

Katodisk beskyttelse af konstruktioner i marint miljø

Seniorspecialist Ruth E. Sørensen

1 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

COWI

Indhold

- > Katodisk beskyttelse, baggrund
- > Katodisk beskyttelse som reparationsstrategi
- > Design
- > Udførelse
- > Drift

2 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

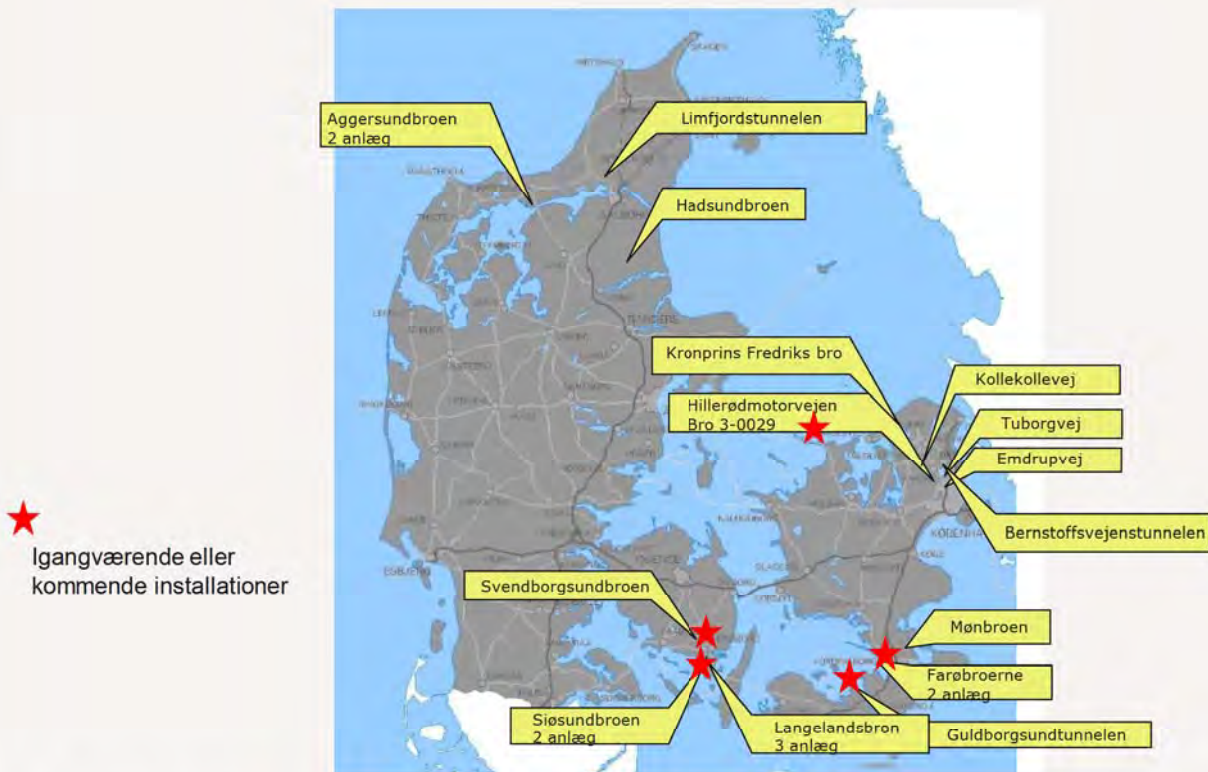
COWI

Katodisk beskyttelse baggrund

- > VD udgav i 2003 en blå rapport "Katodisk beskyttelse. State of the art".
- > Konklusionen var bl.a. at katodisk beskyttelse både teknisk og økonomisk er et velegnet alternativ til andre renoveringsmetoder, herunder også som en forebyggende foranstaltning; specielt på kystbroer er metoden attraktiv som forebyggende metode.
- > Siden da har Vejdirektoratet fået installeret flere katodisk beskyttelses anlæg på deres kystbroer - der pågår installationer, og der er også flere anlæg på bedding inden for de kommende år.



Vejdirektoratets katodisk beskyttelses anlæg



Katodisk beskyttelse baggrund

- > Katodisk beskyttelse er en reparationsstrategi, der er i stand til at standse igangværende korrosion samt forebygge korrosion.



