

# Baggrunden for fremtidens betonkrav

## Dansk Betondag

### 22. september 2016

v/ Christian Munch-Petersen  
Formand for S 328



## Kort præsentation

- DTU, Bygge & Anlæg 1976
- 1976 - 1988 hos Rambøll
- 1988 - 1991 Storebæltsbeton (4K)
- 1991 - 2002 Teknologisk Institut
- 2002 - EMCON



- Opgaver vedr. betonkrav:
  - Betonkrav til Storebælt
  - Betonkrav til Øresund
  - Betonkrav til Femern
  - AAB Betonbroer
  - BBB, DS 481 og DS 2426
  - Nu: DS/EN 206 DK NA



**Farvel til det danske beton-bygg** BENT JENSEN  
 Det ønsker murerformanden Bent Jensen - ikke kun som fagforeningsmand, men som borger. Han vil gerne se, at der kommer mere beton i bygningen. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god.

**Betonsjusk for millioner bliver gentaget i 1986**  
 Den slags må ikke ske igen. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god.

**Farlig nedbrydning af armeringsjern i beton-spaltebjælker**  
 Armeringsjernet kan nemt blive nedbrudt. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god.

**Betonen skal ud af dansk byggeri**  
 Murer-formanden: Beton godt - til eksport - Side 2

**Stenene og sandet helt afgørende for beton-kvalitet**  
 Stenene og sandet er helt afgørende for beton-kvaliteten. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god.

**Beton-huse hænger for dårligt sammen**  
 Beton-huse hænger for dårligt sammen. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god.

**Byggeskader for milliarder**  
 Byggeskader for milliarder. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god. Det er det, der skal til for at bygningen bliver god.

I begyndelsen af 1980'erne er dansk betonbyggeri sendt til tælling

**ingen**  
 Fredag den 11. februar 1983

**Fortiden indhenter betondæk i Brøndby**  
 20.000 tons betondæk skal fjernes og resten renoveres for ialt ca. 100 millioner

**Storstilet indsats skal give betonen en fremtid**  
 Et udvalg under ATV har nu indledt en stortilet indsats for at give betonen en fremtid - både den beten, som er skadet i dag og i bredere forstand. Betonholdbarhedsudvalget udsender om kort tid to pjecer, der er et forsøg på gennem en her-og-nu indsats at give løsninger på de mest påtrængende problemer. På længere sigt vil udvalget bl.a. prøve at bibringe bygherrerne forståelse for vedligeholdelse af bygveredige, siger dets formand Gunnar P. Rosendahl. Befragter man omkostningerne over hele levetiden bør man ikke altid vælge den billigste

**geniøren**  
 Fredag den 7. marts 1986 - 12. årgang - nr. 10, Sektion 1

**Betondøden skal have en årsag**  
 Men betongselskerne for beskyttelse af armering mod chlorid er kun delvis kendte

**Tærskelværdier**  
 For så vidt angår det svært for praktikerne er det kritiske chloridindhold i betonen ikke kendt. Corvins, Hansen fra Korrosionsoplysningscenteret arbejder nu med projektet i hen til forskningsprojekter, så der er mulighed for at få svar på spørgsmålet.

**Indviklet problem**  
 Hvad kan der så gøres ved det? Chris Page kunne ikke give det endelige svar. Det gælder selvfølgelig om at give betonen så lidt som muligt leveret indtrængning af chlorider forhindres. Betonen kan også

**Stor overvejelser flere muligheder for genanvendelse, som for eksempel kæmpebakker, støjvold, belægningsdele eller til opfyldning i Svanemølleparken.**

**Den resterende del af betondækket pakkes ind efter brokonstens regler. På pper tværtroer og centingtroer er denne løsning allerede ikke henstillet, så der er her regnet med egentlig overdækning i form af trækonstruktioner til krydsfineret og taapapplegninger. Betonen flyttes til nye indendørs.**

**Uljshensyn**  
 Der vil ved arbejdets gennemførelse blive lagt stor vægt på valg af udførelsesmetoder, der er miljøvenlige set i betragtning af miljøet. Det vil sige, det gælder om at stå støv, støj, lugt og vibrationer.

