

# Durability Design - Workshop om nyt koncept

## Rådgiverens Holdning - COWI

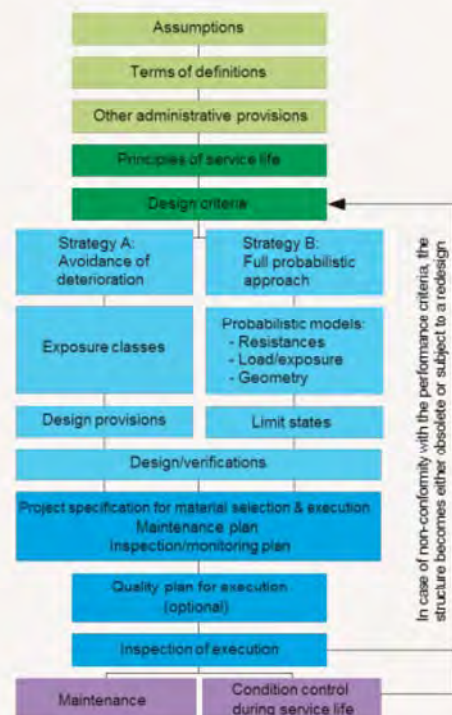
Carola Edvardsen, Betonspecialist, Afd. 1706

1 18 NOVEMBER 2014  
DURABILITY DESIGN - WORKSHOP OM NYT  
KONCEPT

COWI

## Baggrund

- > Arbejdet af Prof Gehlen er kendt fra *fib* Com 5.
- > COWI benytter *fib* Bulletin 34 til levetidsdesign for konstruktioner med lang levetid (og/eller aggressivt miljø), dvs. probabilistisk modellering af "levetid" (*DuraCrete*-metoden)
- > For klorid-induceret korrosion stilles krav til
  - > Min. dæklag til armering
  - > Max. kloridmigrationskoefficient efter 28 døgn



2 18 NOVEMBER 2014  
DURABILITY DESIGN - WORKSHOP OM NYT  
KONCEPT

COWI

## COWIs erfaring – fib Bulletin 34



### > Yderligere referencer

- > Qatar-Bahrain Causeway,
- > Barwa Financial District Project (Doha),
- > Lusail Bridges,
- > Oman airports (Seeb and Salalah International Airports),
- > STEP tunnel project (Abu Dhabi).
- > Copenhagen Cityringen, Danmark,
- > Al Reem Island, Foundations, Abu Dhabi,
- > Green Heart tunnel, Holland
- > Allianz Arena, München, Tyskland,
- > Olympic Tower, München, Tyskland, og
- > Stonecutters Bridge, Hong Kong, Kina
- > Hongkong-Macao Bro etc.

## COWIs erfaring – Durability design

### > Standarder og guidelines

- > EN 206-1:2002
  - > Anbefaler at benytte Annex J f.eks. for levetid > 50 år og/eller aggressivt miljø
- > CS 163 (Guide to the design of concrete structures in the Arabian Peninsula)
  - > Holdbarhedsmodellering anbefales for levetid > 30 år
- > ISO 16204
  - > Holdbarhedsmodellering anbefales



- > COWI har gode erfaringer med at specificere en "performance"-indikator ( $D_{RCM,0}$ ) som bestemmes under forprøvning og kontrolleres løbende under produktion.

### > Modellering er sekundært!

# COWIs erfaring – Ulemper ved modellering

> fib Bulletin 34 model for klorid induceret korrosion

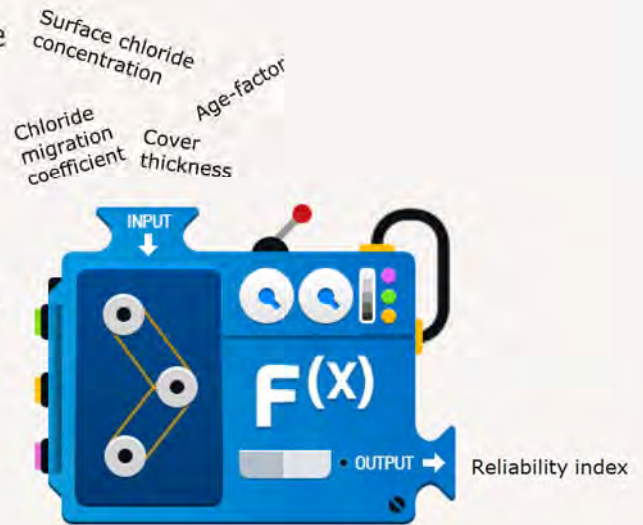
> Ekspertviden er nødvendig for at evaluere input/output

> Blind tiltro til modellering

- > "Input/output kan tilpasses"
- > Observeret i f.eks. Asien
- > Konsekvensen er specifikation af beton der ikke kan fremstilles.

