilstand under drift

Monopile cost reduction and demonstration by joint applied research (EUDP)

Improved design basis of welded joints in seawater

- Cost optimization of welded joints
- Automation of the production process
- Validation of fatigue resistance
- Corrosion properties and monitoring



DanCorr ATV SEMAPP Vidensdeling

26.9.2013 Temadag om korrosion og havvindmøller

European Federation of Corrosion

Working party Marine Corrosion – workshop on renewable energy at Eurocorr conference September 2013, Portugal


NACE International

TG 476 - Corrosion Protection of Offshore Wind Power Units

State-of-the-art of standards and regulations for the corrosion protection of offshore steel constructions

Gap analysis on the corrosion protection of offshore wind power units in the immersed zone and in the transition zone



A photograph showing two vertical aluminum rods against a dark, heavily corroded metal surface. The rods are significantly lighter in color, appearing yellowish-white, indicating they have acted as sacrificial anodes. The surrounding surface is dark brown and black with visible rust and corrosion products.

Aluminum stige der
utilsigtet har virket
som offeranode

Tak for opmærksomheden

Tak til

Anders Rosborg Black,
Peter Kronborg Nielsen,
Troels Mathiesen,
Harald Osvoll,
FORCE Technology, DK & N