**Det vil blandt andet ske d. at entreprenøren inden underskrivelsen af kontraktskallet oplyse om udførelsessteder og miljøforanstaltninger - og Arbejdstilsynet skal acceptere disse forhold.**

cmf

# Hvorfor?

Lad os se på

## AKR

AKR (Alkali Kisel Reaktion) er det forhold, at visse porøse og glasagtige tilslag nedbrydes af det basiske miljø i betonen, der skabes af cementen

I Danmark har der været rapporter om tilsyneladende lignende betonskader langt tidligere. I Ingeniøren nr. 31 fra 1914 skriver bl.a. ingeniør A. Poulsen: "at den (Esbjergs sønder mole) er atter nu saa medtaget, at den – efter den næste snes aars forløb – maa ombygges igen, idet betonen slaar revner, som viser hvide udsvedninger, og senere falder der stykker af, da mørtelen er ganske mør".

Det var dog først i 1951 i forbindelse med Poul Nerensts studiebesøg i USA, at man i Danmark blev opmærksom på, at alkalikiselreaktioner kunne være en medvirkende årsag til betons manglende holdbarhed.

## Kraftig betonnedbrydning?

### Alkalireaktioner:

- 1951: Erkendelse af AKR i Danmark
- 1954-1961: Alkaliudvalget undersøger alkalireaktioner i beton i Danmark – og udgiver i 1961 "Foreløbig vejledning i forebyggelse af skadelige alkalikiselreaktioner i beton"
- 1959-1973: Arbejdsudvalg vedr. ajourføring af betonmaterialedelen af betonnormen DS 411 (1949)
- 1973: DS 411 udkommer

## Hvad konkluderede alkaliudvalget?

*Alkaliudvalgets vejledning 1*  
FORELØBIG VEJLEDNING I FOREBYGGELSE AF  
SKADELIGE ALKALIKISELREAKTIONER I BETON

Fugtig, alkaliholdig

Om beton i denne miljøklasse skriver Alkaliudvalgets vejledning 1, citat fra side 16:

*»Risikoen for skadelige alkalikiselreaktioner i beton i denne miljøklasse vil altid være betydelig.«*

Udvalget anbefaler for "større arbejder":

- Alkalikiselresistent cement
- Flintfattigt grus (< 2% flint)
- Puzzolaner
- Granitsten

UDGIVET AF STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
I SAMMENSAMMENS MED TEKNISK FORLAG - KØBENHAVN 1961



## Hvad kommer ind i normerne?

I 1961 beder arbejdsudvalget for betonnormen alkaliudvalgets "klogeste" medlemmer om en mere præcis formulering vedr. max tilladelig indhold af reaktiv kisel i stenfraktionen!



## Hvad svarede de kloge så?

Niels Munk Plum svarer arbejdsudvalget på vegne af Statens Byggeforskningsinstitut på følgende måde:

»Tak for Deres brev af 7-12 f.å. hvori De beder om vore synspunkter på eventuelle talværdier for angivelse af maksimalt tilladeligt indhold af reaktivt kisel i stenfraktionen i tabellen side 11.

Vi beklager at måtte meddele, således som det allerede detaljeret fremgår af Alkaliudvalgets vejledning nr. 1, at der, så vidt vi kan se, ikke endnu er tilvejebragt det nødvendige eksperimentelle grundlag for fastsættelse af sådanne talværdier.

Må det være os tilladt at bemærke, at heller ikke den af udvalget i skemaet i kolonne 1 for sand anførte værdi på 2 pct. er så almengyldig, at den, så vidt vi kan se, bør finde anvendelse som foreslået.

