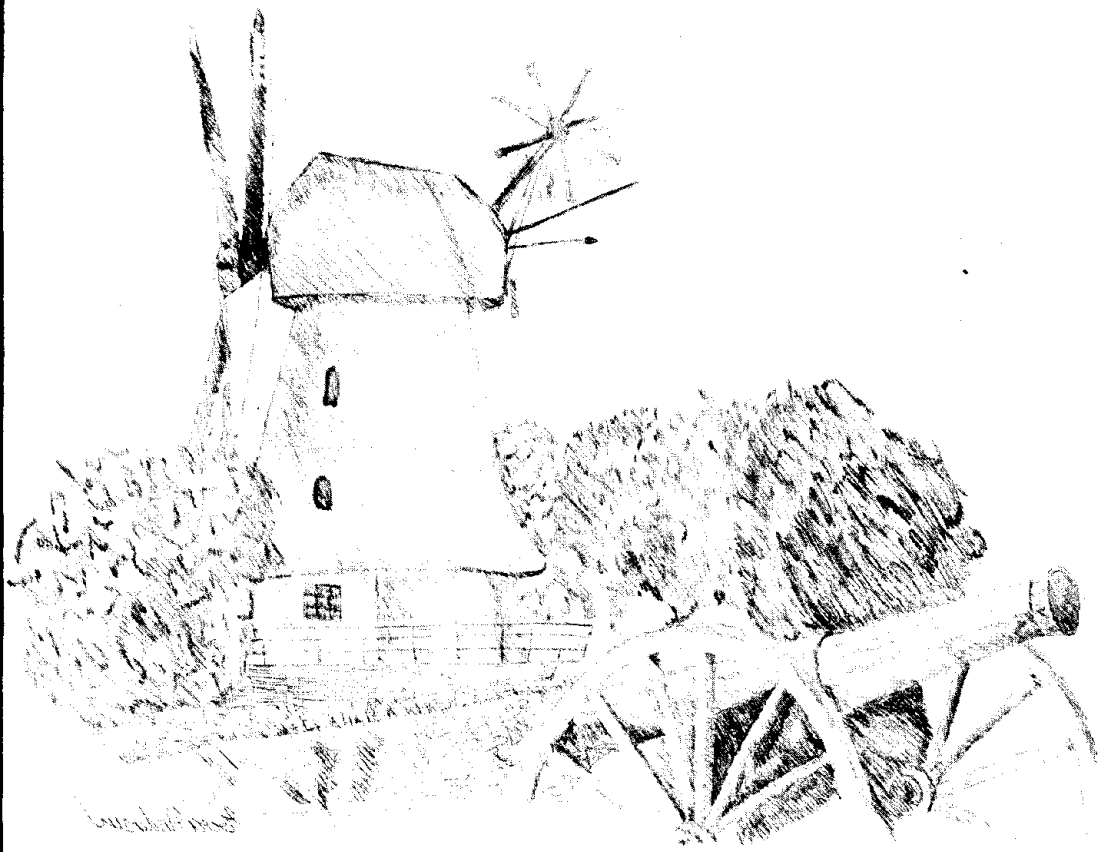
Dansk Betonforening



# Dansk Betondag 1992

Publikation nr. 39

Dansk Betonforening

# Dansk Betondag 1992

Publikation nr. 39

Publikation nr. 39:92

Denne publikation indeholder indlæggene fra

Dansk Betondag 1992

der blev afholdt
den 3. september 1992
på Interscan Hotel i Sønderborg

Forsidetegning
af Eva Andersen
Søndervang 36, 9530 Støvring

Publikationen er udgivet af:

Dansk Betonforening
c/o Dansk Ingeniørforening
Vester Farimagsgade 29, 1780 København V
Tlf.: 33 25 65 65 - Fax: 33 93 71 71

Indhold: Side

European Construction Research
Nyhavn 43 A
1051 København K
tlf. 33 32 26 25

# Beton i 90'ernes Europa

af

Carsten Lehrskov

Juli 1992

# BETON I 90ERNES EUROPA

AF CARSTEN LEHRSKOV
EUROPEAN CONSTRUCTION RESEARCH

Danmark er Vesteuropas betonelementland nr. 1, og kun i de østeuropæiske lande har man også haft tradition for at bruge betonelementer.

I 90erne vil der komme en vis øget interesse for betonelementer, som følge af de større kvalitetskrav der kommer gennem EFs byggevaredirektiv, ligesom der, pga. mangel på kvalificeret faglig arbejdskraft i Tyskland og i de østeuropæiske lande, vil komme en interesse for godt designede og højkvalitative betonelementer.

På betonvare-siden er det gode muligheder for at udvikle lokale produktioner, da kvaliteten er ringe og typeudbuddet er begrænset især i Øst- og i Sydeuropa.

Indenfor den flydende beton vil der ske en sammenlægning af mange af de små uafhængige værker rundt om i Europa, til større ejerenheder, hvor der kan gennemføres den nødvendige kvalitetskontrol m.v.

## Betonvariationer

Der er meget stor forskel på de enkelte landes forbrug af beton til byggeriet, men der er overordnet set 4 grupper:

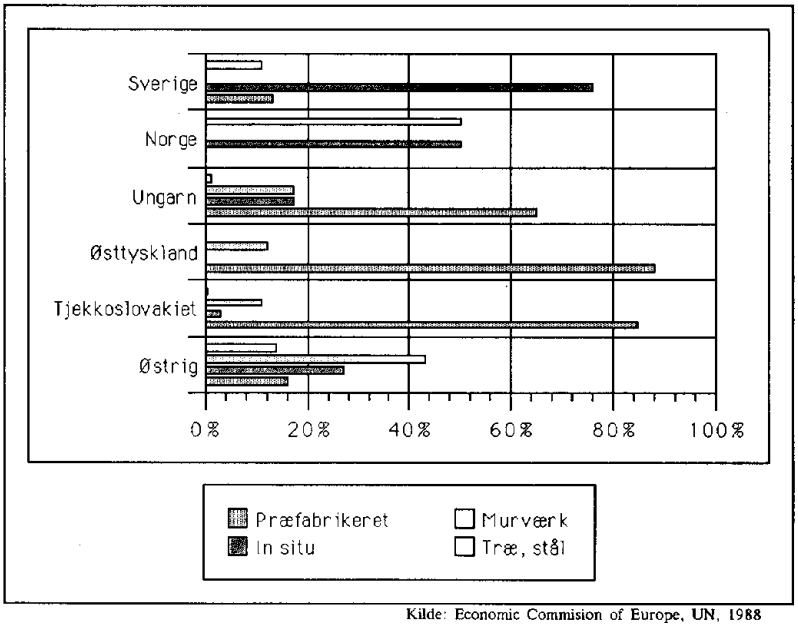
* Det nordlige Skandinavien bygger i træ og med in situ beton

* Danmark og Østeuropa har bygget med elementer

* Midteuropa med murværk og in situ beton

* Sydeuropas byggeri er in situ betonbyggeri.

## Etageboligbyggeri i Europa
(i procent, udvalgte lande (før omvæltningerne))




Kilde: Economic Commision of Europe, UN, 1988

Byggeriet i de skandinaviske lande er præget af den store tilgang til træ, og har derfor også en umiddelbar større interesse i at bruge stål som konstruktionsmateriale, da bjælkeprincippet er det samme for træ som for stål. I Midteuropa er der stor tradition for murede pudsede huse til det almindelige byggeri, og det slår også delvis igennem i etagebyggeriet hvor håndværkstraditionerne føres videre med støbning på stedet, frem for en industriel produktion. I Østeuropa har elementbyggeriet været i focus med industriel produktion som et politsk hovedmål, mens sydeuropa har en tradtion for at forskalle og støbe deres bygninger op.

## Byggeri med beton i Vesteuropa

Vesteuropas byggeri er domineret af in situ-støbning, og der er kun en begrænset tradition udover i Danmark for betonelementer i Vesteuropa.

Interessen for produktionskontrol mv. er ikke nær så udbredt i Sydeuropa, hvor klimaet ikke stiller betonen over for de samme udfordringer som i Danmark, og samtidig er den ufaglærte arbejdskraft så billig og rigelig, at der som helhed ikke er besparelser at hente ved at arbejde med betonelementer.

I de områder, hvor der har været overophedning, har der været en spirende interesse for at bruge betonelementer, det gælder f.eks. i Vesttyskland, som ellers er et typisk in situ-land.

Betonelementerne har dog hård konkurrence fra stålbyggeriet, som traditionelt har været brugt, når der har været tale om højere konstruktioner. det skyldes dels, at der har været meget stærke stålindustrier i mange lande, og dels at der i Sydeuropa ikke er det store behov for at få lukket en facade hurtigt af pga. vejr og vind, som det kendes fra f.eks. Danmark.

## Betonbyggeriet i Østeuropa

Betonelementerne vil i de førstkommende år få meget begrænset betydning indenfor boligbyggeriet i Østeuropa, fordi der nu først og fremmest satses på det private boligbyggeri i form af parcelhuse, dobbelthuse og rækkehuse.

Betonelementfabrikkerne vil enten blive lukket eller blive moderniseret med henblik på en mere ensartet størrelse og kvalitet i elementerne - som har været bl.a. de store problemer - og et nyt og bredere designprogram.

Elementfabrikernes produktion vil rette sig mod erhvervsbyggeri, i første omgang mod industribyggeriet, hvor der med en smule kvalitetsoptimering ikke er de store problemer i at bruge elementerne, selv om udseendet ikke er helt i top.

Efterhånden som designprogrammet udvides vil der også blive leverancer til kontorbyggerierne i de store centrale byer i de Østeuropæiske lande.

Som helhed koncentreres byggeindsatses i de førstkommende år dog som helhed om renovering af de mange smukke, men faldefærdige bygninger i de østeuropæiske storbyer, som derfor i løbet af en 10-15 årig periode vil fremstå som nogle af de mest klassiske storbyer i verden.

Det vil derfor i høj grad være flydende beton der vil blive efterspurgt i de førstkommende år i Østeuropa. Det skyldes ikke alene den store grad af renoveringer og ændringerne i boligbyggeriet mod tæt lavt byggeri, men i høj grad også fordi betonelementerne har et meget dårligt ry pga. den ringe kvalitet både materialemæssigt og ikke mindst arkitektonisk.

NYBETON AS & NAKSKOV BETON AS
Fejøgade 12
4800 Nykøbing Falster

# Dansk Fabriksbeton i Tyskland

af

Direktør-civilingeniør Preben Kirkegård Madsen

Juli 1992

**INDHOLDSFORTEGNELSE:** Side

## DANSK FABRIKSBETON I TYSKLAND

### 1. Indledning

Da jeg i september måned 1990 for første gang besøgte det tidligere Østtyskland, var det med en beton- og mørtelproducents øjne. Det forekom allerede ved dette første besøg indlysende, at afsætningsmulighederne var mildest talt enorme. Mere end 40 % af boligmassen betår af bygninger fra før første verdenskrig og for det meste i en meget dårlig tilstand. Nyere boligbyggerier består i stort omfang af elementbyggerier, der allerede 5 år efter deres færdiggørelse udviste kraftige tegn på armeringskorresion i facadeelementerne. Industribygninger samt landbrugets produktionsbygninger er ligeledes enten meget gamle eller nye bygninger i en særdeles ringe kvalitet.
Endelig bærer infrastrukturen præg af at "Trabbierne" er meget små samt lastbiler normalt transporterer 5 tons på forvognen og 4 tons på anhænger.
Et positivt indtryk fik jeg dog af de betonveje der blev anlagt under nazismen og stadig anvendes idag. Vejene bar i stærk kontrast til nutidige astfaltveje, intet præg af at være sporkørt, hvilket ikke kan overraske os betonfolk.
Allerede i forbindelse med dette første DDR-besøg, havde jeg en anelse om tyskers grundighed, en anelse der hver dag siden og frem til idag er blevet styrket.
Meget tidligt efter Murens fald, blev de tyske DIN normer gjort gældende i de nye forbundslande.
Fra starten havde jeg en forudanelse om at det tyske DIN normsæt er stort og indviklet som sejlgarn, en forudanelse der bliver bekræftet i stadigt stigende grad hver dag.
I grunden er dette dog ikke sandheden idet tyske normer er utroligt enkle forstået på den måde, at hvad der er tilladt står i en eller anden norm. Hvad der ikke står i en norm er forbudt, og i disse normer står der ikke noget mellem linierne.
Det efterfølgende indlæg er derfor min røde tråd gennem det tyske normkompleks, understøttet af praktiske eksempler hvor det er muligt, på et tidspunkt hvor de fremstillede produkter i form af betonvarer og fabriksbeton netop har fået det tyske "blå stempel" i form af et GÜTEZIEGEL "Ü", produkter der fremstilles på vor joint venture virksomhed:

**NYBETON TRIBSEES GmbH.**

## 2. Kvalitetsstyring

Samtlige materialer der anvendes til fremstilling af fabriksbeton og betonfærdigdele skal være overvåget. Overvågningen er på mange punkter identisk med de kendte danske kontrolordninger.
Denne overvågning af materialer organiseres på lignende måde for de heraf fremstillede produkter, som f.eks. fabriksbeton og betonvarer og kan kort resumeres som i det følgende.

I forbindelse med opbygning af virksomheden, indgår denne en langtidskontrakt med en fremmedovervåger (Prüfstelle F).
Disse fremmedovervågere er personer med en relevant teknologisk baggrund. Desuden har de gennemgået en målrettet efteruddannelse i form af kurser, der afsluttes med eksamen.
Ved beståelse af denne eksamen udstedes et personligt "fremmedovervåger certifikat". Fremmedovervågeren kan herefter starte sin erhvervsaktivitet, idet denne i forbindelse med kontrolprøvninger benytter sig af godkendte materialeprøvningsinstitutter.
Der er således ikke tale om et landsdækkende centralt organ til forskel for danske forhold.
Sideløbende hermed, organiserer virksomheden sit laboratorie og uddanner sin "egenovervåger". Egenovervågeren er ligeledes en person med relevant teknologisk baggrund, der ligeledes har bestået en efteruddannelse med afsluttende eksamen og fået tildelt et personligt "egenovervåger certifikat".
Egenovervågeren udgør herefter sammen med virksomhedens øvrige tekniske personale et "egenovervågnings prøvested" (Prüfstelle E).
I dagligdagen organiseres kvalitetsstyringen således:
Der udføres værksprøver af fremstillede produkter hvor givne egenskaber prøves med givne hyppigheder. Endvidere foretages der modtagekontrol af materialer, der leveres til anvendelse i virksomhedens produktion. Modtagekontrol består i kontrol af følgeseddel, visuel kontrol samt i visse tilfælde af egentlig prøvning med givne frekvenser og egenskaber.
Alt føres til protokol ved anvendelse af virksomhedens egne formblade, der ofte er udarbejdet på baggrund af nogle mønsterskemaer.
To gange årligt foretager fremmedovervågeren et uanmeldt besøg på virksomheden. Ved disse besøg undersøges hvorvidt virksomheden har overholdt det forlangte prøvningsomfang, og om produktionsanlæget er i normmæssig stand. Endelig udtager fremmedovervågeren en stikprøve af den løbende produktion, mærker den entydigt og pålægger virksomheden at bringe prøven til et af fremmedovervågeren nærmere angivet godkendt laboratorium. Her udføres prøvningen og der rapporteres sideløbende til virksomhed og fremmedovervåger.
Er prøvningsresultater i overensstemmelse med det forventede er virksomheden forsat godkendt som producent og bevarer sit "Güteziegel Ü".
Selve godkendelsen erhverves ved gentagne aftalte besøg af fremmedovervågeren i løbet af virksomhedens opbygningsfase.
Under disse besøg tilpasses generelle regler de aktuelle

forhold i virksomheden, ved aftale mellem fremmed- og egenovervåger. Endelig foretages en egentlig typeprøvning af samtlige de produkter virksomheden ønsker at fremstille. Til en typeprøvning hører virksomhedens egenprøvning, eventuel receptdokumentation samt prøvning på eksternt laboratorium af prøver udtaget af fremmedovervåger. Denne typeprøvning foretages typisk løbende indtil hele virksomhedens varesortiment er typeprøvet og typegodkendt.

## 3. Betonens delmaterialer

Beton i Tyskland sammensættes af:
- Tilslag
- Cement
- Pozzulaner
- Additiver
- Vand

Der er således tale om grupper af materialer, som er velkendte i Danmark.
Inden for de enkelte materialegrupper er der mulige materialevalg samt materialekrav, der forekommer fremmed for en dansker.

### 3.1 Cement

Cement specificeres og prøves efter DIN 1164 og er alle fremstillet på basis af Portlandcement klinker. Ud over rene Portlandcementer anvendes to blandingscementer, der fremstilles ved samformaling af Portlandcement klinker og højovnsslagge. Højovnsslagge er et spildprodukt fra stålfremstilling, der endvidere forhandles rent, hvorved det kan tilsættes betoner i blandeøjeblikket i lighed med dansk anvendelse af flyveaske og mikrosilica.
De her tre omtalte hyppigst anvendte cementers sammensætning, artsbetegnelse samt typebetegnelse, fremgår på blandet dansk og tysk af tabel 3.1.1.

| Cementart | Portland-zement | Eisenport-landzement | Hochofen-zement |
|---|---|---|---|
| Typebetegnelse | PZ | EPZ | HOZ |
| Bestanddel | Sammensætning, vægt-% | | |
| Portlandcement klinker | 100 | 94-65 | 64-20 |
| Højovnsslagge | 0 | 6-35 | 36-80 |

Tabel 3.1.1 Betegnelser og sammensætning af de hyppigst anvendte cementer.

Cementer anvendes afhængigt af formål, i forskellige styrkeklasser og styrkeudviklingshastigheder som vist i tabel 3.1.2.

| Cement-styrke klasse | | Trykstyrke i $N/mm^2$ ved alder | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 døgn | 7 døgn | 28 døgn | |
| | | min. | min. | min. | max. |
| Z 25 | | - | 10 | 25 | 45 |
| Z 35 | L | - | 18 | 35 | 55 |
| | F | 10 | - | | |
| Z 45 | L | 10 | - | 45 | 65 |
| | F | 20 | - | | |
| Z 55 | | 30 | - | 55 | - |

Tabel 3.1.2 Cementstyrker samt styrkeudvikling.
L = Langsom styrkeudvikling
F = Hurtig Styrkeudvikling

Endelig forhandles cementer med forskellige specielle egenskaber, som f.eks.:

- Lavalkali cement : Tillægsbetegnelse NA
- Sulfatbestandig cement : Tillægsbetegnelse HS
- Cement med lav varmeudvikling: Tillægsbetegnelse NW

Sammenstykkes alle disse forskellige beskrivende betegnelser støder man f.eks. på følgende betegnelser i tilbud og på mærkesedler:

Zement DIN 1164-PZ 35 F
Zement DIN 1164-HOZ 35 L NA HS NW

Sammenlignet med danske forhold, må de tyske cementbetegnelser siges at indeholde mere information om produktegenskaber.

### 3.2 Pozzulaner

Ud over den i forrige afsnit omtalte højovnsslagge, finder flyveaske stadigt større anvendelse.
Flyveaske mærkes med normbetegnelsen "FA", og forhandles til tonspriser der ligger omkring 50 % af sædvanlige cementpriser.
Bestemmelser omkring flyveaskes anvendelse er mildest talt

noget rod.
Flyveaske i Tyskland har, efter hvad jeg har erfaret, mindst 4 forskellige aktivitetsfaktorer, der fremkommer på følgende måde.

Ved V/C-tals beregning: I normaltilfældet kan anvendes en aktivitetsfaktor uden eftervisning på 0,3 Ved anvendelse af flyveaske i undervandsbeton kan aktivitetsfaktoren uden eftervisning sættes til 0,7.

Ved cementindholdsberegning: I normaltilfældet kan anvendes en aktivitetsfaktor uden eftervisning på 0,5. I undervandsbeton kan anvendes en aktivitetsfaktor uden eftervisning på 1,0

Doseringsmængde af flyveaske må maksimalt være 25 % af cementmængden.
Flyveaske og andre pozzulaner samt farvestoffer, betegnes på tysk som "Betonzusatzstoffe", og indgår i betoner med et så stort volumen, at der skal tages hensyn dertil ved proportioneringen.

