

1989: 34

Dansk Betonforening



**DANSK BETONFORENINGS**

**ANVISNING FOR**

Danmarks  
18. 01. 90

**GENANVENDELSESMATERIALER**

**I BETON TIL PASSIV MILJØKLASSE**

0181570

DANMARKS TEKNISKE BIBLIOTEK

P 0 10 10 13 87

300007041377



Publikation nr. **34**

DAN

## INDHOLDSFORTEGNELSE

|   |    |
|---|----|
| 0. FORORD   | 3  |
| 1. INDLEDNING   | 4  |
| 1.1. Generelt   | 4  |
| 1.2. Gyldighedsområde   | 4  |
| 1.3. Enheder og Symboler  | 4  |
| 1.4. Definitioner   | 4  |
| 2. MATERIALER   | 5  |
| 2.1. Genanvendelsesmaterialer                                   | 5  |
| 2.1.1 Materialernes forekomst                                   | 5  |
| 2.1.2 Kvalitet af genanvendelsesmaterialer                      | 5  |
| 2.1.2a Klassifikation   | 5  |
| 2.1.2b Kontrol  | 6  |
| 2.2 Øvrige materialer   | 6  |
| 3. BEREGNING OG KONSTRUKTION                                    | 7  |
| 3.1. Materialeparametre   | 7  |
| 3.1.1 Betonstyrker  | 7  |
| 3.1.2 Betons arbejdslinie                                       | 7  |
| 3.1.3 Regningsmæssige materialeparametre                        | 7  |
| 3.2. Beregning  | 8  |
| 3.2.1 Beregningsmodeller  | 8  |
| 3.2.2 Brudgrænsetilstande                                       | 8  |
| 3.2.2.a Centralt belastede søjler og vægge                      | 8  |
| 3.2.2.b Excentrisk belastede og tværbelastede søjler og vægge   | 8  |
| 3.2.3 Anvendelsesgrænsetilstande                                | 9  |
| 3.3. Konstruktionsudformning                                    | 10 |
| 3.4. Særlige forhold  | 10 |
| 3.4.1 Udmattelsespåvirkning                                     | 10 |
| 3.4.2 Brandpåvirkning   | 10 |
| 3.4.3 Slidfasthed   | 10 |
| 4. PROPORTIONERING AF BETON MED GENANVENDELSESMATERIALER        | 11 |
| 4.1. Generelt   | 11 |
| 4.2. Trykstyrke af beton med genanvendelsesmaterialer           | 11 |
| 5. PRODUKTION AF BETON MED GENANVENDELSESMATERIALER             | 12 |
| 5.1. Generelt   | 12 |
| 5.2. Produktionsanlæg   | 12 |
| 5.3. Fremstilling   | 12 |
| 5.4. Transport  | 12 |
| 5.5. Kvalitetskontrol   | 12 |
| 5.6. Udstøbning og efterbehandling                              | 12 |
| 6. BESLUTNINGSREGEL FOR KONTROL AF BETONSTYRKER                 | 14 |
| 6.1. Beslutningsregel med ukendt variationskoefficient $\delta$ | 14 |
| 6.2. Beslutningsregel med kendt variationskoefficient $\delta$  | 14 |
| 6.3. Prøvning i forbindelse med typegodkendelse                 | 15 |
| LITTERATUR  | 16 |

## 0. FORORD

Der er i Danmark en skønnet årlig produktion på ca. 1,5 mio. tons byggeaffald. Ca. 80% af dette er tegl, sten og betonmaterialer, som vil kunne oparbejdes til et gruslignende materiale, der bl.a. kan anvendes som tilslagsmateriale i beton.

Det er udvalgets skøn, at praktiske forhold formentlig vil betyde, at ca. 50% af den tilgængelige mængde byggeaffald vil kunne tilføres oparbejdningsanlæg, idet der i forbindelse med nedrivninger, etableringer og renoveringer skal ske en kildesortering, således at skadelige materialer frasorteres.

Dansk Betonforening nedsatte i oktober 1987, efter opfordring fra det permanente normudvalg vedrørende betonkonstruktioner, et arbejdsudvalg, som fik til opgave at udarbejde en anvisning om brug af genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse.

Arbejdsudvalget fik følgende sammensætning:

Civilingeniør Erik Såbye-Hansen (formand)  
 Professor Torben C. Hansen  
 Akademiingeniør Attila Hegyközy  
 Civilingeniør Anders Henrichsen  
 Akademiingeniør, lic.techn. Bjarne Chr. Jensen  
 Fuldmægtig Lars Søborg  
 Civilingeniør, lic.techn. Niels Ørskov  
 Akademiingeniør Torsten Thorsen (sekretær)

Anvisningen er primært baseret på eksisterende, tilgængelig viden suppleret med forsøg, som er finansieret af Rådet vedr. Genanvendelse og mindre forurenende teknologi med sekretariat i Miljøstyrelsen. Det primære grundlag er angivet i denne anvisnings litteraturliste.

Det er arbejdsudvalgets og Dansk Betonforenings håb, at denne anvisning kan medvirke til en større grad af nyttiggørelse af byggeaffald.