Eventuelle tilladelige maksimale værdier for såvel sand som stenfraktioner vil formentlig variere ret betydeligt med de geologiske forhold på udvindingsstedet, og indtil disse forhold er detaljeret oplyst, vil det kunne have uheldige økonomiske konsekvenser at knæsette en enkelt tilladelig værdi i normerne.«

## Hvad gjorde Normudvalget?

### 3. forslag fra Normudvalget (1965)

»I klasse 1 må sandet ikke indeholde mere end 3 vægtprocent, og stenmaterialet ikke mere end 0,5 vægtprocent reaktiv kisel.«

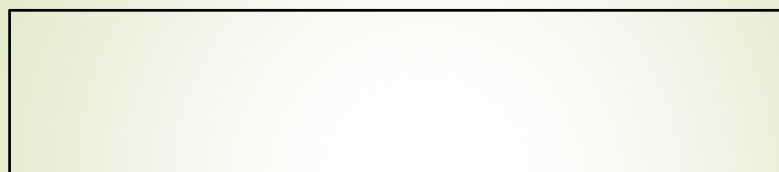
»I klasse 2 må cementens alkaliindhold, udtrykt som ækvivalent  $\text{Na}_2\text{O}$ , ikke overstige 0,3 vægtprocent. Betonens samlede indhold må ikke overstige 0,4 vægtprocent.«

## Hvad gjorde Normudvalget så?

Ved møde nr. 79 (SIC !) i udvalget den 10. maj 1965 besluttes:

- ▶ At tabel 7.1.2 Udgår
- ▶ (Det var den tabel med alle kravene vedr. AKR)
- ▶ Tilbage er kun krav til urenheder og V/C- forholdet

## Endelig Normtekst i DS 411 (1973):



## Endelig Vejledningstekst i DS 411:

*»Hvor der er risiko for skadelige alkaliskelreaktioner, bør valg af betonens delmaterialer, dvs. cementtype, grusmaterialer og tilsætningsstoffer, afpasses herefter.«*

## Var branchen syg?

Grusnormen DS 401 (1977):

**Ikke et ord om alkaliskelreaktioner**

DS 411 (1984)

*»Hvor der er risiko for skadelige alkaliskelreaktioner, bør betons delmaterialer, dvs. cementtype, grusmaterialer og tilsætningsstoffer, vælges, så risikoen imødegås.«*

Revisionsudvalget levede op til kommissoriet om, at principielle forhold skulle bevares. Funktionskravsprincippet blev bevaret i 1984-normen.

## Hvem var de skyldige?

Betonhåndbogen, 19 Betons holdbarhed



### 19.1 Alkalireaktioner

[www.betonhåndbogen.dk](http://www.betonhåndbogen.dk)


Af Bent Grell, Grell Consult



Man kan af denne historiske fremstilling lære, at hvis forskere, eksperter og andre lærde ikke tør påtage sig det ansvar, at opstille operationelle retningslinjer – fx i form af kravtekster til standarder – så vil markedet i form af de almindelige ingeniører (selvfølgelig) heller ikke selv gøre dette, og resultatet bliver en dårlig udnyttelse af teknologisk viden til stor skade for samfundsøkonomien. Ingen forsker eller ekspert må derfor være for fin til at konkretisere sin ekspertise til brug i dagligdagen.

## Basisbetonbeskrivelsen 1986

- Nu kom der konkrete detailkrav
- **Stort set som foreslået i 1961**
- Siden ingen skader, hvis kravene har været overholdt!



Basisbetonbeskrivelsen  
for bygningskonstruktioner  
1986  
Byggestyrelsen

C.M.P.