### 3.3 Additiver

Betonadditiver udbydes stort set i samme omfang som på det danske marked.
Leverandører oplyser om produkternes hovedvirkning, normale doseringsområde samt bivirkninger ved overdosering.
Der oplyses imidlertid, i overensstemmelse med normgrundlaget, ikke om:

- Aktiv komponent
- Tørstofindhold
- Cloridindhold
- Alkaliindhold
- Ph-værdi

Dette forhold skyldes uden tvivl, at langt den største mængde beton fremstilles uden additiver, idet betoner med additiver altid skal typeprøves.
Additivdoseringer er mængdemæssigt normsat i DIN 1045.
Ved anvendelse af et additiv skal doseringen ligge mellem 0,2-5 % af cementmængden. Anvendes flere additiver skal hvert additiv doseres med mindst 0,2% af cementmængden og den samlede additivmængde må ikke overstige 6 % af cementmængden.
Samtlige additiver på nær superplast, skal tilsættes betonen i forbindelse med blandeproceduren. Superplast må generelt kun tilsættes på byggepladsen.
Endelig anses additivers mængder i beton så ubetydelige, at deres volumen i forbindelse med proportionering ikke skal

medtages.
Dog skal vandindhold i additiver medregnes ved en samlet additivmængde på over 2,5 $l/m^3$ beton i forbindelse med V/C-tals eftervisning.
Endelig er det forbudt at anvende additiver med højt cloridindhold i armeret beton. Additiver betegnes på tysk som "Betonzusatsmittel".

### 3.4 Vand

Forholdene omkring blandevand er stort set identiske med danske forhold, hvor der uden dokumentation kan anvendes vand fra det offentlige vandforsyningsnet.
Ønskes andet vand anvendt må dets egnethed eftervises.

### 3.5 Tilslag

Krav til sand og sten anvendt som betontilslag er beskrevet i DIN 4226.
Der er her tale om følgende 3-punkts opdeling med angivne egenskaber, samt fremhævet tysk forkortelse:

**1. Normale krav:** Index: Ingen

- Kornkurve: Der skal anvendes tilslag med en kornkurve svarende til en af de 21 typekurver, der er angivet i normen (se tabel 3.5.1).
- Kornform : Der skal anvendes kugleformede eller kubiske
  K materialer med maksimalt længde-højdeforhold på 3:1, ugunstig kornform max. 50 vægt-%.
- Frost-tø : Tilslag udtørret i 24 timer, opfugtet under F
  vand i 2 timer, udsat for 20 frost-tø cyckler må højst tabe 4 vægt-% materiale gennem $0,5*d_{min}$ sigten.
- Skadelige: Krav til opslembare stoffer fremgår af tabel
  stoffer 3.5.1.

A

| Fraktion mm | Opslembare stoffer, vægt-% max. |
|---|---|
| 0/1, 0/2, 0/4 | 4,0 |
| 0/8, 1/2, 1/4, 2/4 | 3,0 |
| 0/16, 0/32, 2/8, 4/8 | 2,0 |
| 0/63, 2/16, 4/16, 4/32 | 1,0 |
| 8/16, 8/32, 16/32, 32/63 | 0,5[1)] |

Tabel 3.5.1 Kravværdier til opslembare stoffer
1) For knuste materialer tillades dog 1,0 vægt-%.

| | |
|---|---|
| **D** | De enkelte korn skal i vandmættet tilstand have en trykstyrke på mindst 100 $N/mm^2$ |
| **A** | Humusfarven som vi kender den i Danmark, skal være farveløs til lys gul. |
| **Q** | Ekspanderende partikler må forefindes i op til 0,5 vægt-% ved $d_{maks}$ 4 mm og 0,1 vægt-% ved fraktioner over 4 mm. Styrkeformindskene stoffer må højst reducere en given referencebetons styrke med 15 %. |
| **S** | Svovlforbindelser må højst forefindes i en mængde svarende til et sulfatindhold bestemt som $SO_3$ på 1,0 vægt-%. |
| **Cl** | Tilslagsmaterialer med maksimalt 0,4 vægt-% vandopløseligt clorid. |

**2. Forhøjede krav: Index: e**

| | |
|---|---|
| - Frost-tø : **eF** | Tilslag udtørret i 24 timer, opfugtet under vand i 24 timer, udsat for 10 frost-tø cycler må højst tabe 0,4 vægt-% materiale gennem $0,5*d_{min}$ sigten. |
| - Frost-tø og tøsalt : **eFT** | Tilslag udtørret i 24 timer, opfugtet under vand i 24 timer, udsat for 10 frost-tø cycler må højst tabe 2,0 vægt-% materiale gennem $0,5*d_{min}$ sigten. |
| **eQ** | Ekspanderende partikler må ikke forefindes. |
| **eCl** | Tilslagsmaterialer med maksimalt 0,02 vægt-% vandopløseligt clorid. |
| **eK** | Ugunstig kornform for granitskærver må maksimalt være 20 vægt-%. |

**2. Formindskede krav: Index: v**

Kan de normale krav til tilslagsmaterialer i et vist omfang ikke opfyldes, tillades materialet alligevel anvendt, såfremt en typeprøvning viser materialets egnethed.
Der kan således dispenseres fra normens krav med hensyn til følgende egenskaber:

- Kornform : **vK**
- Styrke : **vD**
- Frost-tø : **vF**
- Opslembare stoffer: **vA**
- Humusfarve : **vO**
- Sulfatindhold : **vS**
- Cloridindhold : **vCl**

**Alkalireaktivitet**

Tilslagsmaterialers alkalireaktivitet prøves grundigt i forbindelse med indvindingopstart i nye og ukendte forekomster.
Prøvningen foretages i henhold til "Vorbeuegende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton".

Ved denne prøvning inddeles tilslag i en af følgende 3 "alkalifølsomhedsklasser":

- E I : Ikke alkalireaktivt tilslag
- E II : Betinget alkalireaktivt tilslag
- E III: Alkalireaktivt tilslag

Afhængigt af betonens anvendelse skal der herefter træffes de forholdsregler der fremgår af tabel 3.5.2.

| Tilslagets alkalifølsomheds klasse | Tilrådelige forholdsregler | | |
|---|---|---|---|
| | Betonens "miljøklasse" | | |
| | WO<br>Tørt<br>(BBB-Passiv) | WF<br>Fugtigt<br>(BBB-Moderat) | WA<br>Fugtigt+ alkalitilførsel<br>(BBB-Aggressiv) |
| E I | Ingen | Ingen | Ingen |
| E II | Ingen | Ingen<br>Betonstyrker > 25 N/mm$^2$ brug lavalkalicem. | Brug lavalkalicement |
| E III | Ingen | Brug lavalkalicement | Udskift tilslag |

Tabel 3.5.2 Forholdsregler der skal træffes for at undgå skadelige alkalikisel reaktioner, efter tyske forhold, med indsat dansk BBB analogi.

Mine erfaringer med tilslagsmaterialer i Vorpommeren er, at de bakkematerialer vi kan købe på markedet alle opfylder mindst de normale krav.
Samtidig er sandene E I materialer, medens sten varierer noget i kvalitet.
Mange grusproducenter leverer dog stentilslag som eF og E II materialer. I enkelte grusgrave opfylder materialerne dog kun F og E III kravene.
Det er endvidere typisk, at sten i 4/8 mm fraktionen er af bedre kvalitet end større stenfraktioner.
Man skal sålede passe på hvad de salgslystne tilbydere forsøger at sælge. På stensiden hedder det rigtige materiale for os i henhold til DIN 4226 f.eks.:

Zuschlag DIN 4226-8/16 eF E I

Alternativt er det muligt at anvende forskellige skandinaviske granitter, samt sømaterialer fra Østersøen og Faxe Bugt. Sømaterialer anvendes dog traditionelt ikke i Vorpommeren pga. en indgroet angst for cloridindholdet og den deraf følgende risiko for armeringskorresion ved manglende kvalitetsstyring.

## 4. Fabriksbeton produktion

Fabriksbeton i Tyskland fremstilles i i henhold til den tyske betonnorm DIN 1045.
Endvidere har det tyske Transportministerium udgivet et tillæg til normens krav, som går under betegnelsen ZTV-K 88.
Her skærpes bla. normens krav til betons tæthed, styrke samt dokumentation af disse egenskaber.
Prøvning af beton foretages generelt efter DIN 1048 og selve overvågningen foretages i henhold til DIN 1084.

### 4.1 Betonsammensætning.

Beton fremstilles i lighed med danske forhold i styrkeklasser med spring på 5.
I tabel 4.1.1 er de enkelte styrkeklasser, med styrkekrav og anvendelsesområde, vist.

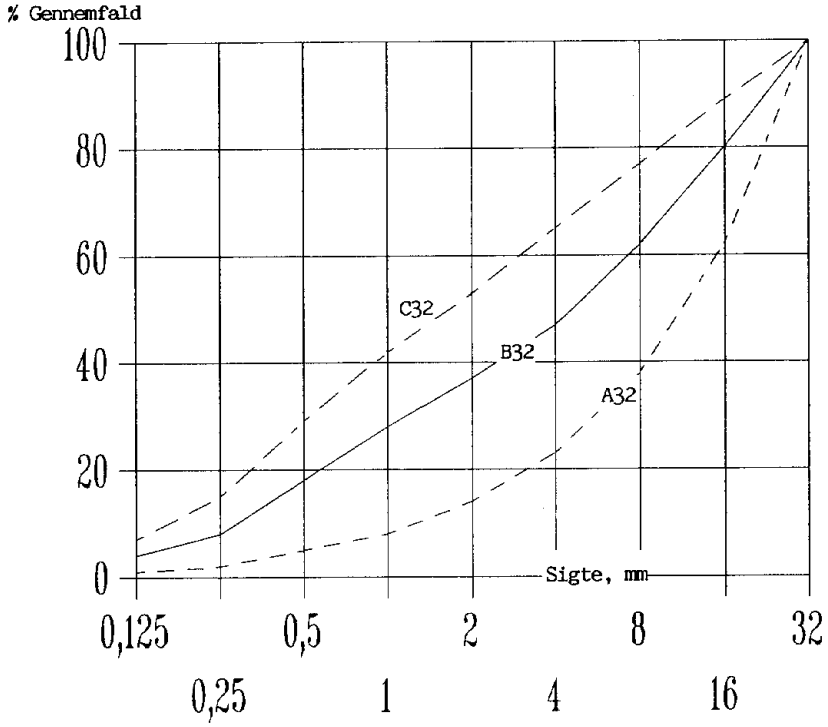
| Beton gruppe | Styrke-klasse | Karakteristisk styrke 28 døgn N/mm² | Gruppe-gennemsnit af serie på 3 prøver min. N/mm² | Sikkerhedsmargen N/mm² | Proportionerings-styrke N/mm² | Anvendelses-område |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Beton B I | B 5 | 5 | 8 | 5 | 13 | Uarmeret beton |
| | B 10 | 10 | 15 | 5 | 20 | |
| Beton B II | B 15 | 15 | 20 | 5 | 25 | Armeret beton |
| | B 25 | 25 | 30 | 5 | 35 | |
| | B 35 | 35 | 40 | 5 | 45 | |
| | B 45 | 45 | 50 | 5 | 55 | |
| | B 55 | 55 | 60 | 5 | 65 | |

**Tabel** 4.1.1 Definition af styrkeklasser, betongrupper, styrkekrav samt anvendelsesområde.

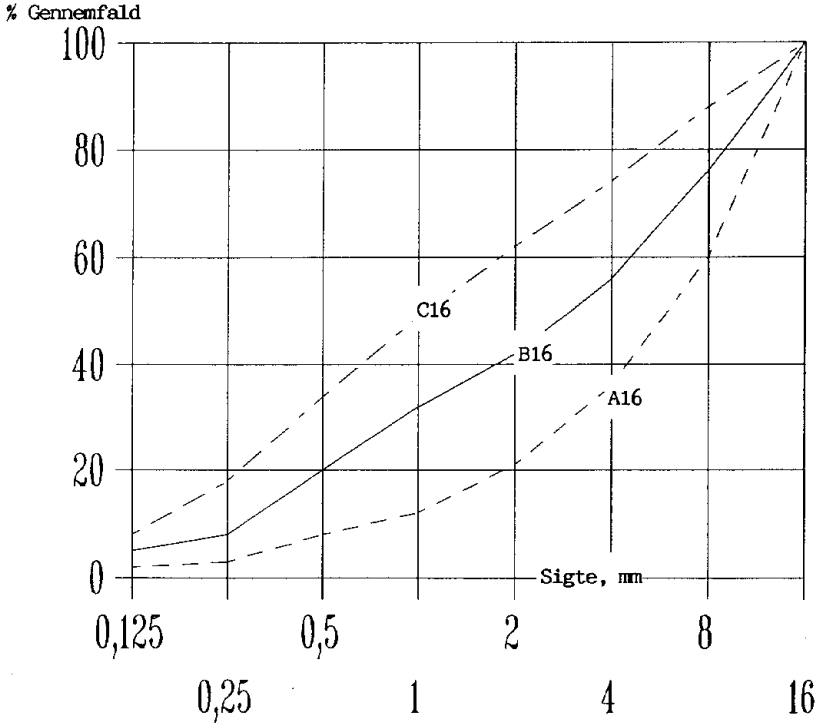
Der er således tale om en kvalitetsgruppering af betoner afhængig af styrken. Endvidere kræves der altid typeprøvning af B II betoner, medens B I betoner under visse betingelser kan produceres uden forudgående typeprøvning.

**Tilslagets sammensætning**

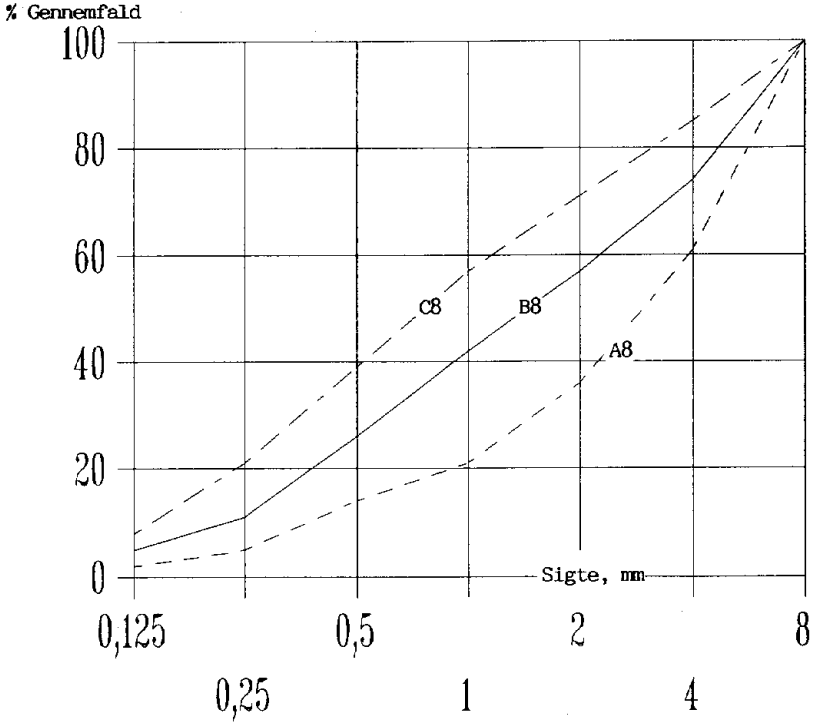
Kravet til det samlede betontilslags sammensætning er lige-




Figur 4.1.3 Grænsekurver for samlet tilslag, $D_{maks}$ 32 mm




Figur 4.1.2 Grænsekurver for samlet tilslag, $D_{maks}$ 16 mm




Figur 4.1.1 Grænsekurver for samlet tilslag, $D_{maks}$ 8 mm

ledes normsat og fremgår af figurerne 4.1.1 til 4.1.3.
De enkelte kurver skal forstås således, at et samlet tilslags kornkurve skal ligge inden for to grænsekurver og kun efter aftale med fremmedovervågeren, gå lidt uden for på en enkelt sigte eller to. Som retningslinie herfor anvendes ofte en maksimal overskridelse på 5 % på to sigter.

**Konsistensbegrebet**

Betonen fremstilles i lighed med danske forhold i konsistensområder. Konsistensmålingen udføres enten ved et udbredelsesmål, som især danske mørtelproducenter anvender, eller ved et komprimeringsmål.
Komprimeringsmålet er forholdet mellem en betons udgangsvolumen og volumen efter en standardiseret komprimering.
Komprimeringsmålet anvendes især ved stive betoner, medens udbredelsesmålet anvendes ved blødere betoner.
Definitioner omkring konsistensmåling fremgår af tabel 4.1.2.

| Konsistensområder | | Udbredelsesmål a cm | Komprimeringsmål v | Omtrentlige sætmål mm |
|---|---|---|---|---|
| Betydning | Forkortelse | | | |
| Steif | KS | - | ≥ 1,20 | 0 - 20 |
| Plastisch | KP | 35 - 41 | 1,19 - 1,08 | 20 - 60 |
| Weich | KR | 42 - 48 | - | 60 - 180 |
| Fließfähig | KF | 49 - 60 | - | > 180 |

Tabel 4.1.2 Tyske betegnelser for konsistens, med grænseværdier ved prøvning. Endvidere er indsat i tabellen, de tilnærmelsesvise sætmål fundet ved sammenlignende målinger.

På nær konsistens KF, fremstilles alle konsistenser som fabriksbeton, færdigblandet på værket.
Flydende betoner fremstilles ud fra en beton med lavere konsistens og tilsættes flydemiddel på byggepladsen. Det er et normkrav at flydemidlet tilsættes på byggepladsen.

**Cementindhold uden typeprøvning**

Ønskes en hurtig produktionsstart af et fabriksbetonanlæg, vælges følgende fremgangsmåde:
- Der fremskaffes tilslag der kan sammensættes som vist i figurerne 4.1.1 til 4.1.3.
- Produktionsprogrammet indrettes til kun at omfatte B I betoner
- Produktionsprogrammet indeholder betoner uden additiver

- Betonrecepter indrettes således, at de i tabel 4.1.3 angivne mindste cementindholdskrav er opfyldt.

| Styrkeklasse | Kornkurveområde | Mindste cementindhold pr. $m^3$ komprimeret beton for konsistensområderne | | |
|---|---|---|---|---|
| | | KS | KP | KR |
| B 5 Uarmeret beton | AB32 | 140 | 160 | - |
| | BC32 | 160 | 180 | - |
| B 10 Uarmeret beton | AB32 | 190 | 210 | 230 |
| | BC32 | 210 | 230 | 260 |
| B 15 | AB32 | 240 | 270 | 300 |
| | BC32 | 270 | 300 | 330 |
| B 25 Armeret beton | AB32 | 280 | 310 | 340 |
| | BC32 | 310 | 340 | 380 |
| B 25 Udendørs beton | AB32 | 300 | 320 | 350 |
| | BC32 | 320 | 350 | 380 |

Tabel 4.1.3 Krav til mindste cementindhold for betoner B I u-typeprøvning, når der anvendes en cement af styrkeklassen Z 35 og $D_{maks}$=32 mm

Cementmængderne i tabel 4.1.3 skal forhøjes med:
- 15 % ved anvendelse af cement i styrkeklassen Z 25
- 10 % ved $D_{maks}$ = 16 mm
- 20 % ved $D_{maks}$ = 8 mm

Cementmængderne i tabel 4.1.3 kan formindskes med:
- 10 % ved anvendelse af cement i styrkeklassen Z 45 eller højere
- 10 % ved $D_{maks}$ = 63 mm

Erfaringer viser, at styrkerne i de enkelte recepter ud fra disse forudbestemte værdier så rigeligt er på den sikre side. Det er dog en lempelig måde at starte en produktion op på. Recepterne udvikles herefter løbende hen mod en egentlig typegodkendelse.

**Cementindhold med typeprøvning.**

Med tiden afprøves, justeres og dokumenteres recepter uden typeprøvning, hvorefter selve typeprøvningen blot er en formsag.

| Anvendelses-område | Beton-gruppe | Styrke-klasse | V/C-for-hold maks. | Cementindhold af komprimeret beton kg/m3 min. | Gennemsnitlig luftindhold volumen-% ved $D_{maks}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 8 mm | 16 mm | 32 mm |
| Indendørs uarmeret | B I | ≥B 5 | - | 100 | - | - | - |
| | B II | ≥B 35 | - | - | - | - | - |
| Indendørs armeret | B I | ≥B 15 | - | 240 | - | - | - |
| | B II | ≥B 35 | 0,75 | 240 | - | - | - |
| Udendørs armeret & uarmeret | B I | ≥B 15 | 0,6 | 300[1] | - | - | - |
| | B II | ≥B 35 | 0,6 | 270 | - | - | - |
| Vandtæt beton | B I | B 25 | Ved konstruktionstykkelse d≤0,4 m 0,6 d>0,4 m 0,7 | Ved $D_{maks}$ = 16 mm: 370 Ved $D_{maks}$ = 32 mm: 350 | - | - | - |
| | B II | ≥B 35 | | - | - | - | - |
| Beton med høj frostsikkerhed | B I | B 25 | Ved konstruktionstykkelse d≤0,4 m 0,6 d>0,4 m 0,7 | Ved $D_{maks}$ = 16 mm: 370 Ved $D_{maks}$ = 32 mm: 350 | For B I og B II betoner og V/C<0,6 | | |
| | | | | | - | - | - |
| | B II | ≥B 35 | | - | For B I og B II betoner og V/C<0,7 | | |
| | | | | | 5,5 | 4,5 | 4,0 |
| Beton med høj frostsikkerhed og tøsalte | B II | ≥B 35 | 0,5 | -[2] | 5,5 | 4,5 | 4,0 |
| Undervandsbeton | B II | ≥B 35 | 0,6 | 350[3] | - | - | - |

Tabel 4.1.4 Krav til betoner med typeprøvning inddelt efter anvendelse.