> "Misuse" af modellen

> COWI anbefaler det foreslåede "deemed-to-satisfy" forslag



# COWIs forventninger

> Den foreslåede metode skal indeholde geografisk differentiering

> Eksempel – kloridinduceret korrosion

Tabel 1 (fortsat)

Benævnelse af klasse	Beskrivelse af miljøet	Informativt eksempel, hvor eksponeringsklasser kan forekomme:
<b>3 Korrosion forårsaget af andre chlorider end havvand</b>		
På steder hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for kontakt med vand, der indeholder chlorider, herunder løstalt, fra andet end havvand, skal eksponeringen klassificeres som følger:		
NOTE – Hvert angivt fugtforhold henviser også til almindelig i denne tabel:		
XD1	Moderat fugtighed	Betonooverflader udsat for luftbårne chlorider
XD2	Vædt, sjældent tørt	Svømmebassiner Beton udsat for industrielt vand, der indeholder chlorider
XD3	Cyklisk vådt og tørt	Dele af broer udsat for sprøjt, der indeholder chlorider Fortove Dækplader i parkeringshuse
<b>4 Korrosion forårsaget af chlorider fra havvand</b>		
På steder hvor beton med armering eller andet indstøbt metal udsættes for kontakt med vand, der indeholder chlorider fra havvand eller luftbåren salt fra havvand, skal eksponeringen klassificeres som følger:		
XS1	Udsat for luftbåren salt, men ikke i direkte kontakt med havvand	Bygninger tæt på eller ved kyst
XS2	Permanent under vand	Dele af marine konstruktioner
XS3	Tidvands, splash- og sprøjtezoner	Dele af marine konstruktioner
<b>5 Frost/fø påvirkning med eller uden løstalt</b>		
På steder hvor beton udsættes for kraftig påvirkning af frost/fø cykler, men beløst af vind, skal eksponeringsklassificeres som følger:		
XF1	Moderat vandmætning uden løstalt	Vertikale betonooverflader udsat for regn og frost
XF2	Moderat vandmætning med løstalt	Vertikale betonooverflader på vejkonstruktioner udsat for frost og luftbåren løstalt
XF3	Høj vandmætning uden løstalt	Horizontale betonooverflader udsat for regn og frost
XF4	Høj vandmætning med løstalt eller havvand	Vej og brodæk udsat for løstalt Betonooverflader udsat for frost og direkte sprøjt, der indeholder løstalt Splash-zoner på marine konstruktioner udsat for frost

Tabel 1 (fortsættes)

Tabel 2426-1 – Normativ gruppering af eksponeringsklasser i miljøklasser:

Miljøklasse	Passiv	Moderat	Aggressiv	Ekstra aggressiv
Omfatter følgende eksponeringsklasser i henhold til DS/EN 206-1	X0	XC2	XD1	XD2
	XC1	XC3	XS1	XD3
		XC4	XS2	XD3
		XF1	XF2	XF4
		XA1	XF3	XA3
			XA2	

Tabel 4.4NA - Værdier af minimumdækning,  $c_{min,dur}$  krav med hensyn til holdbarhed af sløj armeringsstål i overensstemmelse med EN 10080

Miljøklasse	Minimum dækning mm
Ekstra aggressiv	40 mm
Aggressiv	30 mm
Moderat	20 mm
Passiv	10 mm

50 års levetid

# COWIs forventninger

> 100 års levetid

Table 4.3N: Recommended structural classification

Structural Class	Exposure Class according to Table 4.1						
	XC0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Design Working Life of 100 years	Increase class by 2	Increase class by 2	Increase class by 2	Increase class by 2	Increase class by 2	Increase class by 2	Increase class by 2
Strength Class <sup>(1)(2)</sup>	≥ C30/37	≥ C30/37	≥ C35/45	≥ C40/50	≥ C40/50	≥ C40/50	≥ C45/55
Member with slab geometry (problems of reinforcement are addressed by construction process)	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1
Special Quality (Control of the concrete production process)	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1

Notes to Table 4.3N  
 1. The strength class and w/c ratio are considered to be related values. A special composition (type of cement, w/c value, fine fillers) with the intent to produce low permeability may be considered.  
 2. The limit may be reduced by one strength class if air entrainment of more than 4% is applied.