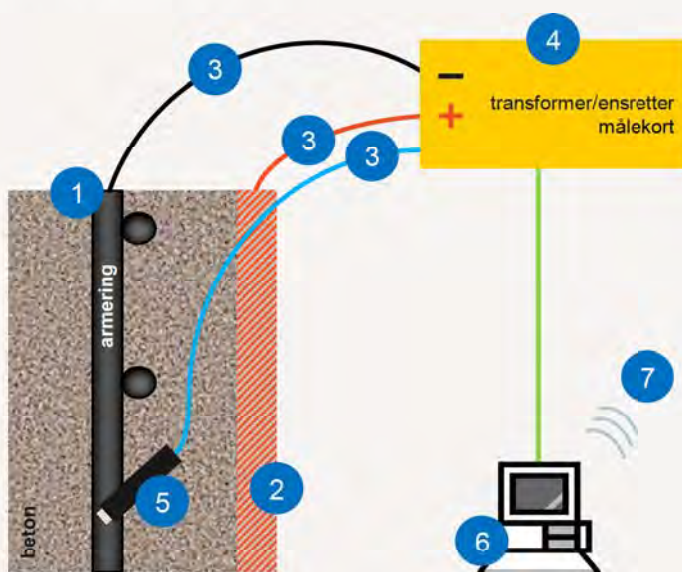
- > Katodisk beskyttelse retablerer ikke armeringen - det der er væk er væk.

5 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

COWI

Katodisk beskyttelse baggrund

- > Katodisk beskyttelse er en elektrokemisk reparationsmetode, hvor armeringskorrosion stoppes ved påtrykning af elektrisk strøm mellem armeringen og et anodesystem via en transformer/ensretter tilsluttet netforsyningen.



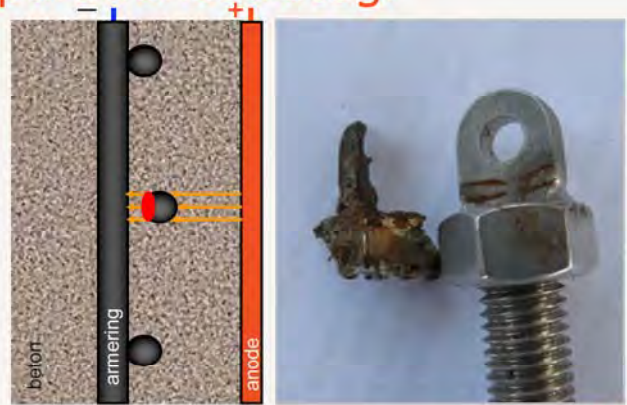
1. Armering
2. Anodesystem
3. Kabelføring
4. Transformer/ensretter
5. Referenceelektroder
6. Styresystem og datalogger
7. Fjernopkobling

6 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

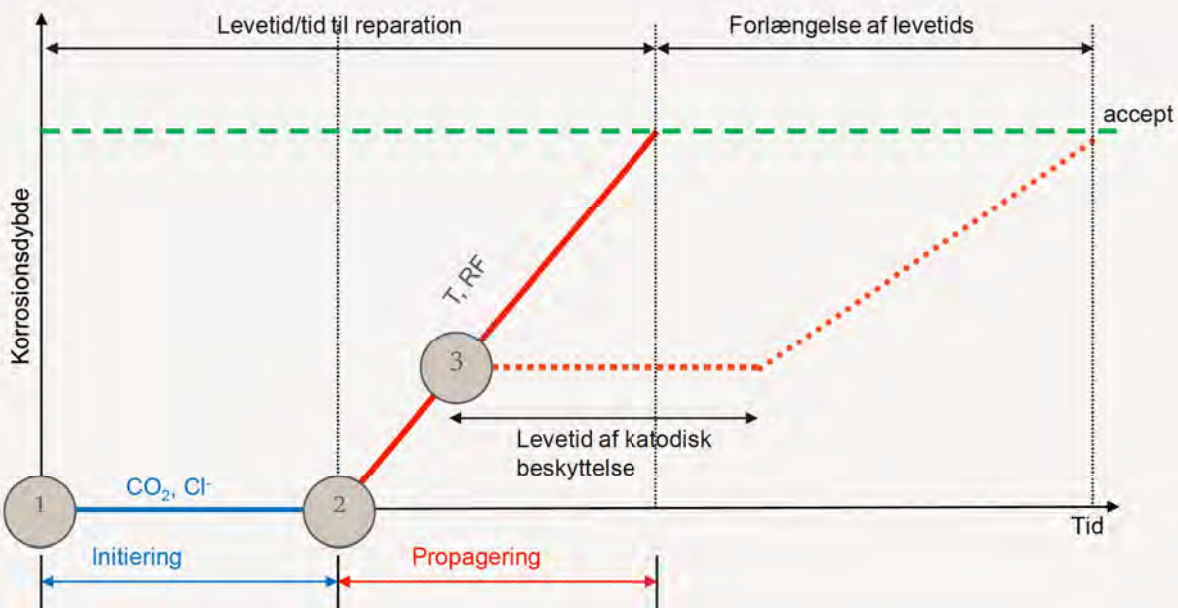
COWI

Katodisk beskyttelse som reparationsstrategi

- > Hvornår kan katodisk beskyttelse anvendes
- > Nedbrydningsmekanismer
 - > Kloridinitieret armeringskorrosion
 - > Karbonatisering
- > Armeringskontinuitet er et krav:
 - > Skal etableres hvor den er mangelfuld også til øvrige metaldele
- > Skadeomfang for dæklag og armering skal tages i betragtning:
 - > Dæklag skal udbedres
 - > Korroderet armering skal suppleres/erstattes, såfremt tværsnitsreduktionen ikke er acceptabel.