1) Cementindholdet gælder for cementstyrke Z 35
Ved anvendelse af cementstyrke Z 45 må cementindholdet reduceres med 10 %.

2) Der skal altid anvendes cement med mindst styrke Z 35.

3) Gælder for beton med $D_{maks}$ = 32 mm.

Typeprøvningen er endvidere ønskelig for at kunne tilfredsstille enhver tænkelig efterspørgsel, naturligvis inden for rimelighedernes grænser.
For danske betonkogere er det endvidere velkendt, at betoner med et eftervist V/C-tal ofter vil være efterspurgt og det i stadigt stigende grad.
Tabel 4.1.4 er en sammenstilling af de fleste krav, man kunne tænke sig at blive stillet overfor i den tyske fabriksbetonverden.
Ud over de i tabel 4.1.4 anførte anvendelser af beton, behandler DIN 1045 endvidere betoner med:

- Modstand mod kemiske angreb
- Modstand mod slid
- Modstand mod temperaturer indtil 250 $^{o}$ C.

Der er således i normen taget en del utraditionelle anvendelser af beton med, hvilket er et af de få inspirerende indslag, jeg har fundet i den tyske normjungle.

## 4.2 Produktion og prøvning

Kravet til et tysk betonværk er meget lig de danske krav. Dog er der på arbejdsmiljøsiden skrappere krav med hensyn til afskærmning og nødstop.
Af øvrige væsentlige forskelle skal især to fremhæves.

- Vejesystemet skal i lighed med danske forhold, være rent elektronisk. Kun bestemte vejeceller er godkendte. Ved ibrugtagningen kontrolleres og justeres samtlige vægte af en offentlig myndighed, Eichamt, hvorefter vægtene kan bruges i indtil to år, hvorefter Eichamt foretager en ny "eichning" af vægtsystemet.
- I computerstyrede anlæg skal endvidere godtgøres overfor eichamt, at der ikke manipuleres med data, der udskrives på følgesedler.
  Dette gøres ved montering af en processor direkte på vejesystemet. Processoren står i direkte kontakt med følgeseddelprinteren.
  Systemet bestående af processor og følgeseddelprinter skal have en godkendelse af eichamt. Forefindes denne for systemet, plomberer eichamt systemet og må derefter kun åbnes af eichamt

Ellers består et typisk tysk betonværk af f.eks. 5 tilslagssiloer, 2-4 cementsiloer med 2 cementtyper samt 2 additiver, luftindføringsmiddel og normal plastmiddel, eventuelt også en tank med superplast hvor dette fyldes på 25 liters dunke. Oftest blandes i tvangsblandere, sjældnere i modstrømsblandere og BHS blandere. Endvidere har jeg endnu ikke oplevet et ægte tilfælde af blanding i bilerne.

### Produktsortiment

I tabel 4.2.1 er vist et typisk eksempel på en tysk fabriks

NYBETON TRIBSEES GmbH SÜLZER CHAUSSE 8 O-2304 TRIBSEES
TLF/FAX: 223

BETONSORTENVERZEICHNIS GÜLDIG AB 30. JUNI 1992

| BETONSORTE nr. | FESTIGKEITSKLASSE B | GRÖSTKORN mm | KONSISTENZ | | WASSER | | ZEMENT | | ANWENDUNGSBEREICH | | | | | | | FESTIGKEITSENTWICKLUNG | FEUCHTIGKEITSKLASSE | ZUSATSMITTELN | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | K | ABM mm | W/Z | GEHALT kg/m³ | ART | GEHALT kg/m³ | UB | IB | BW | AB | WU | F | FT | | | BV-% V. ZEMENT | LP-% V. ZEMENT |
| 2S1221 | BI 10 | 8 | S | 350 | 0,90 | 180 | PZ45 F | 200 | X | X | | | | | | L | WF | 0,0 | 0,0 |
| 2S1321 | BI 10 | 16 | S | 350 | 0,90 | 169 | PZ45 F | 188 | X | X | | | | | | L | WF | 0,0 | 0,0 |
| 2S1521 | BI 10 | 32 | S | 350 | 0,90 | 153 | PZ45 F | 170 | X | X | | | | | | L | WF | 0,0 | 0,0 |
| 2P1221 | BI 10 | 8 | P | 410 | 0,90 | 189 | PZ45 F | 210 | X | X | | | | | | L | WF | 0,0 | 0,0 |
| 2P1321 | BI 10 | 16 | P | 410 | 0,90 | 178 | PZ45 F | 198 | X | X | | | | | | L | WF | 0,0 | 0,0 |
| 2P1521 | BI 10 | 32 | P | 410 | 0,90 | 162 | PZ45 F | 180 | X | X | | | | | | L | WF | 0,0 | 0,0 |
| 3S1221 | BI 15 | 8 | S | 350 | 0,75 | 182 | PZ45 F | 243 | X | X | | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3S1321 | BI 15 | 16 | S | 350 | 0,75 | 171 | PZ45 F | 228 | X | X | | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3S1521 | BI 15 | 32 | S | 350 | 0,75 | 155 | PZ45 F | 207 | X | X | | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3P1222 | BI 15 | 8 | P | 410 | 0,75 | 191 | PZ45 F | 255 | X | X | X | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3P1322 | BI 15 | 16 | P | 410 | 0,75 | 180 | PZ45 F | 240 | X | X | X | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3P1521 | BI 15 | 32 | P | 410 | 0,75 | 164 | PZ45 F | 219 | X | X | | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3R1222 | BI 15 | 8 | R | 480 | 0,75 | 203 | PZ45 F | 271 | X | X | X | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3R1322 | BI 15 | 16 | R | 480 | 0,75 | 186 | PZ45 F | 248 | X | X | X | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 3R1522 | BI 15 | 32 | R | 480 | 0,75 | 181 | PZ45 F | 241 | X | X | X | | | | | L/M | WF | 0,30 | 0,0 |
| 4R1222 | BI 25 | 8 | R | 480 | 0,60 | 205 | PZ45 F | 342 | X | X | X | | | | | M | WF | 0,35 | 0,0 |
| 4R1322 | BI 25 | 16 | R | 480 | 0,60 | 188 | PZ45 F | 313 | X | X | X | | | | | M | WF | 0,35 | 0,0 |
| 4R1522 | BI 25 | 32 | R | 480 | 0,60 | 183 | PZ45 F | 305 | X | X | X | | | | | M | WF | 0,35 | 0,0 |
| 4R1223 | BI 25 | 8 | R | 480 | 0,57 | 207 | PZ45 F | 363 | X | X | X | X | | | | M | WF | 0,40 | 0,0 |
| 4R1323 | BI 25 | 16 | R | 480 | 0,57 | 190 | PZ45 F | 333 | X | X | X | X | | | | M | WF | 0,40 | 0,0 |
| 4R1523 | BI 25 | 32 | R | 480 | 0,57 | 185 | PZ45 F | 324 | X | X | X | X | | | | M | WF | 0,40 | 0,0 |
| 4R1324 | BI 25 | 16 | R | 480 | 0,53 | 200 | PZ45 F | 377 | X | X | X | X | X | | | M/S | WF | 0,40 | 0,0 |
| 4R1524 | BI 25 | 32 | R | 480 | 0,53 | 192 | PZ45 F | 362 | X | X | X | X | X | | | M/S | WF | 0,40 | 0,0 |

Tabel 4.2.1 Et eksempel på en "betontypefortegnelse" efter tyske normkrav. For betoner med typeprøvning

varesortiment. Denne betontypefortegnelse er et dokument der er offentligt tilgængeligt og dets eksistens er et normkrav. Oplysningerne i fortegnelsen er ligeledes et normkrav.
Når man som dansker udgiver en sådan typefortegnelse, er det lidt med en følelse af, at man forærer sine produktionshemmeligheder væk.
De anvendte betegnelser og forkortelser er i princippet aftalt mellem fremmed- og egenovervåger. De er dog i overensstemmelse med ca. 99% af lignende eksisterende tyske dokumenter.
Enkelte forkortelser er nye for artikellæseren, hvorfor de kort skal forklares.

- **UB** = Unbewerts = uarmeret
- **IB** = Innenbauteile = indendørs bygningsdele
- **BW** = Bewertes = armeret.
- **AB** = Ausenbauteile = udendørs bygningsdele
- **F** = Frostwiederstand = beton med høj frostsikkerhed
- **FT** = Frost- und Tausalzwiderstand = beton med høj frostsikkerhed og tøsalte
- **Festigkeitsentwikling** = betonens styrkeudvikling, hvor
  **L** = langsom
  **M** = middel
  **F** = hurtig
- **BV-% V.** = Betonverflüssiger procent von = plastificiering i % af
- **LP-% V.** = Lufatporenbildner procent von = luftindføringsmiddel i % af

Ud over de i typefortegnelsen angivne produkter produceres pudslag, kantstensbetoner og andre specialprodukter som ikke er overvågningspligtige.

Ved udvejning af de enkelte delmaterialer, skal en doseringsnøjagtighed på ±3% overholdes inden for læsset.
Blandetider er at afpasse efter blandertype. For særligt effektive blandere er det tilladt med blandetider ned til 30 sekunder.
Som eksempel på en særlig effektiv blander kan f.eks. nævnes en SKAKO modstrømsblander type SM1500.

**Kontrolprøvning**

I den løbende kvalitetkontrol foretages følgende prøvninger:

- Styrke: Der ustøbes 3 stk 20x20x20 cm terninger hver gang der er produceret 500 $m^3$ af en recept. Dog må der højst gå 7 støbedage mellem hver styrkekontrol. I langt de fleste tilfælde anvendes 15x15x15 cm terningforme, der omregnes til 20 cm terninger med faktoren 0,95.
- Cementindhold: Udskrives blandedata på følgeseddel er anden prøvning ikke krævet.

- V/C-tal: For betoner med V/C-tals krav skal der foretages en kontrolprøvning for hver produktionsdag. Prøvningen foretages efter DIN 52171, udkast oktober 1989.
  En tilladt metode er at udføre et vandregnskab ved udtørring af materialer og regne baglæns ud fra udvejede mængder.
- Konsistens: Betonens konsistens skal løbende kontrolleres ved visuel bedømmelse.
  Endvidere skal konsistensen bestemmes ved prøvning i forbindelse med udstøbning af prøver til styrkebestemmelse.

Det tyske prøvningsomfang er således overkommeligt for betoner med typeprøvning. Hvad specielt er lettere at håndtere end f.eks. i Danmark er, at i Tyskland er ulighedstegn skarpe og kun til en side.

**Typeprøvning**

Ved typeprøvning skal der udføres 3 prøvninger af de for den enkelte recept relevante egenskaber, som f.eks.

- Styrke
- Luftindhold
- Vandtæthed
- V/C-tal
- Konsistens ved 10 minutter og 45 minutter efter vand er tilsat blandingen.

For samtlige prøvninger gælder, at de skal foretages ved en betontemperatur på mellem 15 og 22 $^{o}$ C.

Ud over de praktiske prøvninger, skal der udarbejdes en receptdokumentation. Receptdokumentationen er på mange måder at sammenligne med den danske BBB-betonblanket, side 1. Tabel 4.2.2 er et eksempel på en tysk betonblanket, der sammen med de forhåbentligt gode prøvningsresultater, giver betonen det blå stempel som typegodkendt.

Typeprøvningen er gyldig indtil, der foretages væsentlig udskiftning i betonens delmaterialer.
En ofte anvendt strategi er, at man lader betoner typegodkende med en cementstyrke Z 35, vel vidende at man også har den lidt kostbarere cementstyrke Z 45 i en af siloerne. Skulle man løbe tør for Z 35, kan man således med god samvittighed i langt de fleste tilfælde blande med Z 45 cementen.
Typeprøvningen kan samtidig bære det ofte forekomne tyske fænomen kaldet "mehrzement". Dette betyder, at kunden mod et mindre tillæg på ca. 2,5 DM kan få 10 kg ekstra cement i pr. $m^3$ beton.
Disse små sidespring skal dog ses i lyset af, at der foreligger en typeprøvning for hver konsistensområde, en fremgangsmåde der af og til har været diskuteret i Danmark.

| | |
|---|---|
| N Y B E T O N  T R I B S E E S  G M B H<br>S Ü L Z E R  C H A U S S E  8<br>0 - 2 3 0 4  T R I B S E E S<br>T L F / F A X :  2 2 3 | BETRIFFT : Eignungsprüfung |

**A N F O R D E R U N G E N**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Festigkeitsklasse | : B 25 | Siebl. Bereich | : AB16 |
| Konsistenzbereich | : KR | Luftporen Vol % | : 2,0 |
| Besondere Eigenschaften | : B I BW AB | βwM N/mm² | : 35 |
| Mindestzementgeh. kg/m³ | : 270 | Festigk. Entw. | : M |
| Ang. Mehlkorngeh. kg/m³ | : 350 | Max. w/z-Wert | : 0,57 |

**A U S G A N G S S T O F F E**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Zementart | : PZ 45 F | Werk | : Rördal | Rohd.kg/dm³ | : 3,1 |
| Zusatzstoff | : - | | | | |
| Zuschlaggemisch | : Sand-Kies | | | k-Wert | : 3,5 |
| Zusatzmittel | : BV | Werk | : MC | Zugabe % | : 0,4 |

**B E R E C H N U N G**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Wasser | kg/m³ : 187 | w/z-Wert : 0,57 | |
| Zement | kg/m³ : 330 | | |

| Stoffraum | | | Mehlkorn-Feinstsand (kg) | | Mörtelgehalt | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zement | : 106 | dm³ | G < 0,125 mm | G < 0,25 mm | Zement : | 106 | dm³ |
| Wasser | : 187 | dm³ | $\frac{1786 \times 2,1}{100}$ | $\frac{1786 \times 9,1}{100}$ | Wasser : | 187 | dm³ |
| Luftporen | : 20 | dm³ | | | Luftpor.: | 20 | dm³ |
| Zusatzmittel: | 1 | dm³ | | | Zusatzm.: | 1 | dm³ |
| | | | G = 38 | G = 163 | Zuschlag: | | |
| Summe | 314 | dm³ | Z = 330 | Z = 330 | < 2mm | 240 | dm³ |
| Volumen G | 686 | dm³ | Summe: 368 | Summe: 493 | Summe: | 554 | dm³ |

Zusammensetzung für 1m³ verdichteten Frischbeton

| Korngruppe Bez. (mm) | Stoffraum % | Stoffraum dm³ | Rohd. (kg/dm³) | Zuschl. trocken (kg) | Eigenfeuchte % | Eigenfeuchte kg | Zuschl. feucht (kg) | Labormisch 0 dm³ (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sand 0/2 | 32 | 219 | 2618 | 575 | 3,1 | 17,8 | 593 | |
| Kies 4/8 | 31 | 212 | 2600 | 552 | 0,6 | 3,3 | 555 | |
| Kies 8/16 | 37 | 254 | 2600 | 659 | 0,6 | 4,0 | 663 | |
| Summe ===> | 100 | 685 | | 1786 | | 25 | 1811 | |
| Zugabewasser kg/m³ : | | | | 160 | | 162 | 162 | |
| Wassergehalt kg/m³ : | | | | 187 | | 187 | 187 | |
| Zementgehalt kg/m³ : | | | | 330 | | | 330 | |
| Zusatzstoff kg/m³ : | | | | 0 | | | 0 | |
| Zusatzmittel kg/m³ : | | | | 1 | | | 1 | |
| Frischbetongewicht kg/m³ | | | | 2304 | | | 2304 | |

DATUM: Tribsees 30.06.1992  PRÜFSTELLENLEITER:

Tabel 4.2.2 Et eksempel på en tysk "betonblanket"

## 5. Afslutning

Efter denne tur gennem den tyske normverden håber jeg, at andre der kunne få lyst til at producere fabriksbeton i Tyskland, føler sig lidt forberedt på, hvad de bliver udsat for.
Trods sproget er tyske normer let læselige. Det svære ligger i, at mennesket kun har 10 fingre. DIN normerne er nemlig opbygget med mange henvisninger, der ofte selv indeholder henvisninger hvorfor man kommer i bekneb med ledige fingre til indstikning på relevante steder, når man forsøger at forfølge et emne.
Det der i starten rent praktisk faldt mig sværest, var bla., at der ingen velkendte kolleger var, man kunne diskutere eventuelle tvivlsspørgsmål med.
Samtidig er det også svært som dansk betonproducent, vænne sig til begrebet "minimums cementindhold". Man frygter hele tiden at have sammenstykket en beton uden helt at have styr på dette begreb.
Endelig forekommer det også fremmed, at så mange betontyper produceres uden anvendelse af additiver. Det er min personlige opfattelse, at de der herved fremstillede betoner er af en dårligere kvalitet end betoner fremstillet med lidt plastificiering og altid ca. 4 % luft til at stabilisere blandingen med, så den holder sig, også efter man har passeret kantstenen.
Der er her uden tvivl tale om hvordan man definerer kvalitet, et emne der i omfang og område ligger uden for artiklens aktuelle emne.
Jeg tvivler dog ikke på, at fremtidens europæiske betonteknologi og fabriksbetonproduktion, vil være stærkt påvirket af danske forhold. Såvel indfødte producenter som brugere af fabriksbeton i Tyskland giver udtryk for, at dansk betonteknologi kan være den positive fornyelse i den tyske betonverden, som mange tyske betonfolk mener er tiltrængt.
Tager man betonnormen, DS 411, og Basisbetonbeskrivelsen med under armen, vænner sig til at bruge lidt mere cement end lige det absolut nødvendige, samt begrænser sit forbrug af additiver, kan man umiddelbart og uden problemer starte en betonproduktion i Tyskland.

## 6. Litteraturliste

Dette afsnit er uden indhold, idet en systematisk listning af samtlige referenc er ville fylde omtrent lige så meget som artiklen.
Forfatteren er dog villig til, efter udtalt ønske fra seriøs interesserede personer, at fremsende literaturlister dækkende et eller flere områder inden for artiklens emne.
Dog kan det stærkt anbefales at henvende sig til forlaget hos Dansk Standard, idet de ligger inde med DIN lommebøger, DIN Taschenbuch, der udmærker sig ved, at disse indeholder mange, 10-20, DIN normer inden for beslægtede områder.
Samtidig koster en sådan lommebog stort se det samme som en enkelt DIN norm.

AALBORG PORTLAND A/S
Rørdalsvej 44
Postboks 165
9100 Aalborg
Tlf.: 98 16 77 77

# TEKNOLOGIUDVIKLING I EUROPÆISK SAMARBEJDE

af

Udviklingsingeniør Bendt Aarup

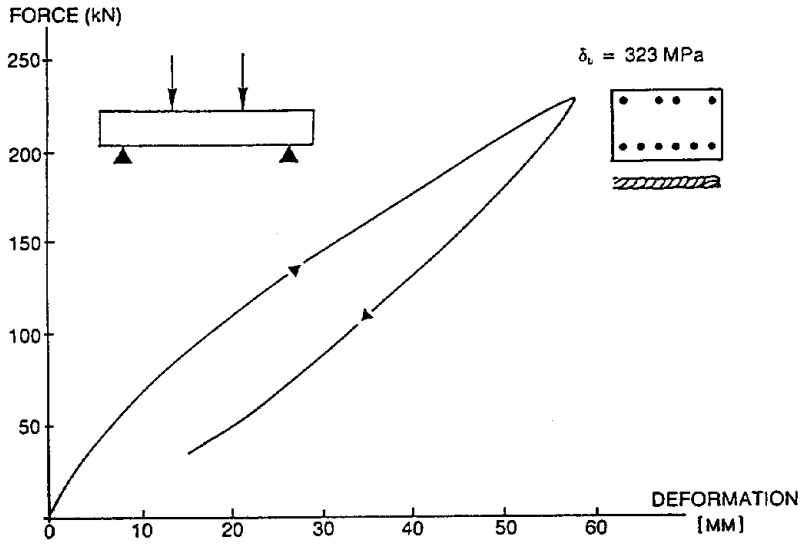
Juli 1992

## TEKNOLOGIUDVIKLING I EUROPÆISK SAMARBEJDE

### 1. Introduktion

Compact Reinforced Composite (CRC) er et koncept, der blev udviklet i 1986 på Cement og Betonlaboratoriet hos Aalborg Portland A/S. CRC, en kraftigt armeret højstyrkebeton, er udviklet af Hans Henrik Bache og har i de sidste år været genstand for en række undersøgelser af mekaniske egenskaber og holdbarhed [1-3]. CRC er specielt udviklet med henblik på at modvirke den udtalt skøre opførsel, der typisk observeres for højstyrkebetoner. Dette har resulteret i en sej opførsel som illustreret i fig. 1, hvor en typisk arbejdskurve for CRC i bøjning er vist.