Cirkulære om  
(Basisbeton)

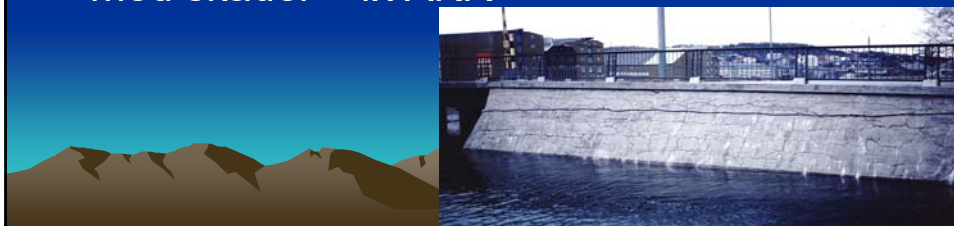
§ 1. Beton skal i statsligt og statsstøttet byggeri anvendes i overensstemmelse med Byggestyrelsens basisbetonbeskrivelse for bygningskonstruktioner som angivet i dette cirkulære.

§ 2. Bygherren skal i forbindelse med projektering sørge for, at

- a) betontyper defineres,
- b) krav til bygningsdele angives, og
- c) beton anvendes svarende til opdelingen i miljøklasser, således som bestemt i basisbetonbeskrivelsens indledning.

## Dansk betons sundhedstilstand?

- Generelt god
- **Ny beton holder, hvis udført efter BBB, DS 481 og DS 2426 (stort set samme krav i 30 år)**
- Levetiden stigende
- **Færre betonkonstruktioner dør unge**
- Stadigvæk en del ældre konstruktioner med skader – fx AKR





## DS 2426 skal nu revideres!

- **DS 2426 ændrer navn til DS/EN 206 DK NA**
- DS/EN 206 DK NA skal knytte sig til DS/EN 206:2013
- **Den må indeholde:**
  - Nationale valg i henhold til DS/EN 206
  - Nationale krav nødvendige af hensyn til holdbarhed og sikkerhed (i Danmark)
  - Noget skal udgå – formentlig miljøklasser (EN 206 har eksponeringsklasser)

## DS/EN 206 DK NA

COPYRIGHT © Danish Standards Foundation. Not for commercial use or reproduction. DS/EN 206:2013

DS/EN 206:2013

### Anneks M (informativt)

#### Vejledning om bestemmelser gældende på brugsstedet

Bestemmelser gældende på brugsstedet er påkrævet eller tilladt i følgende punkter i denne standard:

Punkt	Titel	Afsnit
1	Anvendelsesområde	afsnit (5) og (6)
4.1	Eksponeringsklasser for miljøpåvirkninger	afsnit (1) og (2)
5.1.1	Generelt	afsnit (2)
5.1.2	Cement	afsnit (2)
5.1.3	Tilslag	afsnit (1) og (2)
5.1.5	Tilsætningsstoffer	afsnit (2)
5.2.1	Generelt	afsnit (2) og (5)
5.2.3.5	Modstandsevne mod alkaliskreaktion	afsnit (1)
5.2.5.1	Generelt	afsnit (2), (4) og (5)
5.2.5.2.3	Æ-værdi for mikrosilica i klasse 1 i overensstemmelse med EN 13263-1	afsnit (4)

**Osv. ca. 1½ side**

## Milliard kr. spørgsmålet:

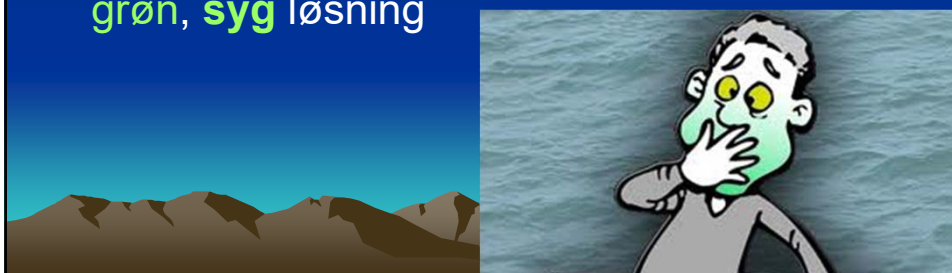
- Hvilke krav udover EN 206's er nødvendige af hensyn til holdbarhed
- Balance mellem
  - Danske nødvendige krav
  - Krav om tilpasning til det fælles
- Hvis IKKE balancen rammes rigtigt:
  - Betonskader kan genopstå!
  - De seriøse får negativ konkurrence!
  - Hver rådgiver opfinder sine egne tillægskrav til DS/EN 206 DK NA!