Katodisk beskyttelse som reparationsstrategi



Design, valg af anodesystem

Beton er ikke frostbestandig – anodesystemet bygges ind i pillerne



Vanskelige adgangsforskel og arbejdsforhold



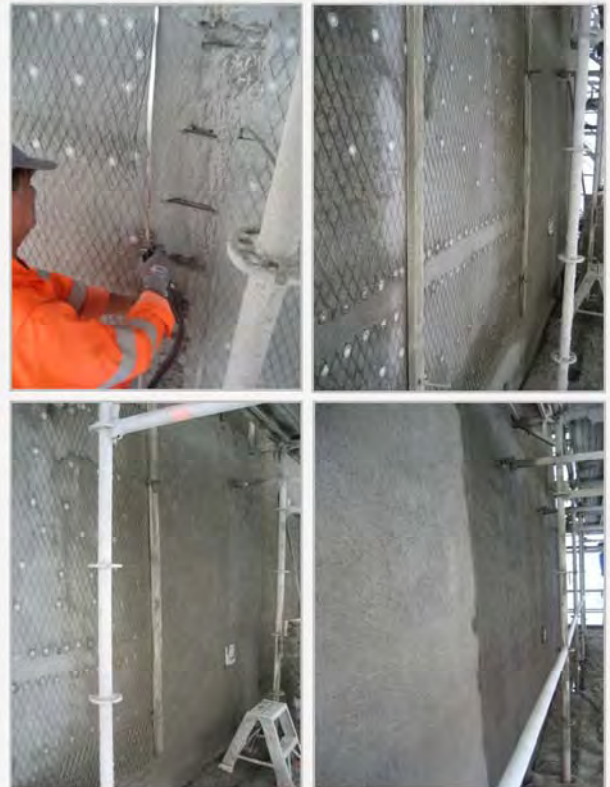
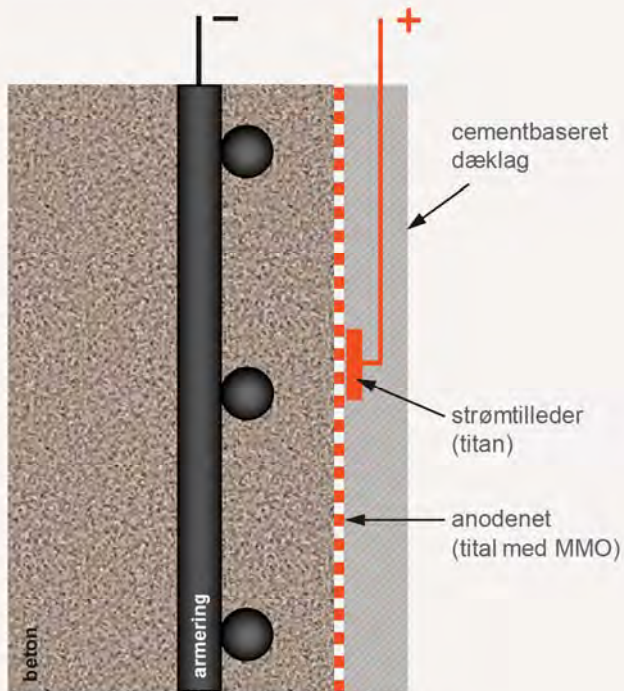
Vanskelige adgangsforskel og arbejdsforhold.



Design, valg af anodesystem

Oseberg A, skaft over vand							
Evalueringsskema	Skala: 1=God, 2=Acceptabel, 3=ikke god, 4=Uacceptabel						
	Titananodenet sprøjtebeton	Varmtsprøjet zink/aluminium	Varmtsprøjet titan	Anodesystemer			
Egnethed mht.:				Ledende grafitmaling	Ledende betondæklag	Indborede titan/grafitanoder	Indfræsede titananodebånd
Levetid	1	3	1	3	1	2	1
Pris	3	1	3	1	3	2	2
Installationstid	3	2	2	1	1	2	3
Strømkapacitet	1	3	1	2	2	3	2
Strømspredning	2	1	1	1	2	3	3
Mekanisk robusthed	1	1	2	3	1	3	1
Temperatur/fugtighed	1	1	1	3	1	1	1
Bølgesprøjt	2	1	2	2	3	1	2
Langtids erfaring	2	2	3	2	3	2	3
Korttids erfaring	1	1	2	1	2	2	1
Referencer	1	2	3	1	3	1	2
Æstetik	2	2	2	2	2	3	2
Arbejds miljø	2	2	2	2	2	1	2
Påvirkning af ydre miljø	2	3	2	2	1	2	2
Kortslutningsrisiko	2	1	4	3	3	4	3
Partiel udbedring	3	1	3	1	1	1	1
Udvidelsesmuligheder	2	1	1	3	1	1	1
Dokumentation	1	3	3	1	2	1	1
Entrepenørfaring	2	2	4	1	2	1	3
Tilgængelighed af materialer/matriel	1	1	3	1	1	1	1
Ex-godkendelse (under drift)	1	1	3	3	1	3	1
Ex-godkendelse (ved installation)	3	3	3	1	2	1	3
Kontrol/styring	2	2	2	2	2	3	3
Forarbejde/reparationer	3	2	2	2	3	1	2
Vedligehold inden for 20 år	1	2	1	3	3	2	1
Total	45	44	56	48	48	47	47