CRC egenskaberne med trykstyrker på 150-400 MPa, bøje-trækstyrker på 100-350 MPa og en holdbarhed, der tillader, at der typisk anvendes dæklag på 10 mm repræsenterer et væsentligt spring fremad i forhold til konventionel beton. Da springet er så markant i dette tilfælde, har det været svært at finde anvendelsesområder for CRC, specielt fordi CRC - bl.a. på grund af et højt stålfiberindhold - også er væsentligt dyrere end konventionel beton. Der har været forskellige tiltag i retning af anvendelse inden for eksempelvis off shore, men eksempler på konkret anvendelse af CRC er få, måske fordi CRC på en række punkter bryder med traditionelle dimensioneringsprincipper for beton. CRC-principperne bør ofte indarbejdes på et tidligt stadium af udformningen af en konstruktion for at sikre et optimalt resultat, og ikke bare tillempes en konstruktion udformet med henblik på udførelse i beton eller stål.




Figur 1: Arbejdskurve for 2 meter CRC bjælke. Som trækarmering er anvendt kabler til spændbeton, uden opspænding.

## 2. Eureka-projekt

Som nævnt er der udført en række undersøgelser af CRC, og med henblik på at lokalisere et anvendelsesområde for CRC - andet end i sikkerhedsindustrien - var det vigtigt at den fremtidige udvikling ikke bare fokuserede på en yderligere afdækning af egenskaberne for CRC, men også sigtede på en specifik anvendelse af CRC. Dette er forsøgt med et forskningsprojekt, hvor CRC undersøges til anvendelse som foring af dybtliggende minegange, skakte eller tunneller. Projektet - der udføres med danske og engelske partnere - har opnået EUREKA-status og får som et sådant tilskud fra det engelske Department of Trade and Industry og den danske Industri- og Handelsstyrelse. Dette tilskud skal betales tilbage i tilfælde af kommercielt udbytte af projektet.

EUREKA er et program, der er skabt i 1985 af 19 europæiske lande og EF-Kommissionen med henblik på at styrke den europæiske konkurrenceevne på det internationale marked. Dette skal bl.a. ske gennem europæisk samarbejde om højteknologiske udviklingsprojekter. EUREKA adskiller sig fra en række andre programmer ved at ligge meget tæt på markedet. Cement og Betonlaboratoriet har tidligere haft gode erfaringer med projekter under programmerne Brite og EuRam, men begge programmer betinger sig, at projekter skal være prækompetitive for at opnå støtte. Ellers gælder det som for EUREKA, at der skal være deltagelse af industripartnere fra mindst to af de lande, der deltager i programmet.

Partnere i projektet er:

- Aalborg Portland A/S
- Densit A/S
- NOVI's Udviklingsfond
- FORCE-Institutterne
- Cementation Mining
- University of Leeds Industrial Services

Projektet består af 3 faser: Laboratorieundersøgelser, modelforsøg og fuldskala forsøg. Laboratorieundersøgelserne er dominerende og omfatter undersøgelse af svind og krybning, opførsel under tryk, forskydning, træk, forankring, udmattelse, impact og under brand og korrosion. Modelforsøg blev udført i juni hos Taywood Engineering i London med en foring med en ydre diameter på 2,9 m, det er dog meget tvivlsomt om fuldskala forsøg vil blive udført med den nuværende ringe aktivitet i den engelske minesektor.

En stor del af de foringer der anvendes i tunneller og minegange udføres i beton, som det er tilfældet for Storebælt, men den foringstype CRC skal konkurrere med i dette udviklingsprojekt er foringer i støbejern, der anvendes hvor ustabil jord kan give anledning til trækspændinger i en foring. Her kan CRC

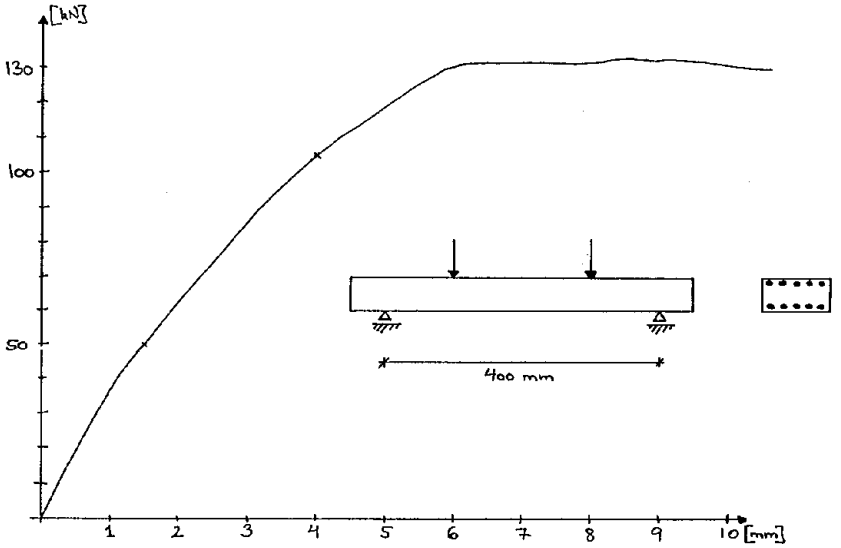
være et meget fordelagtigt alternativ, i kraft af større flexibilitet, en lettere konstruktion og en bedre økonomi, vel at mærke for en konstruktion med tilsvarende styrke.

Projektet afsluttes i løbet af 1993, og en lang række af undersøgelserne er allerede tilendebragt. Nogle af resultaterne er præsenteret andetsteds [4,5], og de vil ikke blive præsenteret her.

## 3. Holdbarhed af CRC

Jeg vil imidlertid omtale nogle undersøgelser, der endnu ikke er afsluttede, men som behandler et af de mere kontroversielle aspekter ved CRC-design. Det drejer sig om undersøgelser, vi får foretaget af FORCE-Institutterne, og som skal belyse holdbarheden af CRC, herunder specielt korrosion. I CRC anvender vi dels meget store mængder stål, som fibre eller som hovedarmering, dels opererer vi med meget små dæklag, typisk 10 mm.

Permeabiliteten er tidligere undersøgt på Densit® - matricen i CRC - og der er fundet meget lave permeabilitetskoefficienter, men i dette tilfælde ønskede vi at gå et skridt videre, og se om tilstedeværelse af mikrorevner i en brugssituation kunne forårsage en væsentlig forringelse af holdbarheden. 15 emner blev derfor eksponeret for klorid i en accelereret prøvning, hvor en række af emnerne var opspændt. Opspændingen kan ses på fig. 2 sammen med en arbejdskurve. En CRC-matrice med fibre vil typisk have en brudtøjning på 0,02%. Med hovedarmering opnås tøjninger på 0,3% før der observeres synlige revner, men med disse høje tøjninger er der mulighed for tilstedeværelse af mikrorevner, der kan have en negativ indvirkning på permeabiliteten af materialet.

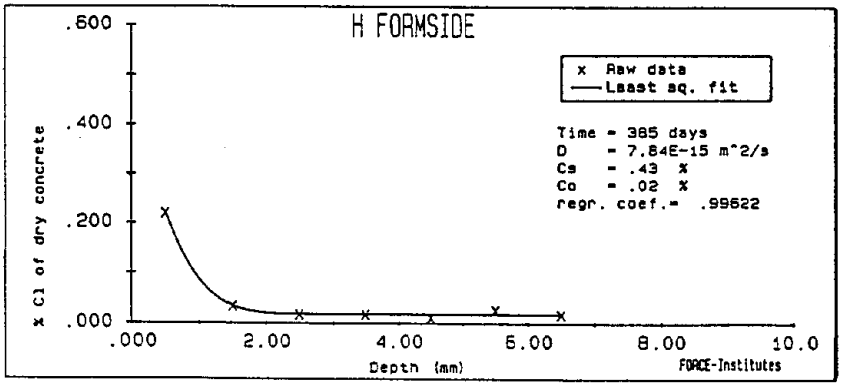



Figur 2: Arbejdskurve for eksponerede emner.

Vi undersøger prøver ubelastet og med en nedbøjning midt på prøven på 0,2, 1 og 2 mm. Vurderet ud fra arbejdskurven skulle det give os emner, der er helt intakte og emner med varierende grad af mikrorevnevækst. Endelig blev det valgt også at eksponere prøver, der inden forsøget blev belastet indtil synlige revner blev observeret.

Forsøgene har nu kørt i et år, og emnerne overvåges med potentialemålinger og måling af elektrisk modstand. I ingen tilfælde har der været tale om korrosion. De emner, hvor revner var introduceret før prøvning, viser voksende elektrisk modstand, hvilket indikerer, at de uhydratiserede cementpartikler i materialet reagerer med vandet og heler revnerne. Da vi er interesserede i at observere korrosion, er det derfor besluttet at åbne revnerne igen, og eksponere emnerne i opspændt tilstand.

Observation besværliggøres af, at potentialerne indstiller sig omkring -500 mV SCE, svarende til 1) korrosion, 2) mangel på ilt eller 3) eksperimentelle fejl. Muligheden for eksperimentelle fejl blev undersøgt først, og risikoen skulle være elimineret. Eventuel korrosion blev undersøgt ved at destruere et emne, og det viste sig at hverken fibre eller armeringsjern var korroderede. Lige i overfladen var fibrene korroderede, men bare 1-2 mm under overfladen - hvor der var en høj kloridkoncentration - var der ingen korrosion. Der blev taget et kloridprofil, og en relativ permeabilitetskoeefficient blev bestemt. Kloridprofilet er vist på fig. 3.




Figur 3: Kloridprofil for emne eksponeret i 1 år med nedbøjning midt på prøven på 1 mm.

Alt tyder således på, at de lave dæklag ikke indebærer speciel risiko for korrosion, men forsøget vil fortsætte mindst endnu et år.

## 4. Modelforsøg

Modelforsøgene blev udført hos Taywood Engineering i London. Den foring der blev testet var støbt med en stålfiberarmeret mørtel med en trykstyrke på 170 MPa. Indholdet af stålfibre ligger på 6 vol.% og vand/pulver forholdet er 0,16.

Opstillingen er vist i fig. 4. Forsøget blev udført med en foring med ydre diameter på 2,9 m, og en tykkelse på kun 100 mm. Dette er et ekstremt slankt design, og til det oprindelige design var det således også valgt at benytte en tykkelse på 150 mm. Der var dog en stor chance for, at foringen ikke ville kunne belastes til brud med den prøveopstilling, der var til rådighed med en tykkelse af foringen på 150 mm. Opstillingen er i stand til at yde en belastning på 9.000 tons og med jævnt fordelt belastning ville dette sandsynligvis ikke være tilstrækkeligt til at belaste foringen til brud, forudsat at de momenter der uundgåeligt vil blive introduceret var små.

Figur 4: Opstilling af CRC foring før afprøvning.

På grund af det slanke design, var foringen ekstremt følsom over for momentpåvirkninger, og vi forventede derfor ikke at opnå laster, svarende til det der beregningsmæssigt kunne forventes ved jævnt fordelt belastning. Det viste sig da også, at der blev introduceret temmelig store momenter ved afprøvningen, og i det ene tilfælde skete bruddet i en samling ved en

total last på 5.300 tons, i det andet tilfælde for moment på tværs af foringen ved en samlet last på 6.400 tons. Efter en meget grov beregning var brudlasten bedømt til 6.800 tons, og tilladelig last til 4.800 tons.

Bortset fra en bestemmelse af brudlasten for foringen viste forsøgene, at foringen var ekstremt fleksibel. Dette skal selvfølgelig ses i sammenhæng med, at foringer der udsættes for laster af denne størrelsesorden normalt vil være støbejernsforinger eller betonforinger med tykkelser på omkring 300 mm. Den store flexibilitet vil efter alt at dømme være en fordel i praksis, eftersom der ikke vil blive opbygget tilsvarende spændinger i en flexibel ring, som det må forventes i en stivere ring af støbejern, i forbindelse med jord der sætter sig omkring foringen.

## 5. Konklusion

Vi kan allerede på nuværende tidspunkt konkludere, at vore erfaringer med et projekt af denne type har været så gode, at vi har søgt om støtte til et projekt med anvendelse af CRC inden for et andet område, nemlig til større konstruktioner som f.eks. broer. Vi har søgt under programmet Brite/EuRam II, og står i skrivende stund med gode chancer for at få tildelt støtte til et projekt, skønt vi ikke på nuværende tidspunkt har fået nogen endelig tilkendegivelse fra Kommissionen.

Modelforsøg og laboratoriforsøg skal vurderes indgående i den kommende tid, men umiddelbart må resultaterne bedømmes som meget lovende. Det ser ud til, at vi kan producere foringer med styrke som støbejern, men med større flexibilitet og til en lavere pris. For et udviklingsprojekt af denne type er et væsentligt succeskriterium dog også, om projektets gennemførelse har ført til en anvendelse af CRC. Vi har haft kontakter til London Underground, der har vist sig meget interesserede, og disse kontakter vil blive fulgt op i den nærmeste fremtid med henblik på at etablere fuldskalaforsøg.

**Litteraturliste:**

[1] Bache, H.H., "Compact Reinforced Composite, Basic Principles". CBL Report No. 41. Aalborg Portland, 1987.

[2] Heshe, G., "Experimental Research on Compact Reinforced Composite (CRC) Beams", Bygningsstatiske Meddelelser, Vol. 59, Nr. 1, 1988. Dansk Selskab for Bygningsstatik, København, 1988. Also available as CBL Reprint No. 19.

[3] International Patent Application No. PCT/DK87/00072, "Compact Reinforced Composite" and corresponding applications and patents issued in other countries (incl. USA, Canada, Australia, and Japan). Owner: Aalborg Portland A/S, DK-9000 Aalborg.

[4] Heshe, G. and Nielsen, Claus V., "Triaxial stress states and punching shear in slabs of fibre reinforced ultra high strength cement-based composites". Publication No. 11, Nordic Concrete Research, 1/1992.
Nordic Concrete Research, Heshe og Nielsen

[5] Nepper-Christensen, P., Aarup, Bendt, "Ultra High-Strength Concrete", XIV Nordiske Betonkongres i Reykjavik 6.-8. aug. 1992.

Unicon Beton I/S
Køgevej 172
4000 Roskilde

# FÆLLESEUROPÆISKE KVALITETSKRAV TIL BETONPRODUKTER

af
John B. Ingwersen
Civilingeniør

Juli 1992

Indholdsfortegnelse Side

## FÆLLESEUROPÆISKE KVALITETSKRAV TIL BETONPRODUKTER

### EF's INDRE MARKED

EF's program for skabelsen af Det Indre Marked med start den 1. januar 1993 blev formuleret i 1985 i den såkaldte "Hvidbog". Denne Hvidbog er en plan for at skabe fri bevægelighed for (de fire friheder):

- varer,
- tjenesteydelser,
- kapital og
- arbejdskraft.

Det er det første punkt, den frie bevægelighed for varer, dvs. fjernelsen af handelshindringer, som har interesse her.

EF's metode til sikring af Det Indre Marked baserer sig på udstedelsen af dels direktiver, der gennemføres som nationale love i medlemsstaterne, og dels forordninger, der gælder umiddelbart i medlemsstaterne.

Gennem mange år forsøgte EF at harmonisere det europæiske lovgrundlag på baggrund af direktiver, som var vedtaget med enstemmighed. Denne metode viste sig ikke mulig at anvende på en række tekniske emneområder, hvorfor EF's Ministerråd den 7. maj 1985 vedtog at anvende den såkaldte "ny metode" [new approach], hvor grundlæggende sundheds- og sikkerhedskrav fastlægges i direktivteksten, hvorefter det overlades til de europæiske standar-

diseringsorganisationer samlet i CEN og CENELEC at fastlægge de tekniske specifikationer i tilhørende europæiske standarder, der bliver godkendt som Nationale Standarder i medlemslandene.

Ved gennemførelsen af fælles - harmoniserede - standarder opnår man ikke blot den frie bevægelighed for varer, men også et fælles teknisk grundlag, som gør det muligt at "projektere over grænserne".

BYGGEVAREDIREKTIVET

"RÅDETS DIREKTIV af 21. december 1988 om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes love og administrative bestemmelser om byggevarer (89/106/EØF)", i daglig tale benævnt "Byggevaredirektivet", fastsætter de overordnede krav, som alle bygninger skal leve op til. Disse krav betegnes i direktivet som de væsentlige krav [essential requirements] og er opdelt i seks punkter:

1. Mekanisk modstandsdygtighed og stabilitet
2. Brandsikring
3. Hygiejne, sundhed og miljø
4. Sikkerhed ved anvendelsen
5. Beskyttelse mod støjgener
6. Energibesparelser og varmeisolering.

Byggevarer er i direktivet defineret som varer, der fremstilles for at indgå varigt i bygværker, herunder bygninger og anlægsarbejder. De væsentlige krav er fastsat i forhold til den færdige bygning eller anlægsarbejde.

Arbejdet med at omsætte direktivets væsentlige krav til bygninger i krav, der stilles til byggevarer, er skematisk illustreret på figur 1. På figur 2 er gengivet den "ordforklaring", som Byggestyrelsen har givet for de forskellige begreber.

Ideen i direktivet er, at bygherren, rådgiveren og fabrikanten skal have den fordel, at de ikke skal skifte begrebsverden fra

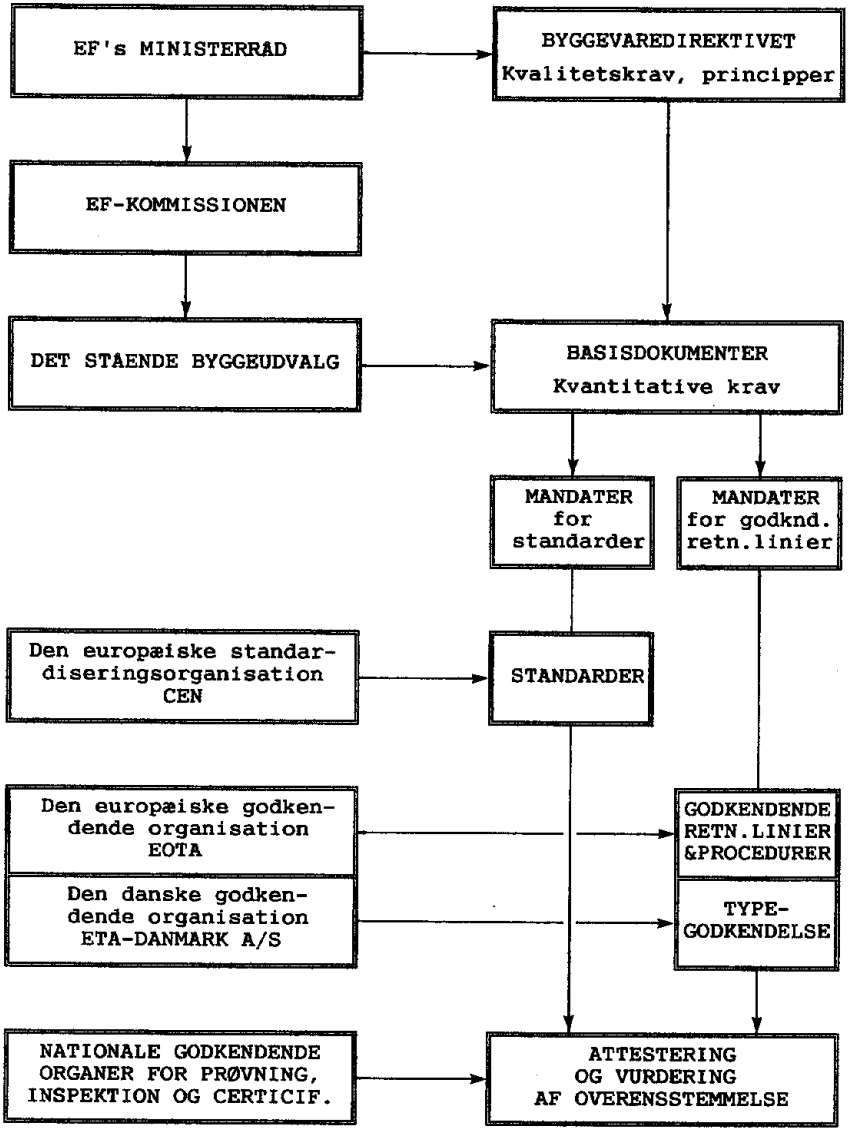



Fig. 1 - Gangen i arbejdet med at omsætte Byggevaredirektivet til den endelige godkendelse af produkterne.