DESUDEN: Vejledning?

4.2 Dimensionering af konstruktioner	
Bygningsreglementet 01.01.2016	
Regler og vejledningstekst	
<p><b>Stk. 2</b></p> <p>Ved dimensionering af betonkonstruktioner anvendes <u>DS/EN 206-1 Beton, specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse</u> og <u>DS 2426 Beton - Materialer - Regler for anvendelse af DS/EN 206 i Danmark.</u></p>	<p><b>Bestemmelse</b></p> <p><b>Stk. 1</b></p> <p>Dimensionering af konstruktioner skal ske på grundlag af følgende Eurocodes med tilhørende danske annekser:</p> <p>DS/EN 1990 Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner, med DS/EN 1990 DK NA</p> <p>DS/EN 1991-1-1 Densiteter, egenlast og nyttelast for bygninger, med DS/EN 1991-1-1 DK NA</p> <p>DS/EN 1991-1-2 Brandlast, med DS/EN 1991-1-2 DK NA</p> <p>DS/EN 1991-1-3 Snelast, med DS/EN 1991-1-3 DK NA</p> <p>DS/EN 1991-1-4 Vindlast, med DS/EN 1991-1-4 DK NA</p> <p>DS/EN 1991-1-5 Termiske laster, med DS/EN 1991-1-5 DK NA</p> <p>DS/EN 1991-1-6 Last på konstruktioner under udførelse, med DS/EN 1991-1-6 DK NA</p> <p>DS/EN 1991-1-7 Ulykkeslast, med DS/EN 1991-1-7 DK NA</p> <p>DS/EN 1992-1-1 Betonkonstruktioner, Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner, med DS/EN 1992-1-1 DK NA</p> <p>DS/EN 1992-1-2 Betonkonstruktioner, Brandteknisk dimensionering, med DS/EN 1992-1-2 DK NA DS/EN 1992-3, Betonkonstruktioner til opbevaring af væsker og pulver med DS/EN 1992-3 DK NA DS/EN 1993-1-1 Stålkonstruktioner, Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner, med DS/EN 1993-1-1 DK NA</p> <p>DS/EN 1993-1-2 Stålkonstruktioner, Brandteknisk dimensionering, med DS/EN 1993-1-2 DK NA</p> <p>DS/EN 1993-1-3 Stålkonstruktioner, Supplerende regler for koldformede elementer og beklædning af tyndplader, med DS/EN 1993-1-3 DK NA</p>
<p><b>Stk. 5</b></p> <p>Der kan afviges fra bestemmelserne angivet i stk. 1, når det dokumenteres overfor kommunalbestyrelsen, at afvigelsen er forsvarlig.</p>	

## Nye problemer med beton?

- Exposure Resistance Classes
- Grøn Beton
- Grøn beton er miljøvenligt, CO<sub>2</sub> - besparende – og så sparer det penge!
- Men hvordan undgår man at det bliver en grøn, **syg** løsning



## Grønne betoner?

Muligheder?:

- Brug mindre cement (optimer betonsammensætningen)
- Brug tilsætninger (fx flyveaske eller kalkfiller)
- Brug cementer med mindre klinkerindhold
- Udvikle mere grønne cementer



## Hvordan indregnes tilsætninger

EN 206 og den danske NA<sup>1)</sup> tillader 3 metoder:

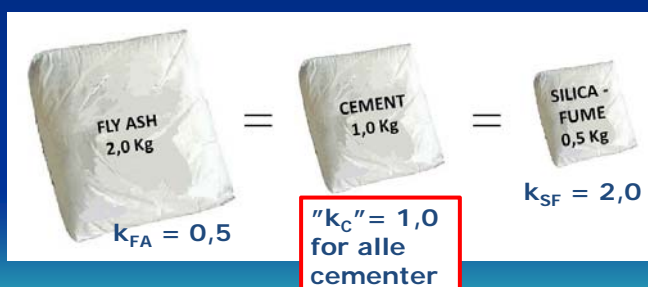
- k-værdier
- Konceptet for ækvivalente betonegenskaber  
Equivalent concrete performance concepts (ECPC)
- Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer  
Equivalent performance of combinations concept (EPCC)

Note 1) Den danske NA er under udarbejdelse. Dette indlæg beskriver de foreløbige forhold.

23

## K-værdier

K-værdien udtrykker i praksis, hvor mange kilo cement 1 kilo af den pågældende tilsætning kan erstatte.



24

## Konceptet for ækvivalente betonegenskaber

Konceptet for ækvivalente betonegenskaber er en sammenligning (inkl. holdbarhedsegenskaber) af:

- Referencebeton
- Specifik betonrecept

Den specifikke må ikke være ringere end referencen

Årsager til at vælge dette koncept kan fx være:

1. k-værdi findes ikke for den aktuelle tilsætning
2. Den normale k-værdi er for "lav" for netop den aktuelle tilsætning

28

## Konceptet for ækvivalente betonegenskaber

### Reference betonen:

#### Cementen:

- Skal (selvfølgelig) opfylde kravene i DS/EN 197-1
- Skal være tilladt til den aktuelle anvendelse

### Den afprøvede beton:

#### Cementen:

- Skal opfylde kravene i DS/EN 197-1
- Skal være en CEM I

#### Tilsætningen:

- Skal være en TYPE I eller II tilsætning (puzzolan)
- Type I fx kalkfiller
- Type II fx flyveaske

29



## Konceptet for ækvivalente betonegenskaber

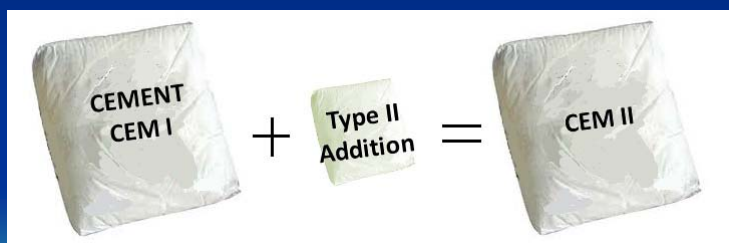
Der findes fx en hollandsk metode:

Obligatorisk prøvning	Prøvning – afhængigt af miljøklassen
E-modul	Modstand mod <b>carbonatisering</b>
Udtørringssvind	Modstand mod <b>chlorid indtrængning</b>
	<b>Frostbestandighed</b> med eller uden tørsaltspåvirkning
	Modstand mod <b>sulfate</b> nedbrydning
	<b>Styrkeudvikling</b> , ved 7, 14, 28 og 56 døgn

Skal erstattes af et dansk dokument

## Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer

Konceptet for ækvivalente egenskaber for kombinationer anvendes, hvis man ønsker at "blende sin egen CEM II cement":



Samme type prøvninger som for ækvivalente betonegenskaber

## Hvad kan så disse nye koncepter medføre af nye problemer?

- Hvis helt nye tilsætninger anvendes: noget helt nyt
- **En reduktion af klinkermængden betyder mindre  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , hvilket kan betyde:**
  - Lavere tærskelværdier for chloridinitieret korrosion
  - Større carbonatisering

## Konklusion

- Lige nu har vi styr på det!
- **Nye standarder giver nye muligheder**
- Nye muligheder kan give nye fejl
- **Nye muligheder kan give "snyd"**
- Nye muligheder kan få gamle sygdomme (som carbonatisering) til at blusse op igen
- **Der skal nok blive noget at tale om på de kommende års betondage**