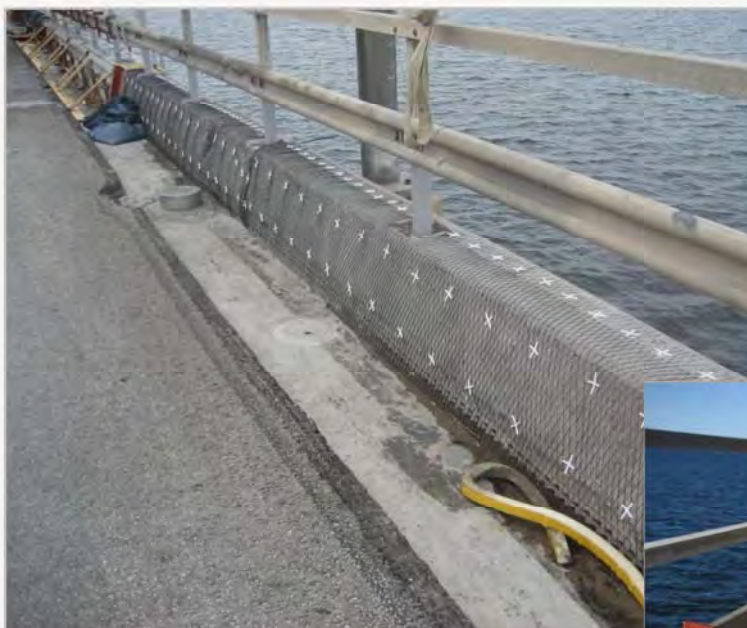
Udførelse - anodenet med cementbaseret dæklag



11 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

COWI

Udførelse - anodenet med cementbaseret dæklag støbt i form



Anodenet på kantbjælke

12 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

COWI

Udførelse - anodenet med cementbaseret dæklag udstøbt i form

Bjælke med anodenet



membran
over støbeskel

COWI

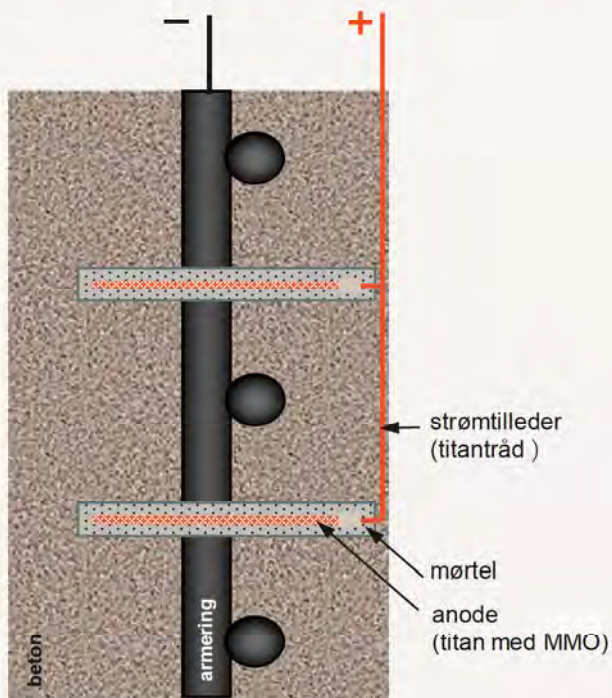
Udførelse - anodenet med cementbaseret underlag

- > Traditionelt, velafprøvet og veldokumenteret anodesystem.
- > Erfaringer:
- > Forberedelse af underlaget er altafgørende
 - > delamineret beton skal væk
 - > yderligt liggende armering < 15 mm dæklag skal isoleres fra nettet
 - > betonoverfladerne skal ruhugges