## Ordforklaring

**Det Stående Byggeudvalg:** Udvalget består af to repræsentanter fra hvert medlemsland og en formand fra EF-Kommissionen. Der kan deltage særlige sagkyndige i udvalgets arbejde. Udvalget rådgiver Kommissionen i alle spørgsmål angående direktivet og kan træffe beslutning på følgende områder: Udarbejdelse af basisdokumenter, fastlæggelse af proceduren for attestering af overensstemmelse, retningslinjer for den europæiske tekniske godkendelse og godkendelse af nationale tekniske specifikationer.

**De faglige udvalg:** Ad hoc-grupper, der nedsættes af EF-Kommissionen efter høring af Det Stående Byggeudvalg for at udarbejde grundlaget for basisdokumenter. Alle medlemslande er repræsenteret i de faglige udvalg.

**83/189-udvalget:** I 1983 vedtog Rådet et direktiv om en informationsprocedure med hensyn til tekniske standarder og forskrifter (83/189/EØF). Et stående udvalg med repræsentanter fra de enkelte lande og en formand fra EF-Kommissionen rådgiver Kommissionen. 83/189-udvalget omtales her som »informationsudvalget«.

**De væsentlige krav:** Direktivforslaget fastsætter de overordnede krav, som alle bygninger skal leve op til. Kravene er opdelt på følgende 6 områder, der i direktivet samlet betegnes som »de væsentlige krav«:
Mekanisk modstandsdygtighed og stabilitet, brandsikring, hygiejne, sundhed og miljø, sikkerhed ved anvendelsen, beskyttelse mod støjgener og energibesparelser og varmeisolering.

**Basisdokumenter:** Udformes for at præcisere direktivets væsentlige krav og for at give dem konkret form på teknisk niveau. Basisdokumenterne anfører bl. a. klasser og niveauer for hvert af de væsentlige krav, når dette er nødvendigt og teknisk-videnskabeligt muligt. Basisdokumenterne skal lægges til grund, når der udarbejdes harmoniserede standarder og retningslinjer for de europæiske tekniske godkendelser og for godkendelse af nationale tekniske specifikationer.

**Mandat:** En bestillingsseddel fra EF-Kommissionen om at udarbejde en harmoniseret standard eller retningslinjer for europæisk teknisk godkendelse under hensyntagen til det tilsvarende basisdokument. Mandaterne gives efter høring af Det Stående Byggeudvalg.

**CEN:** Comité Européen de Normalisation (CEN) er den europæiske standardiseringsorganisation. CEN har 18 europæiske lande som medlemmer (12 fra EF og 6 fra EFTA). Dansk Standardiseringsråd (DS) er dansk medlem.

**Harmoniseret standard:** Standard udarbejdet af CEN på grundlag af et mandat fra EF-Kommissionen.

**Europæisk teknisk godkendelse:** En positiv teknisk vurdering af, om en vare lever op til de væsentlige krav, der gælder for de bygninger, som varen skal bruges i. Hvert medlemsland autoriserer bestemte organer, der giver denne godkendelse.

**Attestering af overensstemmelse:** Den enkelte fabrikant er ansvarlig for at attestere, at byggevaren er i overensstemmelse med en teknisk specifikation og dermed lever op til direktivets væsentlige krav. Det forudsætter, at fabrikken har en anerkendt produktionskontrolordning og for visse varers vedkommende tillige er omfattet af et autoriseret certificeringsorgans eksterne kontrol.

**EF-mærket:** En byggevare kan forsynes med EF-mærket, når den er i overensstemmelse med en harmoniseret standard, en europæisk teknisk godkendelse eller en national teknisk specifikation. EF-mærket er myndigheders og forbrugeres garanti for, at byggevaren lever op til direktivets væsentlige krav.

**Beskyttelsesklausul:** Enhver medlemsstat har ret til at forbyde en byggevare, hvis den ikke lever op til direktivets væsentlige krav og de tekniske specifikationer, der er fastsat på grundlag heraf. Forbudet skal begrundes over for EF-Kommissionen, der herefter undersøger sagen og træffer passende forholdsregler.

Fig. 2 - Ordforklaring gengivet fra "Byggevarer i EF's indre marked" udsendt november 1988 af Byggestyrelsen.

land til land, bortset fra sproglige forskelle.

Medlemsstaterne skal ifølge direktivet sætte de nødvendige love i kraft senest den 27. juni 1991. Danmark overholdt dette krav som det eneste land ved en bekendtgørelse af 25. juni 1991.

BASISDOKUMENTER

Grundlaget for dette arbejde med at gøre direktivets væsentlige krav operationelle er de såkaldte basisdokumenter [interpretative documents, dvs. fortolkningsdokumenter], som skal præcisere direktivets væsentlige krav og give dem konkret form på teknisk niveau.

De udarbejdes af seks faglige udvalg med repræsentanter fra alle medlemsstater på grundlag af mandat fra Kommissionen og efter høring af Det Stående Byggeudvalg.

Basisdokumenterne skal præcisere det tekniske grundlag og anføre klasser og niveauer for hvert enkelt af de væsentlige krav, når det er nødvendigt og teknisk muligt. Basisdokumenterne skulle også angive beregnings- og påvisningsmetoder, tekniske konstruktions regler mm., der skal bruges til at påvise, at de tekniske specifikationer hænger sammen med de eventuelle klasser/niveauer.

Basisdokumenterne skal være det grundlag, som de harmoniserede standarder og retningslinier for Europæisk Teknisk Godkendelse skal udarbejdes på. De vil desuden også danne grundlag for en eventuel godkendelse af nationale tekniske specifikationer.

Basisdokumenterne skulle have været klar for flere år siden, og der har da også foreligget indtil flere udkast til dem. Det er dog endnu ikke lykkedes at skabe politisk enighed om dem, således at vi i dag stadig ikke har det nødvendige grundlag for udarbejdelsen af standarder mv. Ja, det sidste forlydende går på, at det eneste, man kan enes om, er dokumenter på et par sider, som bare opridser det principielle grundlag, der skal arbejdes videre på!

## MANDATER FOR DET TEKNISKE ARBEJDE

Med udgangspunkt i basisdokumenterne og efter indstilling fra de tekniske organisationer CEN og EOTA (se herom senere) udsteder Kommissionen efter høring af Det Stående Byggeudvalg mandater for udarbejdelsen af dels standarder og dels godkendte retningslinier.

Der er endnu ikke set nogen mandater udstedt i forbindelse med Byggevaredirektivet, hvilket naturligvis hænger sammen med de manglende basisdokumenter. Der er imidlertid sket det pudsige, at der i forbindelse med Indkøbsdirektivet [Directive for Procurement Procedures for Utilities] er udstedt en række mandater til udarbejdelse af standarder inden for vandforsynings- og afløbsteknikområderne.

Et mandat giver dels grønt lys for udarbejdelse af de aktuelle tekniske specifikationer, og dels udløser det et økonomisk tilskud til arbejdet. Dette tilskud dækker dog udelukkende sekretariatsomkostninger, idet det øvrige arbejde, der lægges i udarbejdelsen, anses at være frivilligt. Pengene udløses i takt med færdiggørelsen af de tekniske specifikationer, og den sidste del forfalder først, når de er indført (implementeret) i alle EF-medlemsstaterne.

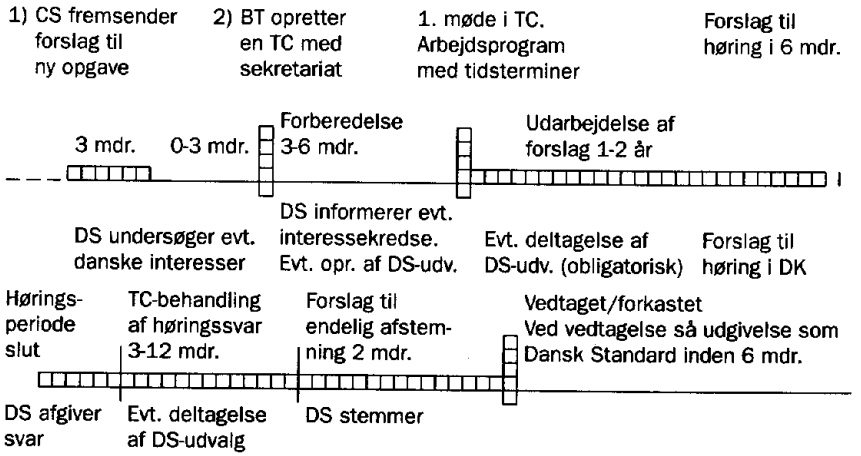
## HARMONISEREDE STANDARDER

De harmoniserede standarder, EN, udarbejdes af den europæiske standardiseringsorganisation CEN (se nærmere herom i næste afsnit), der som medlemmer har alle de nationale standardiseringsorganisationer i EF- og EFTA-landene. Det danske medlem er således Dansk Standard, DS.

Standarderne opdeles principielt i to typer: A-standarder, der stort set svarer til de danske DIF-normer, og B-standarder, der svarer til de danske DS-standarder. Der findes desuden visse underopdelinger, fx. H-standarder, der dækker tværgående områder.

Standarderne skal i videst muligt omfang udformes som funktionsstandarder. Opdeling i klasser eller niveauer vil gøre det muligt for de enkelte landes myndigheder at vælge den klasse/niveau, der bedst tilgodeser en bestemt type beregning eller anlægsarbejde, det lokale klima, levevis, sikkerhedsniveauer, etc.

Det at udarbejde en standard er en ret langvarig proces. Efter nedenstående diagram skulle der gå mindst 2½ og op til 5 år fra det øjeblik CEN's Centralsekretariat fremsender et forslag til en ny opgave til der foreligger en vedtaget standard. Erfaringen med det praktiske standardiseringsarbejde har dog vist, at denne tidsplan i mange tilfælde er noget optimistisk, idet der i langt de fleste tilfælde bruges mere end 5 år på dette arbejde. 7 år er nok det mest normale, men opstår der problemer undervejs, kan der gå endnu længere tid.




1) CS = CEN Central Sekretariat
Forslag til ny opgave kan komme fra alle.
2) BT kan beslutte at sende foreliggende tekn. spec. direkte til 6 mdr. høring
TC = Teknisk komité

Fig. 3 - Diagram for udarbejdelse af EN. Gengivet fra EUROPA'92 udgivet af Kommissionen for De Europæiske Fællesskaber.

## DEN EUROPÆISKE STANDARDISERINGSORGANISATION - CEN

De europæiske standardiseringsorganisationer CEN [Comité Européen de Normalisation] og CENELEC [Comité Européen de Normalisation Electrotechnique] har som medlemmer og øverste besluttende organ de 12 EF plus de 6 EFTA medlemmers nationale standardiseringsorganisationer, der alle er private, selvejende institutioner. I Danmark er det Dansk Standard, der er medlem af begge disse organisationer. CEN og CENELEC er næsten identisk opbyggede. Til illustration af opbygningen er CEN's organisatoriske struktur vist på figur 4.

Selve standardiseringsarbejdet udføres af de knap 300 tekniske komitéer [Technical Committees, TC] med arbejdsudvalg [Working Groups, WG], hvor hver komité koordinerer arbejdet inden for et

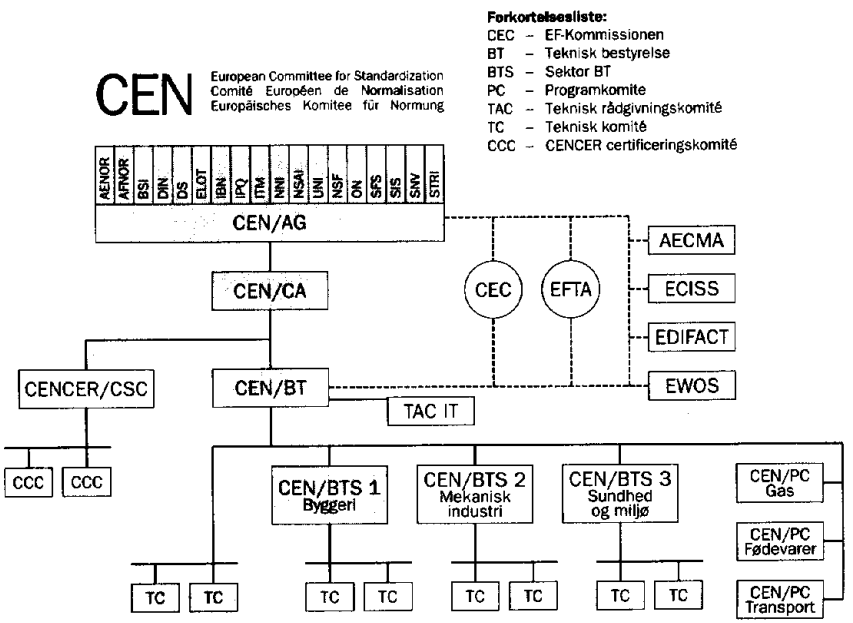



Fig. 4 - CEN's Organigram. Gengivet fra EUROPA'92 udgivet af Kommissionen for De Europæiske Fællesskaber.

snævert teknisk område. Samtlige TC'er er udlagt til de nationale medlemmer, der virker som sekretariat for de pågældende komitéer.

For hver TC opretter DS en dansk følgegruppe med repræsentanter for alle interesserede parter med henblik på at koordinere den danske indsats på det pågældende område.

Det besluttende organ på standardiseringsområdet er den tekniske bestyrelse [Bureau Technique, BT], som således har ansvaret for nedsættelsen af nye tekniske komitéer og overvåge deres arbejde og herunder påse, at procedurerne i forbindelse med høring og afstemning om forslag til Europæiske Standarder [Norme Européenne, EN] overholdes, samt kontrollere, at godkendte standarder implementeres i medlemslandene som Nationale Standarder. I denne forbindelse spiller BT's rådgivende organ for byggeri, BTS 1 [Sector BT], en betydende rolle ved bl.a. at definere og fordele arbejdsopgaverne mellem TC'er og WG'er for at undgå overlapning mellem dem, hvad der er et ret stort problem i standardiseringsarbejdet.

Arbejdet i CEN vedrørende betonprodukter

Følgende CEN/TC'er arbejder med standardisering af betonprodukter:

- TC 125 "Murværk" (Beton- og letbetonblokke)
- TC 128 "Tagafdækninger" (Betontagsten)
- TC 164 "Vandforsyning" (Forspændte betonrør)
- TC 165 "Afløbsteknik" (Betonrør og brønde)
- TC 177 "Elementer af letbeton" (Gas- og letklinkerbeton)
- TC 178 "Belægningsprodukter" (Fliser, belægningssten og kantsten)
- TC 229 "Betonelementer" (Betonprodukter, der ikke behandles i andre TC'er).

Som det vil ses, vil så godt som alle betonprodukter blive behandlet i en Europæisk Standard. Det skal dog bemærkes, at det i dag er langt fra alle områder, som er mandaterede, selv om de forventes at blive det, inden standarderne er færdigudarbejdede.

## EUROPÆISK TEKNISK GODKENDELSE

En Europæisk Teknisk Godkendelse [European Technical Approval, ETA] er en positiv teknisk vurdering, der anerkender, at en bestemt byggevare opfylder direktivets væsentlige krav. En sådan godkendelse kan gives - normalt for 5 år ad gangen - til varer, som ikke er omfattet af en harmoniseret standard, dvs. typisk

- nye varer eller
- varer, der gennemgår en hurtig teknologisk udvikling.

Hvert medlemsland autoriserer uvildige organer til at udstede Europæisk Teknisk Godkendelse. Sådanne organer skal i fællesskab udforme retningslinierne for disse godkendelser efter det ovenfor nævnte mandat fra Kommissionen.

Disse organer indgår som medlemmer af Den Europæiske Organisation for Tekniske Godkendelser [The European Organization for Tecnical Approvals, EOTA], der har sæde i Bruxelles. Herfra vil man harmonisere og koordinere de tekniske godkendelser, der bliver udstedt i Europa.

Det er også EOTA, der udformer retningslinierne [Guidelines] for ETA'erne. Det skal sikre, at godkendelserne bliver givet på samme grundlag i alle medlemslande.

ETA-Danmark A/S er - som det danske organ for udstedelse af ETA'er - oprettet den 1. oktober 1991 af Bygge- og Boligstyrelsen med Staten som eneaktionær. Arbejdet med udstedelsen af danske godkendelser er i fuld gang, men lider naturligvis - ligesom arbejdet med standarderne - under mangelen på basisdokumenter, hvorfor der kan gå lang tid, før den første ETA udkommer.

ETA'er vil erstatte de i dag kendte danske tekniske godkendelser, MK- og VA-godkendelserne.

## ATTESTERING AF OVERENSSTEMMELSE

En fabrikant af byggevarer er ansvarlig for attestering af, at hans produkter er i overensstemmelse med kravene i en teknisk specifikation [Attestation of Conformity]. I Byggevaredirektivet er angivet forskellige procedurer for en sådan attestering, afhængigt af

a) varens betydning i forhold til de væsentlige krav,
b) varens beskaffenhed,
c) hvorledes ændringer i varens egenskaber indvirker på dens funktion, og
d) hvor hyppigt der opstår fejl ved fremstillingen af varen.

Direktivet angiver fire mulige ordninger (niveauer) for Attestering af Overensstemmelse (AO), der dog alle forudsætter, at produktet produceres under anvendelse af et produktionsstyringssystem:

- Metode 1: Et eksternt organ foretager typeprøvning af produktet, overvåger styringssystemet og foretager AO.
- Metode 2: Et eksternt organ overvåger styringssystemet, medens fabrikanten selv udfører AO.
- Metode 3: Et eksternt organ udfører typeprøvning, medens fabrikanten selv udfører AO.
- Metode 4: Fabrikanten selv udfører såvel typeprøvning som AO.

Direktivet skelner funktionelt mellem følgende organer, der er inddraget i attesteringen:

- Certificeringsorganet: Et upartisk organ, der besidder såvel den nødvendige kompetence som det nødvendige ansvar til at gennemføre AO.
- Kontrolorganet: Et upartisk organ, der råder over den organisation, det personale, den kompetence og den integritet, der skal til for at udføre opgaver som vurdering og anbefaling vedrørende accept af fabrikantens kvalitetsope-

rationer og kontrol heraf.

- Prøvelaboratoriet: Et laboratorium, der måler, undersøger, afprøver eller på anden måde bestemmer produkternes præstationsevne.

De tre nævnte funktioner behøver ikke nødvendigvis at udføres af forskellige organer.

Den af de ovenfor nævnte metoder til bestemmelse af AO, som skal vælges, anføres dels i mandaterne og dels i de tekniske specifikationer. Man har fra Det Stående Byggeudvalg tidligere forespurgt de enkelte produktstandardiseringsudvalg, hvad de selv ville foreslå. Da flertallet af disse udvalg imidlertid pegede på metode 1, har Kommissionen ændret kurs og vil selv vælge niveauet uden råd udefra. Det seneste forlydende går på, at man generelt vil vælge metode 3 eller 4 - sikkert 4, dvs. en ren fabrikanterklæring. Hvis en produktstandard derefter vælger at beskrive et højere attesteringsniveau, vil dette kun være informativt, ikke normativt.

Denne seneste udvikling ser ud til at skyldes et politisk problem, idet der tilsyneladende foregår en magtkamp mellem Kommissionen og de organer, som har fået delegeret arbejde fra Kommissionen. Det virker som om, at Kommissionen mener at have givet for meget magt og styring fra sig og nu ønsker det tilbage. Dette vil give anledning til nogen forsinkelse i arbejdets fremdrift, men sikkert ikke forårsage væsentlige ændringer i den struktur, som der indtil nu har været arbejdet efter.

VURDERING AF OVERENSSTEMMELSE

Hvor attestering af overensstemmelse besvarer spørgsmålet "Hvorledes skal det gøres?", skal vurdering af overensstemmelse [Assessment/Evaluation of Conformity] besvare spørgsmålet "Hvem skal gøre det?". I modsætning til det første, hvor Kommissionen fastlægger kravene, skal det andet fastlægges i produktstandarderne.

Det bærende element i denne vurdering er virksomhedens produktionskontrol [Factory Production Control], som dækker dels kvalitetsstyring [Quality Control] og dels kvalitetssikring [Quality Assurance]. Afhængigt af kravene til AO, kan der desuden i eftervisningen indgå en tredjeparts overvågning af procedurerne [Certification of Conformity].

Alle produktstandarderne skal som ovenfor nævnt indeholde et særligt afsnit om vurdering af overensstemmelse. Der skal i dette klart skelnes mellem:

- den indledende afprøvning af produktet (typeprøvning)
- de prøvninger, der skal udføres af fabrikanten som et led i produktionskontrollen
- de prøvninger, der skal udføres af tredjeparten til bekræftelse af fortsat overensstemmelse.

Typeprøvningen skal konstatere overensstemmelse med ethvert krav, som er anført i produktstandarden.

Produktionskontrollen skal omfatte dels et permanent kvalitetssikringssystem baseret på EN 29000-serien eller lignende og dels en journal med alle resultater fra kontrollen.