> 120 års levetid

> seneste revision af NA

Table 4.4 DK NA Værdier af minimumsdæklag,  $c_{min, dur}$ , krav med hensyn til holdbarhed af slabt armeringsstål i overensstemmelse DS/EN 10080

Miljøklasse	Minimumsdæklag [mm]
Ekstra aggressiv	50
Aggressiv	40

> Storebælt (100 års levetid)

> 75 mm dæklag (C&C tunnel)

> Øresund (100 års levetid)

> 75 mm dæklag (sænketunnel)

> Københavns Metro (100 års levetid)

> 75 mm dæklag (C&C)

Table 4.4N: Values of minimum cover,  $c_{min, dur}$ , requirements with regard to durability for reinforcement steel in accordance with EN 10080.

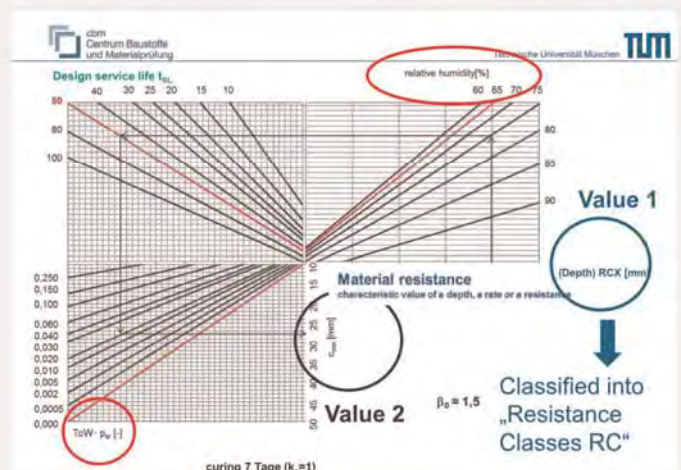
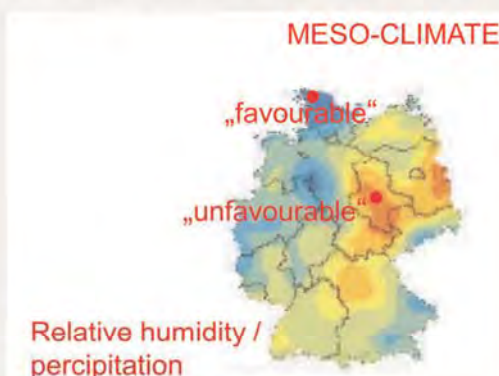
Structural Class	Exposure Class according to Table 4.1						
	XC0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

# Kalibrering til danske forhold - karbonatisering

> Validering er påkrævet

> For karbonatisering er danske cementtyper repræsenteret

> I Tyskland er der lavet en vurdering af "Time of Wetness" - tilsvarende bør laves for Danmark for at kalibrere input



# Kalibrering - danske forhold

- > COWI anbefaler at modstanden mod karbonatisering måles for typisk danske betonsammensætninger.
  - > Hvordan måles dette?
  - > Hvem måler dette?



# Klorid-induceret korrosion

- > Danske forhold
  - > Danske cementtyper opfører sig meget anderledes end tyske cementtyper

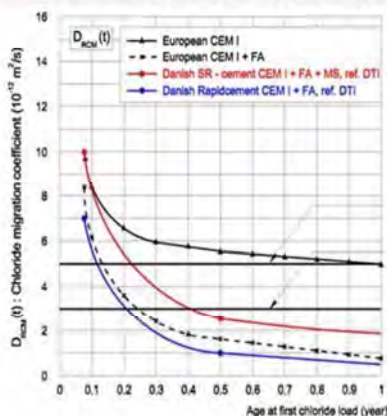


Figure: Chloride migration coefficient  $D_{DCM}$  of concrete with CEM I depending on the time of first chloride exposure.  
 - Actual data for European CEM I concrete from Lay, S.: Abschätzung der Wahrscheinlichkeit tausalzinduzierter Bewehrungskorrosion. Dissertation University of Munich, 2005 (in German)  
 - Actual data for Danish CEM I concrete from Jönsson, U., Munch-Petersen, Ch.: Concrete Strategy for the Fehmarnbelt Fixed Link Project. Nordic Concrete Research. PP. 513 ff. Symposium 2011, Finland and from DTI information, partly also in CMT ref. 1 etter: CR-CMT-CW-LET-0207, 27. June 2011