COWI

Udførelse - indborede anoder



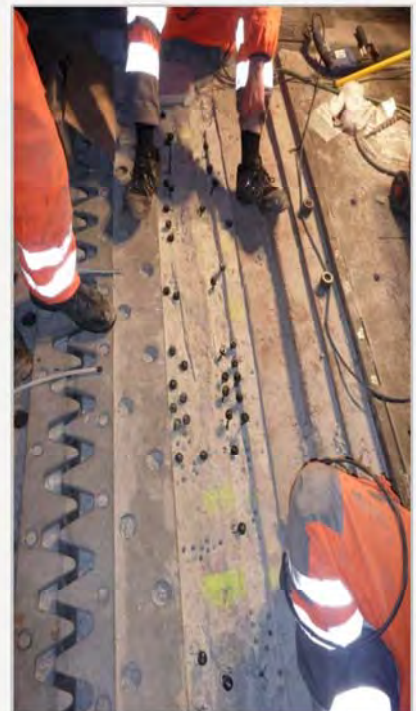
Udførelse - indborede anoder i huldæk ved fuge



Boring af huller



Kontrol af huller mht. afstand til
armering



Flexning og placering af anoder

Udførelse af indborede anoder i fundament



3,5 m lange anoder monteret i Ø60 mm huller lodret ned i fundament. Anoder omstøbt med mørtel.



Anodenet med betondæklag og membran til afdækning af overside sokkel og støbeskel.



17

3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

COWI

Udførelse - indborede anoder

- > Velafprøvet anodesystem i forskellige udformninger
- > Erfaringer:
- > Anoderne er følsomme mht. direkte fugtpåvirkning
 - > anoderne bør undersænkes og betonoverfladen forsegles evt. over anoderne



Ved for stort strømoutput lokalt på anoden udvikles gas, og anoden rives i værste fald over pga. gastykket

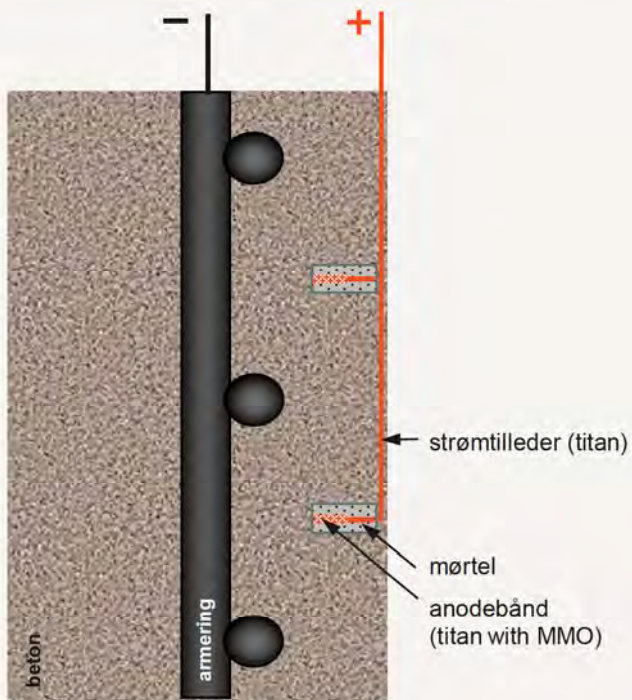


18

3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

COWI

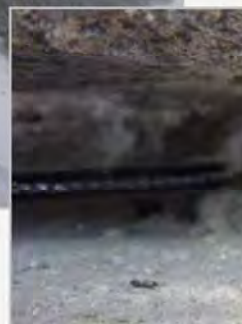
Udførelse - anodebånd



Udførelse - anodebånd



Borekerne med anodebånd



Riller med anodebånd i
parementsfuger

Udførelse - anodebånd

- > Velafprøvet anodesystem i forskellige udformninger.
- > Erfaringer:
- > Anoderne er følsomme mht. direkte fugtpåvirkning
 - > anoderne skal omstøbes omhyggeligt med stort dæklag og uden revner i støbeskel. Støbeskel i fugtpåvirkede områder forsegles evt.