Tredjepartskontrollen skal baseres på de i standarden anførte krav til dels de prøvninger, som er nødvendige for at sikre overensstemmelse, samt den frekvens, som prøvningerne skal udføres med, og dels en verifikation af fabrikkens kontroljournal.

## DEN EUROPÆISKE ORGANISATION FOR PRØVNING OG CERTIFICERING - EOTC

Ud fra den erkendelse, at harmonisering af prøvning og certificering er ligeså vigtig for fjernelsen af handelshindringer som harmonisering af standarder, har Kommissionen og EFTA sammen med CEN og CENELEC i 1991 stiftet Den Europæiske Organisation for Prøvning og Certificering [European Organization for Testing and Certification, EOTC].

Midlet til denne harmonisering er at fremme og koordinere frivillige aftaler mellem de europæiske lande. Disse aftaler skal omfatte gensidig anerkendelse af prøverapporter og certifikater.

EOTC skal blive en paraplyorganisation for mange forskelligartede aftalegrupper, i hvilke de egentlige aftaler om gensidig anerkendelse skal udarbejdes. Aftalegrupperne opstiller i fællesskab de krav, der skal opfyldes, for at et produkt eller en serviceydelse frit kan sælges over grænserne.

EOTC arbejder foreløbigt på at få etableret aftalegrupper inden for det ikke-regulerede område, det vil sige områder, der vedrører produkter og serviceydelser, som ikke er omfattet af EF-produktdirektiver.

I første omgang berører EOTC derfor ikke det område, som er dækket af Byggevaredirektivet. Man forudser dog, at det senere vil blive fundet praktisk, at EOTC også kommer til at omfatte de regulerede områder. Det første skridt hertil er måske taget, idet en sektorkomité EOTC-SC WATER (omfattende såvel brugs- som afløbsvand) er under oprettelse, og dens formålsparagraf nævner blandt andet produkter omfattet af Byggevaredirektivet.

## DANSK AKKREDITERINGS ORDNING

For at opfylde det voksende behov for internationalt anerkendte prøvningsrapporter, certifikater og attester mv. har industriministeren etableret Dansk Akkrediterings Ordning i Industri- og Handelsstyrelsens regi.

Ordningen indebærer, at Industri- og Handelsstyrelsen på ministerens vegne kan godkende laboratorier og selskaber mv. til at kunne attestere, at en virksomheds eller myndigheds produkter og systemer opfylder bestemte krav.

Akkrediteringsordningen videreføre den autorisationsordning, som siden 1973 har været administreret af det nu nedlagte Statens Tekniske Prøvenævn. Den omfatter desuden fire nye akkrediteringsområder:

- Certificering af virksomheders kvalitetsstyringssystemer
- Certificering af produkter
- Certificering af personer
- Inspektionsområdet.

## CERTIFICERING

### Certicificering generelt:

Certificering betyder, at et uafhængig organ (såkaldt tredjepart) erklærer, at et givet produkt eller system eller tjenesteydelse eller en persons kvalifikationer er i overensstemmelse med en given standard. Et sådant organ skal dels akkrediteres, dvs. autoriseres, af den nationale myndighed - i Danmark af Dansk Akkrediterings Ordning - og dels derefter notificeres, dvs. anmeldes til Kommissionen - i Danmark af Bygge- og Boligstyrelsen.

CEN vil ikke selv være et certificeringsorgan, idet CEN-mærket vil tillade sameksistens af et europæisk og af nationale mærker, som omtalt i næste afsnit om mærkning. Der skal derfor etableres nationale certificeringsorganer, eller internationale for den

sags skyld så længe kravet til notificering er overholdt.

En certificeringsordning skal fungere som en uvildig tredjepart, hvis formål er at udstede overensstemmelsescertifikater, der fx. attesterer, at et produkt er i overensstemmelse med en EN-standard. En certificeringsordning skal under alle omstændigheder omfatte en systemcertificering af produktionssystemet, og den kan desuden omfatte en produktcertificering.

På mange måder svarer en sådan certificeringsordning til de kendte danske kontrolordninger, idet der er tale om et uvildigt organ, som på samfundets og køberens vegne påtager sig at føre et nærmere defineret tilsyn med, at produktkvaliteten er som aftalt.

Certificering i betonindustrien:

Betonindustriens tre brancheforeninger - Dansk Beton Industriforening, Dansk Fabriksbetonforening og Betonelement-Foreningen - har sammen med de fire tilknyttede kontrolordninger - BVK, LBK, FBK og BEK - undersøgt det faktiske certficeringsbehov i Danmark. Dette projekt, som blev gennemført af DTI/Byggeteknisk Institut og afsluttet juni 1991, konkluderede, at både myndighedskrav og virksomhederne egne kommercielle ønsker medfører et behov for en fælles certificeringsordning på betonområdet.

De efterfølgende drøftelser og overvejelser i branchen resulterede i, at man anmodede DTI om tage initiativ til at etablere en sådan ordning, baseret i videst mulig omfang på de eksisterende kontrolordninger på området. DTI har herefter påtaget sig arbejdet med og omkostningerne ved akkrediteringen, medens notificeringsdelen gennemføres i et projekt med Byggeteknisk Institut som leder og med finansiering fra Industri- og Handelsstyrelsen og betonindustrien. Der har fra brancheforeningernes side været lagt vægt på at etablere et tilbud til virksomhederne - og dermed til samfundet - om certificering via et organ, der har indgående kendskab til fabrikkernes produktion. Det forventes, at arbejdet med de første certificeringer kan påbegyndes senere i 1992.

## MÆRKNING AF PRODUKTER

### CE-mærket:

For at angive, at et produkt er i overensstemmelse med betingelserne i en EN (standard) eller en ETA (godkendelse) kan/skal man anvende CE-mærket - af Kommissionen benævnt EF-mærket - (se figur 5, gengivet efter Byggevaredirektivets forslag).

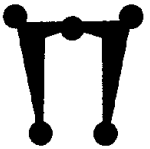
Reglerne for anvendelsen af mærket er imidlertid ikke fastlagt endnu, selv om der er gjort flere ihærdige forsøg på at få formuleret dem. En ting er dog sikker, nemlig at CE-mærket skal påføres produkter, der er væsentlige (i Byggevaredirektivets forstand), hvis de skal eksporteres. Om det også skal være obligatorisk for produkter, som sælges i eget land, er ikke afgjort.

Mærkes et produkt med CE-mærket, kan det sælges og anvendes lovligt i alle EF-lande uden at møde forskellige krav fra land til land, selv om den lovlige anvendelse kan være forskellig. Det er dog væsentligt at være opmærksom på, at CE-mærket ikke i sig selv garanterer noget om produktets kvalitet, kun at det opfylder direktivets væsentlige krav.

### CEN-mærket:

Da CE-mærket ikke i sig selv sikrer, at produktet er blevet vurderet og godkendt, er det nødvendigt med en yderligere mærkning. En sådan kan være - uden at det i dag er endeligt fastlagt - anvendelsen af CEN-mærket (se figur 5).

CE-mærke



CEN-mærke

Fig. 5 - Kommissionens og CEN's officielle bomærker.

CEN-mærket skulle således garantere, at produktet er udført i overensstemmelse med en harmoniseret standard, såvel hvad angår de tekniske krav i standarden som kravene til attestering og vurdering af overensstemmelse.

Mærkning af certificeringsordning:

Det skal endvidere fremgå af mærkningen, hvilken certificeringsordning, der garanterer, at produktion og produkt er blevet vurderet og godkendt, samt at kvaliteten overvåges løbende som foreskrevet. Denne mærkning er foreslået at skulle være et firecifret nummer. Dette for at undgå ubillig konkurrence mellem certificeringsordningerne.

Om der herudover skal ske mærkning af selve den udøvende kontrolordning - eksempelvis for betonvarer det kendte Δ-mærke - er endnu uafklaret.

Mærkning af produktets egenskaber:

Hver produktstandard skal angive hvilken yderligere mærkning, der skal foretages. Denne mærkning vil således variere fra produkt til produkt, men skal i hvert fald indeholde:

- nummeret på den EN, som produktet er udført i overensstemmelse med
- et navn eller mærke for produktionsvirksomheden
- en tidsangivelse, der har tilknytning til enten produktions- eller anvendelsestidspunktet
- de niveauer eller klasser, som produktets egenskaber lever op til.

Da visse standarder vil foreskrive mærkning af yderligere forhold eller egenskaber, kan mærkningen blive ret omfattende. Hvis det derfor på grund af pladsmangel ikke er muligt at mærke selve produktet, vil indlæggelse af en label i en palle eller lignende være tilstrækkelig. Det bliver måske endda nok blot at anføre mærkningen på følgesedlen.

## SAMMENFATNING

Efter denne gennemgang af baggrunden for de kommende krav i Det Indre Marked til dels kvaliteten af betonprodukter og dels dokumentationen af denne kan situationen i dag - få måneder før Markedets ikrafttræden - karakteriseres at være ret flydende, idet mange betydningsfulde beslutninger endnu ikke er taget. Der tegner sig dog et billede af fremtiden, der kan sammenfattes på følgende måde:

Byggevaredirektivet: Direktivet er vedtaget og indført i Danmark. Det angiver de grundlæggende kvalitetskrav samt de principper, der skal lægges til grund ved vurderingen og sikringen af kvaliteten. Direktivet forventes at blive revideret i 1993, hvor en af de væsentligste ændringer nok bliver nye betingelser for Attestering af Overensstemmelse.

Basisdokumenter: Basisdokumenterne, der skal gøre direktivets væsentlige krav operationelle, er ikke endeligt vedtagne på grund af politiske/nationale problemer om deres udformning. Alle venter spændt på deres vedtagelse.

Mandater: Da basisdokumenterne ikke er klar, er der kun givet midlertidige mandater og kun for en del af de standarder, der er nødvendige for at nedbryde handelshindringerne inden for byggeområdet. Alle forventer dog, at de vil fremkomme inden længe.

Standarder og typegodkendelser: Da der ikke foreligger nogen basisdokumenter/mandater, kan standarder og typegodkendelser principielt ikke udarbejdes og i hvert fald ikke færdiggøres. Ikke desto mindre arbejdes der på livet løs med disse ting, men i CEN og EOTA samt i de virksomheder, der deltager i arbejdet, er man spændt på, om de standarder og godkendelser, der er mere eller mindre færdigudarbejdede - og dem er der mange af, kommer til at leve op til Kommissionens mandater, når disse engang er færdige.

Det vides end ikke, hvilke produkter der vil blive omfattet af de

nye bestemmelser, men som vejledning kan man på nuværende tidspunkt sige, at det, der i dag falder ind under en dansk kontrol- eller godkendelsesordning, sandsynligvis også i fremtiden vil blive kræve certificeret.

De kommende tekniske krav til produkterne vil stort set ligge på et niveau, der svarer til det i dag kendte. På visse punkter vil kravene dog være svækkede, idet det ikke har været muligt at nå til europæisk enighed om et niveau som det danske.

Certificering: Da reglerne for Attestering af Overensstemmelse ikke er endeligt fastlagt af Kommissionen, vides det ikke på hvilket niveau, den kommende certificering skal lægges. Da kravene imidlertid vil blive formuleret som minimumskrav, dvs. som den laveste fællesnævner imellem EF-landene, vil det til enhver tid være tilladt at aftale skærpede krav mellem bruger og producent.

Det er derfor ikke utænkeligt - ja, måske endog sandsynligt, at brugerne ønsker certificering på et højere niveau end blot på myndighedskravniveauet. Markedsmekanismerne vil i den sidste ende afgøre, hvilket niveau der vælges.

Konklusion: Så tæt vi er på etableringen af Det Indre Marked, må det erkendes, at vi end ikke kender selv den nærmeste tids spilleregler. Ikke desto mindre arbejdes der fortrøstningsfuldt fra alle sider på at udfylde de rammer, som vi forventer at fremtiden vil kræve af os.

Hvad vi skal gøre, indtil det hele er faldet på plads, ved vi heller ikke. Vil der blive etableret overgangsordninger, hvor nationale standarder mv. vil blive ophøjet til europæiske tekniske specifikationer, eller skal vi blot køre videre, som vi hele tiden har gjort?

Det er en spændende fremtid, vi går i møde. En fremtid, som vi dog har forberedt os på, og som derfor ikke på nogen måde vil kunne bringe os de store ubehagelige overraskelser.

Rambøll, Hannemann & Højlund A/S
Nørregade 7A
1165 København K

# Tilstandsvurdering af broer i Saudi-Arabien

af

Bjørn Lassen

Juni 1992

## Tilstandsvurdering af broer i Saudi-Arabien

Vejdirektoratet har i samarbejde med de rådgivende ingeniørfirmaer COWIconsult og Rambøll, Hannemann & Højlund A/S indgået en kontrakt med regeringen (Ministry of Communications - MOC) i Saudi-Arabien om overførsel af dansk viden om bro- og vejvedligeholdelse.

Opgaven er et skoleeksempel på begrebet systemeksport, idet det væsentligste mål med projektet er at sætte MOC i stand til selv at administrere og udføre alle aktiviteter inden for eftersyn, vedligeholdelse og reparation af broer og veje.

Samtidig er opgaven et godt eksempel på frugtbart samarbejde mellem offentlige institutioner og private rådgivere.

Den del af projektet, der beskæftiger sig med broer, omfatter:

- Registrering og generaleftersyn af de ca. 4200 broer og 100 tunneler, der administreres af MOC,
- Særeftersyn af de broer, der ved generaleftersynet er fundet at have væsentlige skader,
- Prioritering og udarbejdelse af reparationsprojekter for de skadede broer,
- Levering, implementering og undervisning i brug af en programpakke til broprojektering og (ikke mindst) til statisk vurdering af eksisterende broer,
- Levering og implementering af et edb-baseret vedligeholdssystem til lagring af data og til styring af de aktiviteter, der indgår i forvaltning af broer og tunneler.

### Arbejdsform

Af hensyn til det overordnede mål, som er overførsel af viden, udføres alle aktiviteter i samarbejde mellem danske og arabiske ingeniører. Det betyder i praksis, at arbejdet udføres af hold, der hver består af en dansk og en arabisk ingeniør.

## Generaleftersyn

Generaleftersynet er et systematisk visuelt eftersyn af alle broens synlige dele. Generaleftersyn udføres med regelmæssige mellemrum med det formål at "holde øje" med broernes tilstand.

En bro deles op i 15 standardelementer (søjle, bjælke, broplade, rækværk...). Hvert element gives en tilstandskarakter efter en skala, der går fra 0: "Totalt ubrugelig" til 7: "Som ny".

Herudover vurderes det rutinemæssige vedligeholds- og renholdsarbejde efter en to-trins skala (i orden / ikke i orden).

Hvis der er væsentlige skader (normalt svarende til karakterer under 5), og generaleftersynsholdet ikke umiddelbart kan afgøre, hvor farlig skaden er, eller hvad der skal gøres, udskrives et særeftersyn. Skaden beskrives kort, og der tages fotos som illustration.

Generaleftersynene er udført af 6 hold, hver bestående af en dansk og en arabisk ingeniør.

## Særeftersyn

Særeftersynet er et grundigt eftersyn, der skal klarlægge skadeårsager og skadeomfang så detaljeret, at det kan danne baggrund for valg af den rigtige reparationsstrategi.

For at gennemføre særefteryn kræves dels erfaring og viden om skademekanismer, dels forskelligt prøvningsudstyr.

Særeftersynene udføres af to hold, hver udstyret med en laboratoriebil, der indeholder udstyr til at gennemføre de nødvendige prøvninger.

Et særeftersyn starter med, at man på baggrund af generaleftersynets indberetning og sin egen erfaring opstiller en hypotese for, hvad der er i vejen. På baggrund af den hypotese planlægger man, hvilke undersøgelsesmetoder, der skal bruges.

Når man har gennemført disse undersøgelser, vurderer man, om resultaterne bekræfter hypotesen, eller om de giver anledning til at revidere den. Ud fra denne vurdering afgøres, om flere undersøgelser er påkrævede.

Normalt er en enkelt prøvningsmetode ikke nok til at påvise den aktuelle skademekanisme med tilstrækkelig sikkerhed. Det tilstræbes at benytte forskellige uafhængige metoder, som hver har deres usikkerheder; men som måske tilsammen kan tegne et pålideligt billede af, hvad der egentlig foregår. På denne måde får man kalibreret de forskellige målemetoder i forhold til hinanden og til forholdene på den aktuelle bro.

De skademekanismer, der regerer i et land som Saudi-Arabien, er i princippet de samme som i Danmark. Men på grund af forskelle i klima, materialer, udførelsesmetoder mv. kan man ikke uden

videre overføre danske erfaringer. Man kan for eksempel ikke kritikløst regne med, at grænseværdier mht. korrosion for klorid-indhold og elektrokemiske potentialer er de samme som hjemme, og nedbrydningshastigheder skal man også være varsom med at vurdere på baggrund af danske erfaringer.

Det gør imidlertid ikke så meget, for man kalibrerer som nævnt alligevel målemetoderne til den aktuelle bro.

## Typiske brotyper og skader

Det er karakteristisk, at broerne i Saudi-Arabien er bygget i "serier". Der er derfor rigtig mange broer, der er ens i opbygning og i skader.

Langt hovedparten af broerne er "wadi-broer", det vil sige broer, der fører en vej over et udtørret flodleje (en wadi). Disse broer er typisk 20-30 år gamle, og de er enten pladebroer med en spændvidde på 7-8 m eller plade-bjælkebroer med en spændvidde på ca 15 m. Alle fag er simpelt understøttede.

De fleste af disse broer har synlige, lastfremkaldte revner. De er tydligst på plade-bjælkebroerne, hvor bjælkerne udviser et mønster af bøjnings- og forskydningsrevner "lige efter bogen".

Mange pladefelter i plade-bjælkebroer viser et brudliniemønster, der også er lige efter bogen. Disse plader har typisk en tykkelse på ca 20 cm. Enkelte steder er pladefelter udskiftet på grund af brud i pladen, og flere er undervejs.

Bortset fra de nævnte pladefelter er revnerne ikke udtryk for, at der er fare for brud - jernbeton har lov at revne - men det er tydeligt, at broerne bæreevnemæssigt udnyttes hårdere, end vi er vant til i Danmark.

I det indre af landet er klimaet så tørt, at korrosion ikke finder sted, selv om der er voldsom karbonatisering og høje kloridindhold.

I kystområderne langs Golfen og Det Røde Hav, hvor luftfugtigheden (og temperaturen) er høj, er der store korrosionsproblemer.

Ved Det Røde Hav er det typisk søjlerne, der har problemer. Skaderne skyldes hovedsagelig et højt kloridindhold, og de ligner meget dem, vi har herhjemme. I Danmark kommer kloriderne hovedsagelig fra tøsaltning. Det er ikke tilfældet i Saudi-Arabien.

Her er der til gengæld meget salt i sandet og i grundvandet (der - især tidligere - er benyttet som blandevand og til curing).

Ved Golfen er det typisk bropladerne, der lider af korrosionsproblemer.

## Reparation

Der er som nævnt mange broer, der er ens i opbygning og har samme type skader. Derfor udarbejdes en række standardiserede reparationsprojekter, der kan benyttes på en lang række broer.

Et standardprojekt vil have karakter af et "katalog", der siger noget i retning af: "Hvis en søjle er så skadet, repareres den således, hvis den er så skadet og kloridindholdet er så højt, udskiftes så og så meget af den", osv.

Herudover bliver der naturligvis tale om en række skræddersyede reparationsprojekter til specielle enkeltstående skader.

En vigtig ting i forbindelse med de forestående reparationer bliver at få indført en form for bygherretilsyn, som vi kender det. Det er almindeligt i dag, at entreprenøren er overladt til sig selv indtil afleveringen. Hvis der så konstateres mangler, trækkes der et passende beløb fra betalingen, og manglerne udbedres ikke.

## Fremtiden

Når projektet er afsluttet sidst på året 1992, er det vores overbevisning, at de Saudi-Arabiske ingeniører, der har deltaget, er i stand til på egen hånd at videreføre den systematiske broforvaltning, som vi nu har sat i gang. Det er så et spørgsmål om politisk vilje at få programmet til at køre videre.

AALBORG PORTLAND A/S

Rørdalsvej 44

Postboks 165

9100 Aalborg

Tlf.: 98 16 77 77

# PAVER COMPACTED CONCRETE FOR ROADS

af

Afdelingsleder, lic.techn. Dirch Bager

(Artiklen er en gengivelse fra "1st International Symposium on Techniques and Technology in Road Construction", der blev afholdt i forbindelse med BAUMA 92 d. 7. april i München)

# PAVER COMPACTED CONCRETE FOR ROADS

Ph. D. Dirch H. Bager, Aalborg Portland A/S, Aalborg, Denmark

## 1. Introduction

Except from periods in the 1930's and the 1960's, very few concrete roads have been built in Denmark.

The durability of these roads have varied videly. In the worst cases repair work or renewal of the surface had to be carried out after a few years.