fib Bulletin 34 - kloridmigrationskoefficient

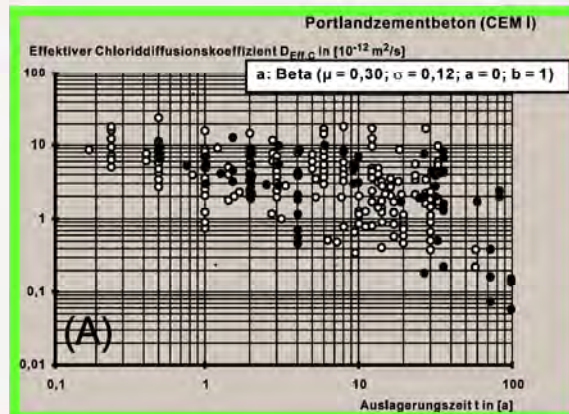
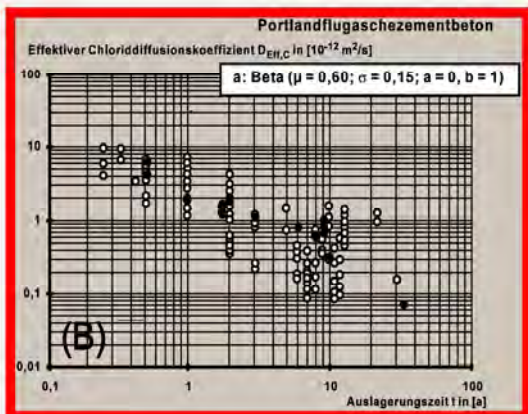
cement type	$D_{DCM}$ ( $m^2/s$ )					
	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
CEM I 42.5 R	n.d. <sup>2</sup>	$8.0 \cdot 10^{-12}$	$10.0 \cdot 10^{-12}$	$15.8 \cdot 10^{-12}$	$19.7 \cdot 10^{-12}$	$25.0 \cdot 10^{-12}$
CEM I 42.5 R + FA ( $k = 0.5$ )	n.d. <sup>2</sup>	$5.6 \cdot 10^{-12}$	$6.9 \cdot 10^{-12}$	$9.0 \cdot 10^{-12}$	$10.9 \cdot 10^{-12}$	$14.9 \cdot 10^{-12}$
CEM I 42.5 R + SF ( $k = 2.0$ )	$4.4 \cdot 10^{-11}$	$2.7 \cdot 10^{-12}$	n.d. <sup>2</sup>	n.d. <sup>2</sup>	$5.3 \cdot 10^{-12}$	n.d. <sup>2</sup>
CEM III/B 42.5	n.d. <sup>2</sup>	$1.4 \cdot 10^{-12}$	$1.9 \cdot 10^{-12}$	$2.8 \cdot 10^{-12}$	$3.0 \cdot 10^{-12}$	$3.4 \cdot 10^{-12}$

Dansk cement:  $\sim 15 \times 10^{-12} m^2/s$

- > Vi mangler et værktøj til danske forhold
  - > Prof Gehlen laver det måske næste år i Tyskland
  - > Hvem laver det for danske forhold?
    - > Forventes det at der skal koordineres med Gehlen?
    - > Er det en del af Grøn Beton konsortiet?

# Klorid-induceret korrosion – danske forhold

- > Vi mangler et værktøj til klorid-induceret korrosion
  - > Prof Gehlen laver det måske næste år for tyske forhold
  - > Hvem laver det for danske forhold?



Problem med age factor og kalibrering: forskel mellem tysk og dansk cement !

## Afslutning

- > COWI er positive overfor forslaget
- > Vi vil kræve performance-tests i betonspecifikationer
  - > klorider
  - > karbonatisering
- > Hvordan kommer vi videre herfra?
- > Annex J er udeladt i EN 206:2013, hvorfor?