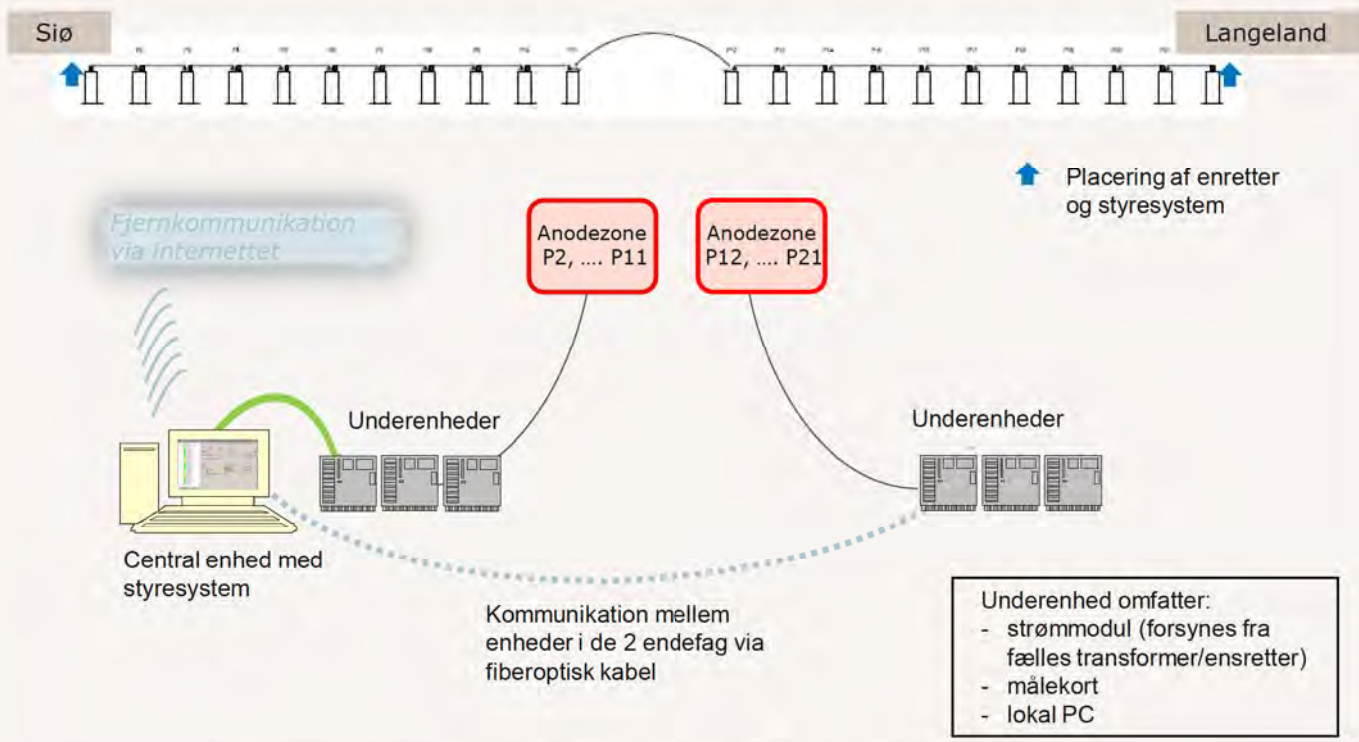
Ved for stort strømoutput lokalt på anoden dannes syre, og omstøbningsmørtlen nedbrydes



Design, ensretter og styresystem

- > I dag designes alle VD's anlæg med automatisk styring og fjernovervågning via internettet.
- > Dataindhentning og overvågning via VD's forvaltningssystem.
- > Ensretter og styresystem består af:
 - > Transformer/ensretter
 - > Strømforsyningsmoduler
 - > Målekort
 - > Lokale PC'ere
 - > Central styrende PC
- > Anlægget styres via den centrale styrende PC, men i tilfælde af fejl på denne går enhederne over på lokal styring – giver en vis robusthed i anlægget.
- > Placering af ensretter og styresystem kan være
 - > Centralt f.eks. i landfæste eller decentralt i kassedrager eller i skabe indfæstet i rækværk.

Design, ensretter og styresystem



Eksempel på central system, hvor alle kabler er trukket til de to landfæstefag.

Udførelse - ensretter og styresystem

- > Flere anlæg på samme bro
 - > Afhængig af anlæggenes indbyrdes placering kan de influere på hinanden. Dvs. anlæggen skal synkroniseres for at få pålidelige målinger.
 - > Ved flere antenner fås tilsvarende problemer. Fælles kommunikation ud ad til er en nødvendighed.