However, quite a lot of roads have functioned well in more than fifty years. In particular, the roads built in the 1930's have shown good durability. These roads were made of dry concrete types having low water/cement ratios and a high amount of coarse aggregates. Compaction was carried out with special ram machines. In the 1960's the concrete had changed towards a wetter type with a higher content of mortar. These types of concrete were compacted with vibration, either in the traditional way with fixed forms and surface vibration or by use of slip-form pave.

Since then only a few stretches of concrete roads have been made. The main purpose for making these stretches was to judge whether new technology, with regard to both concrete and paving equipment, would give a satisfactory quality of the pavement.

Obviously it has not been possible to gather expertise and experience for building concrete roads under these circumstances. For this reason the small stretches were paved by foreign contractors, which were unfamiliar with Danish conditions. In the present state of things, it is easy to understand, that the road authorities are hard to convince about the long life-time and low maintenence costs for new concrete roads.

As a cement producer, it is natural that Aalborg Portland A/S is interested in new markets as concrete roads. In 1986 a development project was initiated at our laboratory.

Our goal was to develop a concrete- and paving technology which both would be an economic and a durable alternative to traditional asphalt pavements on main roads.

In order to get such a new technology widespread, it was necessary to focuse on rather small and flexible paving equipments as asphalt paving machines. Consequently Roller Compacted Concrete (RCC) was chosen as a starting point for the further development. At that time RCC could only be used for low speed areas, since the eveness of the surface did not meet the requirements for roads.

One further reason for the choice of using asphalt paving machines was, that these machines could be expected to be able to compact the dry, low water/cement ratio types of concrete which we looked forward to use.

## 2. Paving Machines

In the period from 1986 to 1989 several full scale paving experiments were carried out.

The first experiment was carried out in the autumm of 1986, using a rather sophisticated, and expensive, concrete type. This experiment showed that it is possible to pave and fully compact the concrete with the paver alone! Hence the new name: **"Paver Compacted Concrete - PCC"**. Thereby a large obstacle towards using RCC for road pavements without a regulating asphalt overlay was overcome.

The reason for using this regulating overlay is that in traditional RCC, the roller makes the concrete surface uneven. The paver itself can produce a very even surface.

For this first experiment a Vögele Super 1700 paver with a high-compaction screed was used. In the forthcoming series of experiments several different manufactures and types of screeds were used. In the experiments also different concrete mix designs were tested.

The mode of operation for the different types of screeds ranged from a single vibratory plate to a complicated heavy high compaction screed having one tamper bar, two pressure bars and two vibratory plates.

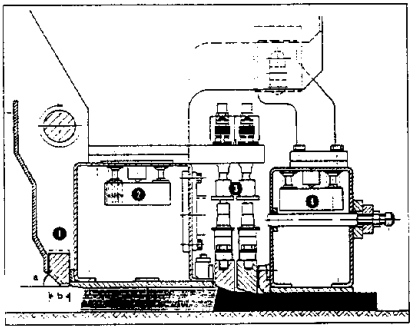


Figure 1: Vögele High Compaction Screed for Asphalt

① : Tamper Bar
② : Vibratory Screed
③ : Pressure Bars
④ : Vibratory Screed

These experiments were carried out with different paving machines, different screeds and different technicians each time. In 1989 we therefore decided to buy our own paver. Based on our previous experiments, and our ideas on further development, we choosed a Vögele Super 2000 paver with a high compaction screed.

The high compaction screed is shown in figure 1.

Compared with a high compaction screed for asphalt paving, our screed was changed (asphalt screed data in brackets).

- Tamper bar ①
  - b = 80 mm (50 mm)
  - a = $30^0$ ($45^0$)
  - Frequency between 0 and 30 Hz. Amplitude 4 mm or 8 mm. The latter is used for concrete. For asphalt 4 mm or 8 mm are used dependent of the thickness of the pavement.

- Vibratory screed ②
  - no vibrators mounted
    (vibration: 68 Hz, amplitude: 0-5 mm)

- Pressure bars ③
  - Individual regulation of pressure power between 40 and 120 bar and impulse recurrence frequency between 35 and 70 Hz.
    (the two pressure bars are working in parallel)

- Vibratory screed ④
  - Frequency variable between 52 and 68 Hz.
  - Amplitude variable between 0 and 5 mm.
    (frequency constant 68 Hz, amplitude variable between 0 and 5 mm)

The changes on tamper bar ① and vibratory screed ② have been made by Vögele based on their experience on Roller Compacted Concrete (RCC). The changes on pressure bars ③ and vibratory screed ④ have been made on our request.

In our high compaction screed the positioning of the pressure bars are controlled by ③ , whereas in the asphalt screed the position is controlled by ④ . In our screed the distance between ③ and ④ was approximately 5 cm, whereas in the asphalt types ③ and ④ are closer together.

During the test carried out with the paving machine some modifications/improvemants were carried out in cooperation with Vögele.

- steel arms carring the screed were changed
- new rear hydraulic cylinders having a longer working distance were mounted

- new, higher, mounting of the rear cylinders was made

  (The above 3 changes were made in order to be able of paving 30 cm thick layers).

- the front side of the auger room is closed from the tractor to the side of the screed. In some situations, during paving in full width, it can be beneficial to leave 20 to 30 cm open just at the side of the screed.
- the distance from the auger to the strike-off plate on the screed is increased.
- the auger axle is extended until approximately 10 cm from the side of the screed.
- the mounting of the automatic level gauge is changed in order to place the gauge on the same line as the auger.
- vibrators have been mounted on vibratory screed ②. (These vibrators have very little effect and are normally not used)
- the bottom steel plate on vibratory screed ④ has been extended in order to avoid the mentioned 5 cm open gap between ③ and ④.
- the design of the box covering the driving chains for the conveyer belts is changed in order to obtain a better material distribution in front of the auger. This modification has a very limited effect.
- the outer auger is replaced by a rod to loosen the material.

For the time being further improvements are planned. The one concerns material distribution in the auger room, where ultrasound controllers will be used instead of the standard controllers which need constant monitoring. The other is concerned with the surface finish.

In order to increase the surface finishing effect of the vibratory screed ④ , a water spray system will be installed between ③ and ④ .

Based on our present experience we will recommend some further changes to the paver:

- The auger axle should be able to adjust in vertical position.
- The auger axle should be able to be adjust in crown profile, in parallel with the screed itself.
- The bolts used for fixing the augers to the axle are the weak part which shall break when overloading the system.
  These bolts should be loose and not an integral part of the auger as are the case at present.
- The controller for material distribution in the auger room need constant monitoring. Another type of controller should be used.

Even the most perfect paving machine can not do a better job than the skillness and experience of the technicians define. Therefore, a comprehensive education of our technicians has been implemented.

A lot of full scale experiments, and also paving training, have been carried out on a 100 x 8 m test area specially constructed for the purpose. After the experiment, and after the relevant amount of cores have been drilled from the pavement, the concrete is removed from the test area.

## 3. Concrete Technology

As mentioned earlier, the first experiments were carried out with an expensive high tech concrete, which even needed a very long mixing time.

After getting our own paver, it became easy for us to test a lot of other concrete types. The final suitable types of concrete are very much alike the types used for concrete paving block production.

A typical mix design is shown in table 1.

Preferably, the coarse aggregates shall have a cubic particle form, while the sand shall have a round particle form. This gives the best stability of the freshly paved concrete and the best compaction.

| | | |
|---|---|---|
| Low alkali sulphate resistant cement | 300 | $kg/m^3$ |
| Fly ash class F acc. to ASTM | 70 | $kg/m^3$ |
| Microsilica | 23 | $kg/m^3$ |
| Free water | 87 | $kg/m^3$ |
| Plasticizing agent | 4.2 | $kg/m^3$ |
| Sand 0/4 | 905 | $kg/m^3$ |
| Stone 2/8 | 284 | $kg/m^3$ |
| Stone 8/11 | 831 | $kg/m^3$ |
| Compressive strength. Laboratory cast cylinders. | | |
| 1 day | 25 | MPa |
| 7 days | 62 | MPa |
| 28 days | 74 | MPa |

Table 1: Typical mix design for PCC.
Dependent on individual materials - the mix design can change rather much.

Compared with laboratory cast samples, the overall compaction of a 20 cm thick pavement has been measured to 96.5 pct. The upper 5 cm reaches a degree of compaction of 97.5 pct.

The freeze/thaw durability is characterized to be "good" according to the Swedish freeze/thaw testing method using deicing salt solution. (SS 137244)

The concrete composition needs of course to be adjusted to an optimum "workability". This can not be done in the laboratory - a full scale paving test is needed.

Special care must be taken in order to avoid or minimize segragation of the large aggregate. The larger the aggregate, the larger is the tendency for segregation. Transferring of the concrete from mixer to truck and from truck to paver have a large influence on this. Furthermore, the sizes and positioning of the individual augers are essential to minimize segregation and give a homogeneous surface.

The paver is very sensitive to variations in moisture content in the concrete. All possible efforts need to be taken to avoid variations in moisture content!

In order to make a good PCC paving job, it is necessary to

- use a paver with a high compaction screed
- have a well educated and experienced team of technicians
- get an ample supply of concrete having a constant quality
- ensure a proper curing - preferably by water - immidiately after paving

Joints are cut in the traditional way.

## 4. PCC Paving jobs

In the spring 1991 we felt that we were able to make full scale public pavements.

The first job was a 5500 $m^2$ storage area on Århus Harbour. Due to very high loads, the thickness of the pavement was 30 cm. This was made in one layer. Lane width was 5 m. From a stationary concrete ready mix producer a delivery of about 50 $m^3/h$ was delivered. Paving speed was app. 0.5 m/min. Due to sun and stormy wind, bitumen emulsion was used as a curing membrane.

Following this job approximately 16 km of road was paved in Norway on some of their main roads. The sites were placed in the western part of Norway near the cities Haugesund, Bergen and Molde. Far the most of the pavements are placed in tun-

nels. In general these roads were 7.5 m wide with a thickness of 16 cm. The concrete was produced from local aggregates.

A rather large variety of concrete mixes have therefore been used. The concrete was produced either on a stationary mixing plant on a pug-mill or at a mobile mixing plant on a paddle-pan mixer.

Figures 2 and 3 illustrates the work. Approximate 450 m was paved each day.

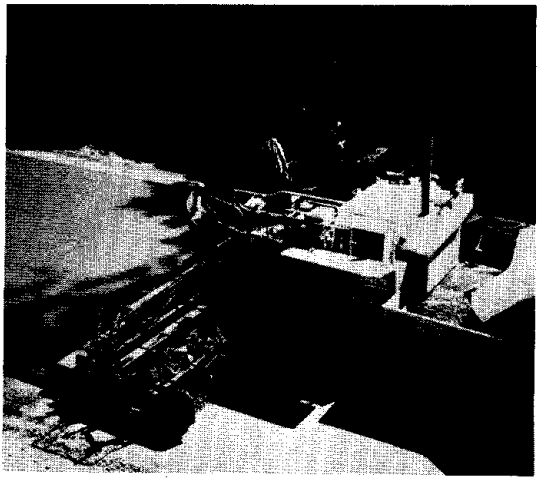


Figure 2. Paving of PCC pavement in Norway. Width: 7.5 m, thickness: 16 m. Paving speed: approx. 0.7 m/min.

The Norwegian road authorities required that the pavement should be treated as an ordinary RCC pavement. For this reason an 11 ton vibratory roller was used. The roller had a rubber membrane on the rolls, which gives a little texture in the surface. This was almost the only effect. No further compaction was observed. For what concerns the eveness, the roller made the surface a little uneven, but the final eveness of the surface was generelly well within 2 mm measured on a 4 m straigth edge. In the last job, in which case the best suitable concrete was delivered and the technicians were best trained, the eveness was almost exellent. The eveness lay within 1 mm/4 m. In the few cases where this was not the case, it was due to detectable errors.

These paving jobs, and the previous paving experiments, have given us experience in adjusting the compaction of the screed. On the premise, that the concrete delivered have a constant quality, then

- the tamper bar ① are tuned to a frequency between 23 and 27 Hz
- the vibratory screed ④ are tuned to a frequency of 68 Hz and an amplitude between approximate 3 and 4 mm
- the pressure bars ③ are tuned to a frequency of 68 Hz. The pressure power are finally adjusted to a pressure between 50 and 100 bars. The two pressure bars working with the same pressure.
  Adjustment of this pressure are used for small adjustments during paving, which might be necessary due to small variations in concrete quality.

Finally, it can be mentioned, that even with the extensions assymetric mounted, (1.5 m and 2.5 m extension), it was troublesless to pave.

Figure 3. PCC pavement in Norway.

## 5. Future

For the time being, all the work carried out on PCC are judged as development and presentation-/marketing jobs. It is our hope that the traditional road construction will find this new alternative interesting. In order to facilitate this, it is the intention of Aalborg Portland A/S to make all our knowledge and know-how about PCC public.

Laboratoriet for Bygningsmaterialer
Bygning 118
Danmarks Tekniske Højskole
2800 Lyngby

# BETON MED FLYVEASKE. PROPORTIONERING SAMT ERFARINGER MED KLORIDINDTRÆNGNING OG VANDTÆTHED

af

Torben C. Hansen
Professor i Bygningsmateriallære ved DTH og
President of the International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures (RILEM)

Maj 1992

**Indholdsfortegnelse** Side

# PROPORTIONERING AF FLYVEASKEBETON OG INDTRÆNGNING AF VAND OG KLORIDER

## 1. Indledning og abstract

Ved DTH's Laboratorium for Bygningsmaterialer har man i de senere år udarbejdet en systematisk metode til proportionering af flyveaskebeton for bearbejdelighed og styrke. Forslaget er i sin helhed publiceret i (2). Det bygger på en lang række tidligere undersøgelser af forskellige medarbejdere, således som det fremgår af literaturfortegnelsen. I den forbindelse er der særlig grund til at fremhæve S.E. Hedegårds licentiatarbejde (1). Hedegård har blandt andet undersøgt faktorer af betydning for flyveaskebetons holdbarhed, såsom indtrængningshastighed af vand og klorider i betoner med forskellige cementer og flyveasker og med systematisk varierede vægtforhold mellem vand, cement og flyveaske.

## 2. Proportionering af flyveaskebeton

Eksperimentelle forsøg har vist, at den almindelige britiske DOE-metode (3) til proportionering af normal beton kan udvides til at omfatte flyveaskebeton, hvis man tager fem forhold i betragtning:

2.1 Betonens vandbehov skal skønnes, således at betonen opnår ønsket konsistens under hensyntagen til den **plastificerende virkning af flyveasken.**

2.2 Forholdet mellem betonens frie vandindhold og dens samlede indhold af cement og flyveaske skal skønnes, således at betonen opnår den krævede styrke under hensyntagen til **flyveaskens bidrag til styrken.**

2.3 **Den størst mulige mængde flyveaske og den tilsvarende mindst mulige mængde cement skal beregnes,** som vil give den hærdnede beton den ønskede styrke, samtidig med at den friske beton opnår den bedst mulige bearbejdelighed.

2.4 Betonens optimale sandprocent skal skønnes under hensyntagen til betonens samlede indhold af vand, cement og flyveaske og under hensyntagen til, at **en del af flyveasken virker som fint sand i den friske beton.**

2.5 Betonens sammensætning pr. $m^3$ skal beregnes under hensyntagen til, at **betonen foruden de sædvanlige delmaterialer også indeholder flyveaske, der har lavere densitet end cement.**

I de følgende kapitler diskuteres disse fem forhold i den nævnte rækkefølge.

## 2.1 Vandbehov og bearbejdelighed

Man har for det første konstateret, at tilsætning af små mængder flyveaske bør undgås op til 10 procent af cementvægten, fordi små mængder flyveaske kan gøre friske betonblandinger ustabile (4).

For det andet har man konstateret (5), at den velkendte reduktion af betons vandbehov ved tilsætning af flyveaske inden for vide grænser er uafhængig af, hvor stor en mængde flyveaske, der tilsættes. Vandbehovet for flyveaskebeton kan findes på grundlag af traditionelle tabeller, idet man benytter samme procedure som ved proportionering af luftindblandet beton.

Bearbejdelighedsundersøgelsen har således vist, at Lyse's velkendte lov for betons vandbehov og konsistens med rimelighed kan udvides til også at omfatte flyveaskebeton inden for et bredt spektrum af blandinger. Lyse's udvidede lov har følgende ordlyd:

> Sætmålet af friske betonblandinger, der fremstilles med samme delmaterialer, beror udelukkende på det effektive vandindhold, mens sætmålet er uafhængigt af såvel cementindholdet som af flyveaskeindholdet, såfremt flyveaskeindholdet overstiger et vist minimum.

For det tredie har man konstateret (5), at der eksisterer en øvre praktisk grænse for den mængde flyveaske, man kan sætte til beton, uden at den bliver klæg og ubearbejdelig. Denne grænse kan udtrykkes ved et vand-bindemiddel forhold, som angivet i formel (1)

$$\frac{w}{c + \frac{\rho_c}{\rho_f} f} = \alpha \qquad (1)$$

hvor
- $w$ = fri vandmængde i kg/m³
- $c$ = cementmængde i kg/m³
- $f$ = flyveaskemængde i kg/m³
- $\alpha \approx 0.36$ for beton uden superplastificeringsstof. $\alpha$ er lavere end 0.36 for beton, som fremstilles med superplastificeringsstoffer. Forsøg til bestemmelse af mere nøjagtige værdier for $\alpha$ under forskellige forhold er igangsat ved LBM.

Hvis man som rimelige gennemsnitsværdier indsætter $\rho_c$ = 3100 kg/m³, $\rho_f$ = 2200 kg/m³ og $\alpha$ = 0.36 i formel (1) fås formel (2)

$$\frac{w}{c + \frac{\rho_c}{\rho_f} f} = \frac{w}{c + \frac{3100}{2200} f} = \frac{w}{c + 1.4 f} = 0.36 \qquad (2)$$

## 2.2 Trykstyrke

Det er vist empirisk i (6), og det er i øvrigt almindelig kendt, at den såkaldte Bolomey lov i en lidt modificeret form, som vist i formel (3) og (4), gælder for den generelle sammenhæng mellem betons modificerede vand-bindemiddelforhold og betons trykstyrke

$$s = A\frac{c}{w} + B\frac{f}{w} + E \qquad (3)$$

heraf fås

$$s = A\left(\frac{c+kf}{w}\right) + E \qquad (4)$$

hvor s = flyveaskebetons trykstyrke i MPa
A,B og E = konstanter for givne delmaterialer
k = flyveaskens aktivitetsindeks ved given tid og givne lagringsforhold.

Indsætter man k = 0.25 i formel (4), hvilket erfaringen viser er rimeligt for 28 døgns normstyrker af vandlagret beton, fås Bolomey's modificerede formel (5).

$$s = A\left(\frac{c + 0.25\,f}{w}\right) + E \qquad (5)$$

Bolomeys modificerede lov kan udtrykkes således: "For givne delmaterialer, alder og lagringsbetingelser, bestemmes betonens trykstyrke udelukkende af forholdet mellem betonens frie vandindhold og betonens indhold af cement, samt af forholdet mellem betonens frie vandindhold og betonens indhold af flyveaske.

Hvis konstanterne A og E i formel 5 er kendte størrelser efter 28 døgns normmæssig hærdning af beton, som fremstilles med en given cement og givne tilslagsmaterialer, hvilket som regel er tilfældet i praksis, så kan den numeriske værdi x af det modificerede vand-bindemiddelforhold w/(c + 0.25 f) udregnes af formel 6 for en beton med en vis krævet styrke s.

$$\frac{w}{c + 0.25\,f} = x \qquad (6)$$

## 2.3 Optimal cement- og flyveaskemængde

Hvis flyveaskens samlede pris er højere end k-gange cementens pris, vil det ikke kunne betale sig at bruge flyveaske set fra et økonomisk synspunkt.

Hvis flyveaskens pris er lavere end k-gange cementens pris vil det, set fra et økonomisk synspunkt, være fordelagtigt at sætte den størst mulige mængde flyveaske til betonen, som kravet om god bearbejdelighed i henhold til formel (2) tillader. Dette naturligvis under forudsætning af, at normer eller bestemmelser ikke sætter en lavere grænse for den tilladelige flyveaskemængde.

Vi har nu to ligninger med to ubekendte, nemlig

$$\frac{w}{c + 1.4f} = 0.36 \tag{2a}$$

og

$$\frac{w}{c + 0.25f} = x \tag{6a}$$

De økonomiske og teknisk set optimale mængder cement og flyveaske beregnes ved at løse disse to ligninger med hensyn til c og f, hvilket giver formlerne (7) og (8):

$$f = \frac{(1 - \frac{0.36}{x})\, w}{0.41} \tag{7}$$

$$c = \frac{w - 0.25\, fx}{x} \tag{8}$$

## 2.4 Optimal sandprocent

Da flyveaske i det store og hele virker som cement, for hvad angår den friske betons bearbejdelighed, kan den optimale sandprocent i flyveaskebeton skønnes på samme måde, som man ville foretage dette skøn for en tilsvarende almindelig beton (se f.eks. diagrammerne i (3)). I stedet for det virkelige vand-cement forhold bruger man dog et vand-bindemiddelforhold på

$$\frac{w}{c + \frac{\rho c}{\rho f} f} \sim w / (c + 1.4f)$$

som indgangsværdi i diagrammerne.

## 2.5 Blanderecept

Beregning af den endelige recept for flyveaskebeton er triviel og skal derfor ikke gennemgås her. Blot skal man huske, at betonen nu, foruden de sædvanlige delmaterialer, også indeholder flyveaske, som har en lavere densitet end cement.

## 2.6 Eksempel

Proportioneringsmetoden kan i princip bruges til beregning af blanderecepter for betoner i alle styrkeklasser fra 28 døgns styrker under 5 MPa op til styrker over 50 MPa, men den er specielt udviklet for proportionering af lavstyrkebetoner, hvor flyveasken særligt kommer til sin ret, fordi den øger kohæsion og mindsker vandudskillelse hos betoner, der ellers ville være vanskelige eller umulige at fremstille på en tilfredsstillende måde

med cement som eneste bindemiddel.

Nedenfor er som eksempel angivet blanderecepter for to betoner, en uden og en med flyveaske, hvortil der er stillet samme krav. Begge betoner er proportioneret efter den foreliggende metode for et sætmål på 6 cm og en 28 døgns trykstyrke på 7.5 MPa, men de er vidt forskellige i sammensætning og med hensyn til udstøbningsegenskaber.

| | Alm. beton | Flyveaskebeton |
|---|---|---|
| Cement | 125 kg | 50 kg |
| flyveaske | 0 kg | 260 kg |
| vand | 161 kg | 148 kg |
| sand | 891 kg | 514 kg |
| sten | 1134 kg | 1320 kg |
| bemærkninger | stor bleeding<br>dårlig kohæsion | ingen bleeding<br>god kohæsion |

Proportioneringsmetoden og eksemplet er i øvrigt gennemgået i lærebogsagtig form i (7), som også giver anvisning på, hvorledes blanderecepter for flyveaskebeton kan kontrolleres og korrigeres på grundlag af resultater fra prøveblandinger.

## 3. Vandindtrængning i flyveaskebeton

Der er blevet udført sammenlignende vandindtrængningsforsøg i henhold til DIN 1048 på mange betoner fremstillet med to forskellige cementer, nemlig svensk almindelig Portland cement og dansk lavalkali sulfatbestandig Portland cement af den gamle type med meget lavt $C_3A$-indhold. Betoner med begge typer cement blev fremstillet med forskellige mængder af Asnæs flyveaske målt i vægtprocent af cementmængden, lige fra nul procent flyveaske og op til flere hundrede procent. Samtidig blev vand-cement forhold og vand-flyveaske forhold systematisk varieret indenfor vide grænser. I alt fremstilledes 51 serier. 25 serier med sulfatbestandig cement blev prøvet for vandindtrængning efter 28 døgns normmæssig lagring og 26 serier blev prøvet både efter 28 og 56 døgns vandlagring.

Generelt konstateredes, at flyveaskes aktivitetsindeks både efter 28 døgns og 56 døgns vandlagring var ca. 0.3 med hensyn til vandindtrængning. Cementtypen var uden betydning. Dvs. at der skulle 3 kg flyveaske til at erstatte 1 kg cement for at opnå samme vandtæthed hos to modsvarende betoner. Flyveaske er altså ikke noget særlig effektivt vandtætningsstof for beton.

Vandindtrængningsforsøgene og deres resultater er udførligt beskrevet i (8).

## 4. Kloridindtrængning i flyveaskebeton

Der blev desuden udført sammenlignende kloridindtrængningsforsøg på betoner fremstillet med de samme to cementer som i vandindtrækningsforsøgene, men der blev benyttet to forskellige flyve-

asker. Alle fire betontyper blev fremstillet med forskellige mængder flyveaske målt i vægtprocent af cementmængden, lige fra nul procent flyveaske og op til flere hundrede procent. Samtidig blev vand-cement forhold og vand-flyveaske forhold systematisk varieret inden for vide grænser. Betonens maksimale stenstørrelse var 16 mm. I alt fremstilledes 108 serier, som blev nedsænket i en 10% NaCl opløsning. Indtrængningstiden for kloriderne til armeringsjernene, der var indstøbt med 16 mm dæklag, blev målt ved elektrisk potentialemåling. Forsøgene er i øvrigt detaljeret beskrevet i (1); men resultaterne er endnu ikke publiceret internationalt, da stålene i de tætteste betoner ikke viser tegn på korrosion efter mere end 5 år, og vi derfor mangler de sidste og måske mest interessante resultater.

Undersøgelsesresultaterne antyder, at der kan opstilles visse regler for sammensætning af beton, som i praksis vil sikre, at beton bliver tilstrækkelig tæt over for kloridindtrængning, således at armeret beton får en vis forudberegnelig og tilstrækkelig lang levetid til de fleste praktiske formål. På grundlag af de foreløbigt opnåede resultater ser det ud til, at grænseværdierne for v/c- og f/v-forhold for meget tætte betoner, svarende til gennemsnitlige diffusionskoefficienter for betoner på under 8,5 $mm^2$/år, kan formuleres som vist i formel 9.

$$\frac{w}{c} + D\frac{f}{w} < G \qquad (9)$$

hvor D og G = konstanter, som afhænger af de benyttede cement- og flyveasketyper, samt af betonens vandlagringstid, før den udsættes for påvirkning af klorider.

For beton, som fremstilles med svensk almindelig Portland cement og Asnæs flyveaske, og som vandlagres i 14 døgn, kan D sættes lig med -0,5, mens G kan antages at være lig med 0.

For beton, som fremstilles med Aalborg lavalkali sulfatbestandig cement af den gamle type, kan der kun opnås meget kloridtæt beton i praksis, hvis der bruges Thy flyveaske, og hvis den nyudstøbte beton samtidig vandlagres i 56 døgn, før den udsættes for kloridpåvirkning. Sulfatbestandig cement er kendt for generelt at have dårligere modstandsevne mod kloridindtrængning end almindelig Portland cement.

## 5. Undersøgelsesresultaterne set i relation til Den Danske Betonnorm DS 411.84

Af holdbarhedsmæssige grunde foreskriver den Danske Betonnorm DS 411.84, at der højst må bruges 35 procent flyveaske i armerede betonkonstruktioner målt i vægtprocent af den samlede sum af flyveaske- og cementmængde. Ingen af vore eksperimentelle forsøg har kunnet verficere denne begrænsning. Tværtimod viser forsøgsresultaterne, at konstruktionsbeton bliver tættere overfor både klorider og vand, jo mere flyveaske der tilsættes. Noget kan altså tyde på, at vor opfattelse af flyveaskes reaktionsmekanisme med cementens hydratationsprodukter er grundlæggende forkert.

Den officielle vejledning til DS 411.84 for brug af flyveaske og mikrosilica tillader også, at man ved beregning af vand-cement forhold for beton medregner flyveaskemængden multipliceret med en aktivitetsfaktor på 0,5 når det drejer sig om betons holdbarhed, uanset hvilken cement og flyveaske betonen fremstilles med. Vore forsøg har ikke kunnet bekræfte at anvendelse af en evig og uforanderlig værdi for aktivitetsfaktoren på 0,5 med hensyn til holdbarhed er berettiget. Tværtimod viser vandtæthedsundersøgelsen, at flyveaskes bidrag til betonens tæthed overfor vand bør medregnes med en faktor på ca. 0,3 i stedet for 0,5 som normvejledningen angiver. For hvad angår kloridindtrængning er forholdene endnu mere komplicerede og uoverskuelige.

På baggrund af de registrerede spredninger på initieringstiden for armeringskorrosion bør det i øvrigt overvejes, om de mindste tilladelige dæklagstykkelser for beton over armeringsjern, som for tiden tillades i den Danske Betonnorm virkelig i praksis er tilstrækkelige til at sikre udsatte armerede betonkonstruktioner mod armeringskorrosion. Møller (9) nærer berettiget tvivl om dette.

Tendensen i undersøgelsen som helhed er entydig. Under arbejdet observeredes så mange overraskende fænomener, at der tilsynelade-dende er behov for nytænkning for hvad angår vor forståelse af flyveaskes reaktioner med portlandcementens hydratationsprodukter, og dermed for hvad angår korrekt brug af flyveaske i beton.

## 6. Litteraturhenvisninger


(1) Hedegård,S.E.: "Flyveaskebeton. Proportionering og tæthed overfor indtrængning af kloridioner og vand". Teknisk Rapport nr. 221/90. Laboratoriet for Bygningsmaterialer, DTH, Lyngby, juli, 1990.

(2) Hansen,T.C.: "Modified DOE mix design method for high volume fly ash concretes and controlled low strength concretes". Magazine of Concrete Research 44, no. 158, March 1992, pp. 39-45.

(3) Teychenné,D.E.; Franklin,R.E; Erntroy,H.C.: "Design of normal concrete mixes" Department of the Environment. Building Research Establishment, Garston WD2 7JR. United Kingdom. 1. and 2. edition 1975 og 1988.

(4) Hansen,T.C.; Madsen,N.P.; Østergaard,E.K.: "Plasticizing effects of fly ash in fresh concretes". Proc. International Seminar on Aspects of Admixtures and Industrial By-Products. Gothenburg, Sweden, April 1986. Document D1: 1988, Swe-

dish Council for Building Research, Stockholm, 1988.

(5) Hansen,T.C.; Hedegård,S.E.: "Modified rule of constant water content for constant consistence of fresh fly ash concrete mixtures". Materials and Structures (RILEM). Vol. 25, no. 149, June 1992.

(6) Hedegård,S.E.; Hansen,T.C.: "Modified water-cement ratio law for compressive strength of fly ash concretes" Materials and Structures (RILEM). Vol. 25, no. 150, July 1992.

(7) Hansen,T.C.; Hedegård,S.E.: "Vejledning til eftermiddagsaktivitet vedrørende tilsætningsstoffer til beton". Tekniske rapporter nr. 167/86 og 168/86. Laboratoriet for Bygningsmaterialer, DTH, Lyngby, oktober 1986.

(8) Hedegård,S.E.; Hansen,T.C.: "Water permeability of fly-ash concretes". Materials and Structures (RILEM). Vol. 25, no. 151, 1992.

(9) Møller, E.B.: "Flyveaskebeton. Styrke og kloridindtrængning." Teknisk Rapport nr. 250/91. Laboratoriet for Bygningsmaterialer, DTH, Lyngby, december, 1991.

COWIconsult, Rådgivende Ingeniører AS

Parallelvej 15, 2800 Lyngby

# ACI i Danmark

## -hvilke muligheder byder det på?

Af

Mette Geiker, formand for det danske ACI-Chapter

Juli 1992

Indholdsfortegnelse Side

**ACI i Danmark - hvilke muligheder byder det på?**

## 1 American Concrete Institute

American Concrete Institute, ACI, blev dannet i 1905 med det overordnede formål at forbedre anvendelsen af beton. ACI er en ikke-profitgivende videnskabelig og uddannelsesmæssig forening, som henvender sig til ingeniører, arkitekter, ejere, entreprenører, undervisere og andre specialister med interesser indenfor emnerne design, udførelse og vedligeholdelse af betonbygværker.

ACI udgiver hvert år adskillige faglige publikationer, herunder det månedlige medlemsblad Concrete Internationel samt seks gange om året bladene ACI-Structural Journal og ACI-Materials Journal.

To gange årligt arrangerer ACI en "Convention", som både er en betonkongres og det tidspunkt, hvor ACI's mange tekniske komitéer mødes og diskuterer oplæg til kommende tekniske vejledninger (ACI-Guides).

ACI har i dag ca. 20.000 medlemmer og 80 afdelinger "Chapters". 28 af disse Chapters findes udenfor USA, 6 i Canada, 2 i Mexico, 7 i Caribien, Centralamerika og Sydamerika, 5 i Mellemøsten, 6 i Asien og et i henholdsvis Afrika og Europa.

## 2 Det danske ACI-Chapter

Det danske ACI-Chapter, som er det første europæiske Chapter, blev stiftet den 19. februar 1992. Uddrag af vedtægterne for det nydannede Chapter er vedlagt som Bilag 1. Chapterets første aktive rolle var som sponsor af et halvdags indlæg om Storebæltsforbindelsen ved ACI-Spring Convention, 16-20 marts 1992, i Washington DC.

Chapteret's arbejdsprogram på kortere sigt omfatter:

Sammenfatning og koordinering af komitéarbejde.
Afholdelse af et medlemsmøde pr. år.
Oprettelse af bibliotek.
Fremskaffelse af kongreslister.
Støtte Dansk Betonforenings internationale engagement.

### 2.1 Medlemsmøder

Det første medlemsmøde bliver afholdt den 9. september 1992 under arbejdstitlen "Dansk ACI-Chapter, hvad kan vi få ud af det?". Som indledning til koordineringen af de danske ACI-medlemmers komitéarbejde udsendes et spørgeskema sammen med indbydelsen til mødet. Besvarelserne af spørgeskemaet vil danne baggrund for bestyrelsens diskussionsoplæg.

På mødet vil foruden oplæg til diskussion om dagens emne også blive givet et teknisk indlæg om off-shore konstruktioner ved Dr. George Hoff, ACI's kommende præsident.

## 2.2 International Concrete Conference 1994, ICC-94

ACI har accepteret at være sponsor og har tilbudt annoncering af kongressen i Concrete International.

Chapteret engagement bliver på et overordnet plan i form af kommentarer til program og forslag til foredragsholdere. Chapteret vil således på opfordring fremkomme med et mere eller mindre færdigt forslag til det tekniske program, chairmen samt en teknisk komité, der skal forestå udvælgelsen af foredragene.

## 2.3 Bibliotek

Chapteret vil gennem de kommende år få mulighed for at erhverve diverse ACI-publikationer. Disse vil være tilgængelige som opslagsværk på DIA-B, Lyngby, som har tilbudt at inkludere publikationerne i DIA-B's bibliotek og kartotek.

# 3 Afslutning

Vi håber, at så mange som muligt vil slutte op om det danske ACI-Chapter, som skal opfattes som et internationalt supplement til Dansk Betonforening.

Medlem af det danske ACI-Chapter bliver man ved at indbetale det årlige kontingent (200 kr. for ACI medlemmer, 250 kr. for ikke ACI-medlemmer og 50 kr. for studerende) på giro nr. 045 2386.

Chapterets bestyrelse består af:

| | |
|---|---|
| Formand: | Mette Geiker, COWIconsult |
| Næstformand: | Palle Nepper-Christensen, Aalborg Portland |
| Kasserer: | Jørn Bredal-Jørgensen, DTI |
| | Chr. Munch Petersen, DTI |
| | Leif. Q. Hartøft, VD |

De to sidstnævnte repræsenterer Dansk Betonforening.

# VEDTÆGTER FOR DET DANSKE ACI-CHAPTER

## PARAGRAF 1 - FORMÅL

Afsnit 1. Formålet med dette chapter er at fremme de vedtagne målsætninger, for hvilke ACI blev organiseret: At fremme uddannelse og udøvelse af teknisk erhverv, videnskabelige undersøgelser og forskning ved at koordinere indsatsen og dets medlemmer i en ikke-profitgivende offentlig service for at indsamle, sammenholde og sprede information med henblik på forbedring af design, konstruktion, fremstilling, anvendelse og vedligeholdelse af betonprodukter og bygværker. Under udøvelse af dets funktioner vil dette chapter aktivt søge samarbejder med danske nationale foreninger, som beskæftiger sig med beton. Dette chapter er organiseret derefter og vil blive ledet ene og alene med uddannelse og videnskab som formål. Under udførelse af de ovenstående hverv vil chapteret være behørigt opmærksom på og respektere alle handelsrestriktioner og vil ikke på nogen måde overtræde nationale handelsregulativer.

Afsnit 2. Det danske ACI Chapter vil indirekte støtte danske firmaer og personer, som har en interesse i udveksling af viden og information; tjenesteydelser; produkter ect. med relation til beton med tilsvarende entiteter i U.S.A. og i andre lande ved at:

- fungere som bindeled imellem den danske betonindustri og ACI og derved at lette indsamlingen af viden og publikationer, udveksling af oplysninger, studenter og gæsteforelæsere.

- styrke og fremme koordineringen af de danske bidrag til ACI's komitéarbejde og ved at bidrage med danske erfaringer.

Det danske ACI Chapter vil koordinere dets aktiviteter med den danske betonforening (DBF). Dette vil ske for at sikre, at møder, konferencer m.v. koordineres mht. emnevalg og tidsplan; herunder også ved at arrangere fælles sponsorerede begivenheder.

**APPENDIX 1**

**Samarbejdsaftale**

Artikel 1. Det danske ACI Chapter og Dansk Betonforening (DBF) vil koordinere deres aktiviteter. Dette vil ske for at sikre, at møder, kongresser etc. koordineres mht. emner og tidspunkter, bla. ved arrangement af fælles arrangementer.

Artikel 2. 40% af bestyrelsen af det danske ACI Chapter skal udpeges af bestyrelsen for DBF. De udpegede personer skal være medlemmer af ACI.

Virum, 20. februar 1992

## DBF - publikationer:

| | | |
|---|---|---|
| Nr 4:77 | "The Role of Ready mixed Concrete in constr.indust" | Kr. 15,- |
| " 6:77 | "Seminar om BRUDMEKANIK" Afh. 29.sept. 1977 | " 60,- |
| " 4:78 | "Prøvningsmetoder for beton" Møde 1.3.1978 | " 40,- |
| " 5:78 | "Beton i svømmebade"(Anders Nielsen&Sv.E.Petersen) | " 30,- |
| " 6:79 | "Betonuddannelserne i Danmark" (C de Fontenay) | " 0,- |
| " 7:79 | "Dansk Betondag 1979" | " 55,- |
| " 8:79 | "Nedbrydn.af beton & svingn.påvirkn.af bygværker" | " 35,- |
| " 9:80 | "Farø broerne" Møde 3.10.1979 | " 45,- |
| " 11:81 | "Brandpåvirkede betonkonstruktioner" Møde 21.1.81 | " 35,- |
| " 12:81 | "Tilsætningsstoffer til beton" Datablad II.udg.81 | " 30,- |
| " 14:81 | "Luftindblanding i beton" Debatmøde 26.11.1980 | " 25,- |
| " 15:82 | "Plastificering af beton" Møde 30.9.81 | " 35,- |
| " 17:83 | "Holdbare svømmebassiner" (Sv. E. Petersen) | " 45,- |
| " 18:83 | "Dansk Betondag 1983" | " 70,- |
| " 19:83 | "Proportionering af holdbar beton" | " 60,- |
| " 20:84 | "Demolering og genbrug af beton" | " 45,- |
| " 21:84 | "Dansk Betondag 1984" | " 45,- |
| " 22:85 | "Beton og frost" Nordisk Workshop okt. 1984 | " 95,- |
| " 23:85 | "Dansk Betondag 1985" | " 50,- |
| " 24:85 | "Betonelementer - Europæisk udvikl" Møde 18.10.85 | " 60,- |
| " 25:85 | "In-situ ikke-destruktiv prøvning" Møde 6.11.1985 | " 55,- |
| " 26:86 | "Dansk Betondag 1986" | " 50,- |
| " 27:86 | "Chlorider i armeret beton" Møde 11.12.86 | " 55,- |
| " 28:86 | "Luftporestruktur" Møde 22.1.86 | " 70,- |
| " 29:87 | "Dårlig beton - hvad nu?" Møde 18+25.3.87 | " 70,- |
| " 30:87 | "Store bro- og tunnelprojekter" Møde 26.11.86 | " 60,- |
| " 31:87 | "Dansk Betondag 1987" | " 55,- |
| " 32:88 | "Dansk Betondag 1988" | " 60,- |
| " 33:89 | "Dansk Betondag 1989" | " 40,- |
| " 34:89 | "Anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse" | " 30,- |
| " 35:90 | "Anvisning for efterbehandling af beton" | " 30,- |
| " 36:90 | "Dansk Betondag 1990" | " 55,- |
| " 37:91 | "Dansk Betondag 1991" | " 70,- |
| " 38:92 | "Anvisning i katodisk beskyttelse" | " 45,- |
| Uden nr. | Kontroljournaler 1988 - Blanketter m/vejledn. | " 75,- |

---

**Publikationerne kan fås ved skriftlig henvendelse til:**
**Dansk Ingeniørforening, Møderegistreringen**
**Vester Farimagsgade 29, 1780 København V**

ISSN nr. 0106-0406
ISBN nr. 87-87823-33-0
TEKNISK FORLAG A/S KØBENHAVN