Udførelsen - Ensretter og styresystem

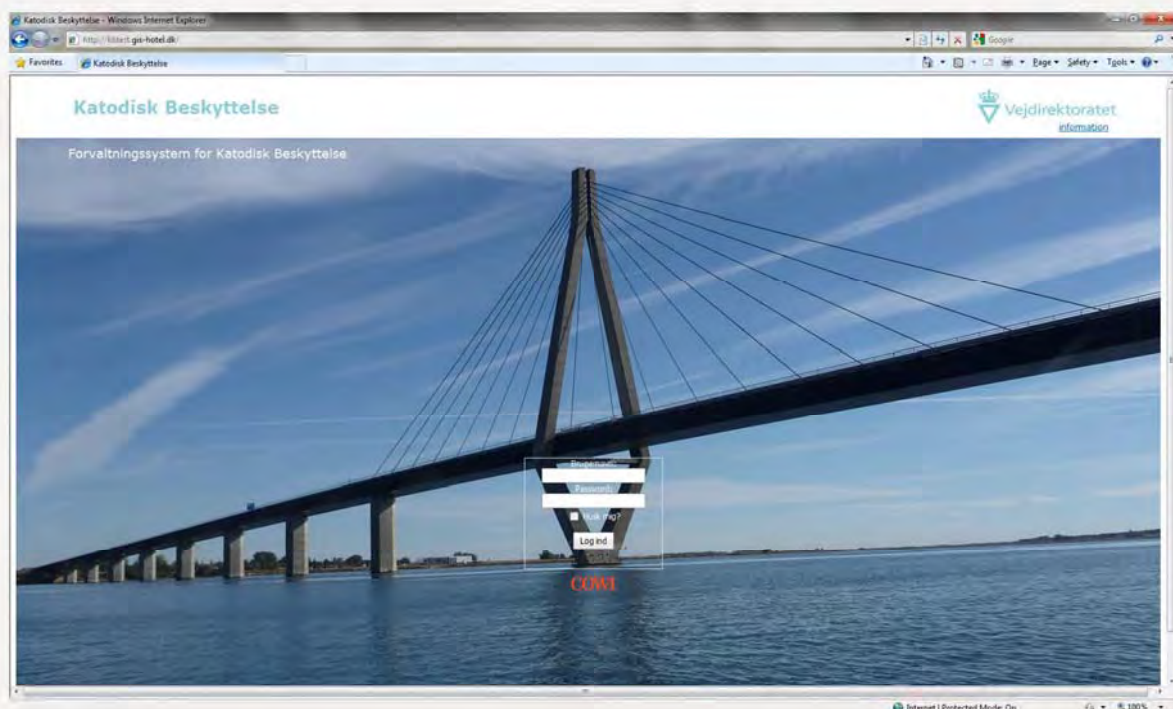
- > Valg af central eller decentral placering af ensretter og styresystem afhænger af flere forhold
 - > Udbredelse af konstruktion – ved lange konstruktioner bliver spændingsfaldet i kablerne for stort
 - > Adgangsforhold til konstruktionen - i en kassedragere med begrænset højde er det en fordel med et centralt system
 - > Risiko for vandalisme.



25 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF
I MARINT MILJØ

COWI

VD's forvaltningssystem



26 | 3 FEBRUAR 2015
KATODISK BESKYTTELSE AF KONSTRUKTIONER I
MARINT MILJØ

COWI

VD's forvaltningssystem

- > Systemet (databasen) indeholder for de enkelte katodisk beskyttelsesinstallationer:
 - > Dokumentation
 - > Historik i form af årlige driftsrapporter
 - > Logbog, der opdateres dels ved at installationen sender meddelelser om ændringer, dels ved at den driftsansvarlige noterer f.eks. ved udskiftninger
 - > Driftsdata der sendes automatisk til serveren fra installationen (dagligt)
- > Driftsdata præsenteres overskueligt, og kan ved behov overføres til EXCEL for videre bearbejdning
- > Med baggrund i driftsdata kan den ansvarlige for installationen evaluere effektiviteten af den katodiske beskyttelse og evt. foretage justeringer
- > Systemet har en indbygget alarmfunktion således, at hvis strømmen går til anlægget får den driftsansvarlige en fejlmeddelelse pr. e-mail
- > Systemet sender en påmindelse, når det er tid for evaluering af driften.

VD's forvaltningssystem

Katodisk Beskyttelse

Velkommen, administrator
Vejdirektoratet
Brugervejledning Log ud

Årlig & Sensorer Administration

Opret nyt anlæg

Aggersundbroen (nordlig og sydlig strømpe)
Emdrupvej broen (midtstrøg)
Farøbroerne
Halsundbroen (7 bropiller under vand)
Hillerød motorvejen - bro 3-0029 (9 brostøtter)
Køllekøle (brodæk)
Kronprins Frederiks Bro (bropiller og tejpiller)
Langelandsbroen kassedrager
Langelandsbroen pillestæfter og søkler
Langelandsbroen pillestøtte
Søstund
Svendborgsundbroen
Tuborgvej (6 brostøtter)

Detaljer

Navn:
Anlægs ID:
Driftsstartingsdato:
Vis i træ:

Garantiperiode start:
Garantiperiode slut:
Driftsperiode start:
Driftsperiode slut:
Dato f. driftsrapport:

Rådgiver:
Entrepriser:
Driftsansvarlig:

Redigér Slet dette anlæg

Import log Driftslog Dokumenter Sensorer

Driftslog

Navn	Filnavn	Dokumenttype	Sættelse	Dato	Brug
1989 EFTER-Katodisk beskyttelse	AGGE-1989-REPAR-Katodisk_beskyttelse-Ser-001.PDF	Eftersyn/Reparation	17154866	15-12-2014 12:14	Download fil aeth
1991 EFTER-Katodisk beskyttelse	AGGE-1991-EFTER-Katodisk_beskyttelse-Ser-001.PDF	Eftersyn/Reparation	855545	15-12-2014 12:15	Download fil aeth
1992 EFTER-Katodisk beskyttelse	AGGE-1992-EFTER-Katodisk_beskyttelse-Dat-001.PDF	Eftersyn/Reparation	401710	15-12-2014 12:16	Download fil aeth
1993 EFTER-Katodisk beskyttelse	AGGE-1993-EFTER-Katodisk_beskyttelse-Ser-001.PDF	Eftersyn/Reparation	4782565	15-12-2014 12:18	Download fil aeth

Page 1 of 3 (24 items)

Opret nyt dokument

VD's forvaltningssystem

Vis skjulte
Opret nyt anlæg

- Anlæg 1
- Anlæg 2
- Anlæg 3
- Kontrollamper**
- Brodek inkl. fortov
- Piller på vand
 - 1104
 - 1105
 - 1113
 - 1114
 - 1115
 - 1116
 - 1117
 - 1118
 - 1119
 - 1120
 - 1121
 - 1122
 - 1123
 - 1124
 - 1101** ← Zone strømmodul
 - 1102
- Anlæg 5

Detaljer
Sensord ID: P101
Alags: P101
Zone: PLT og P1-P6

Konstruktionsdel: Piller på vand
Konstruktionsnavn: Piller på vand
Anode type: PLT og P1-P6
Anode indstøbningsmateriale:

Min. mA: 0
Max. mA: 2500
Min. mV: 0
Max. mV: 6000
Note:

Alarmgrænser for strøm

Strøm og spænding til zone

Måletidspunkt	Måletidspunkt	Datatype	Konstruktionsnavn	Zone	Alias	Sensortype	Spænding (mV)	Strøm (mA)
04-11-2014 05:00	04-11-2014 05:00	CP	Pilletop+kantbjælke	PLT og P1-P6	P101	Powermodul	3100	492
04-11-2014 14:00	04-11-2014 14:00	CP	Pilletop+kantbjælke	PLT og P1-P6	P101	Powermodul	3100	512
05-11-2014 05:00	05-11-2014 05:00	CP	Pilletop+kantbjælke	PLT og P1-P6	P101	Powermodul	3120	508
05-11-2014 14:00	05-11-2014 14:00	CP	Pilletop+kantbjælke	PLT og P1-P6	P101	Powermodul	3140	516

Page 103 of 103 (1024 items) | Eksport

Eksport til Excel

VD's forvaltningssystem

Status

Vis skjulte

Opret nyt anlæg

- Anlæg 1
- Anlæg 2**

Der er ikke modtaget måledata inden for de sidste to dage.

E-mail

Subject: Manglende data.
Importance: High

Hej JKOK
Der er ikke modtaget data siden 21-06-2014.
Du bør snarest følge op på dette og undersøge hvorfor anlægget ikke sender data.
Denne mail er automatisk genereret og kan ikke besvares. (Jonas Kok)
Hvis du ikke mener du skal modtage denne mail, kontakt venligst [adm@katodisk.dk]

Driftslog

Import log | Driftslog | Dokumenter | Sensorer

Drag a column header here to group by that column

ID	Dato	Dato	Note	Bruger
2245	25-01-2014 07:12	25-01-2014 07:12	Program started Ver: 2.1.1.4	System
1118	30-09-2013 15:30	30-09-2013 15:30	Program started Ver: 2.1.1.4	System
1117	30-09-2013 15:27	30-09-2013 15:27	Program closed	Administrator
1116	30-09-2013 15:27	30-09-2013 15:27	Login	Administrator
1115	06-09-2013 14:50	06-09-2013 14:50	Logout	Jonas
1114	06-09-2013 14:49	06-09-2013 14:49	Login	Jonas
1113	06-09-2013 14:43	06-09-2013 14:43	Program started Ver: 2.1.0.6	System
1112	06-09-2013 14:31	06-09-2013 14:31	Program closed	Jonas

Page 1 of 6 (55 items) | Driftslog

Dokument håndtering

Import log | Driftslog | Dokumenter | Sensorer

Drag a column header here to group by that column

Navn	Filerne	Dokumenttype	Såretelse	Dato
Dokument: driftslog	Dokumentation og driftslog	Driftslog		11054075 28-05-2014 12:27

Page 1 of 1 (1 items) | Dokumenter

Konklusion

- > Katodisk beskyttelse er en gennemprøvet og veldokumenteret metode til at standse armeringskorrosion i marine konstruktioner
- > I forhold til traditionelle betonreparationer er metoden i visse tilfælde
 - > teknisk/økonomisk optimal
 - > tidsbesparende
- > Katodisk beskyttelse kræver løbende drift og vedligehold i hele konstruktionens levetid
- > Et forvaltningssystem kan systematisere og optimere driften.