Oktober 1989.

DANSK BETONFORENING

Publikationen er udgivet af:

Dansk Betonforening  
 c/o Dansk Ingeniørforening  
 Vester Farimagsgade 29  
 1606 København V  
 Tlf.: 33 15 65 65  
 Fax : 33 93 71 71

ISSN 0106-0406  
 ISBN 87-87823-21-7

## 1. INDLEDNING

### 1.1 Generelt

Denne anvisning indeholder en række bestemmelser, der har til formål at sikre en forsvarlig genanvendelse af byggeaffald som tilslagsmateriale i beton, der skal anvendes til passiv miljøklasse.

Anvisningen er knyttet til Dansk Ingeniørforenings norm for Betonkonstruktioner DS 411 og skal anvendes sammen med denne og de dertil knyttede standarder.

### 1.2 Gyldighedsområde

Anvisningen vedrører beton i passiv miljøklasse, som i stenfraktionen indeholder genanvendte materialer, hvis hovedbestanddele er beton, murværk eller tegl.

De nedknuste materialer klassificeres i to klasser, GP1 og GP2.

Klasse GP1-materiale kan anvendes til armeret såvel som uarmeret beton med karakteristiske betontrykstyrker til og med  $40 \text{ MN/m}^2$ .

Klasse GP2-materiale kan anvendes til armeret såvel som uarmeret beton med karakteristiske betontrykstyrker til og med  $20 \text{ MN/m}^2$ .

Erfaringerne med brug af genanvendelsesmaterialer i beton til konstruktionsbrug er endnu ikke store. Det kan derfor ikke uden yderligere dokumentation anbefales, at genanvendelsesmaterialer anvendes til konstruktioner i høj sikkerhedsklasse.

Opmærksomheden henledes på, at beton med genanvendelsesmaterialer kan have andre egenskaber end beton med traditionelle tilslagsmaterialer på områder, der ligger uden for DS 411, Betonnormens område.

I passiv miljøklasse kan holdbarheden for beton med genanvendelsesmaterialer udført i henhold til denne anvisning forventes at være som for beton med traditionelle tilslagsmaterialer.

### 1.3 Enheder og symboler

I anvisningen anvendes samme enheder og symboler som i DS 411, Betonnormen.

### 1.4 Definitioner.

I anvisningen benyttes samme definitioner som i DS 411, Betonnormen, samt følgende definition:

Et genanvendelsesmateriale er et oparbejdet, fraktioneret materiale fra et nedrevet, nyopført eller renoveret bygværk, og mindst 95% af materialet skal være beton, murværk eller tegl.

## 2. MATERIALER

### 2.1 Genanvendelsesmaterialer

#### 2.1.1 Materialernes forekomst

Materialer, der kan genanvendes som tilslagsmateriale til beton vil typisk stamme fra bygværker, der er under nedrivning, renovering eller nyopførelse.

Der kan være tale om materialer af vidt forskellig karakter som f.eks. beton, tegl, glas, metaller, træ, tjære/bitumen, natursten mv. Materialerne vil forekomme i varierende sammensætninger, afhængigt af, om der er tale om boligbyggeri, erhvervsbyggeri, beton eller murstensbyggeri, i hvilken tidsperiode byggeriet er etableret, og endelig vil det være afgørende, hvilken nedrivningsmetode, der er anvendt.

Den overvejende del af byggeaffaldet består af naturlige materialer og forbindelser. Imidlertid kan der være tilsat forskellige kemiske og mineralske stoffer for at forbedre det oprindelige produkts tekniske egenskaber og holdbarhed eller af æstetiske årsager.

Det skal understreges, at det ved genanvendelse af byggeaffald skal sikres, at der tages hensyn til "skadelige" stoffer i henseende til såvel anvendelsestekniske som miljømæssige forhold.

#### 2.1.2 Kvalitet af genanvendelsesmaterialer

##### 2.1.2a Klassifikation

Tabel 2.2.1 Klassifikation af genanvendelsesmaterialer.

| Egenskab/<br>prøveudfald   | Klasse GP1<br>Sten       | Klasse GP2<br>Sten       | Prøvnings-<br>metode |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Chloridindhold   | (1)                      | (1)                      | DS 423.19            |
| Densitet (VOT)*  | > 2200 kg/m <sup>3</sup> | > 1800 kg/m <sup>3</sup> | DS 405.2             |
| Lette korn under<br>2200 kg/m <sup>3</sup> (VOT)*                                  | Max. 10%                 | Ingen krav               | DS 405.4             |
| Lette korn under<br>1800 kg/m <sup>3</sup> (VOT)*                                  | Max. 1%                  | Max. 5%                  | DS 405.4             |
| Lette korn under<br>1600 kg/m <sup>3</sup> (VOT)*                                  | Max. 0.5%                | Max. 2%                  | DS 405.4             |
| Det samlede mate-<br>riales absorption   | (1)                      | (1)                      | DS 405.2             |
| Kørnkurve  | (1)                      | (1)                      | DS 405.9             |
| (1) Der er ingen kravgrænser til disse egenskaber, men bestemmelse skal foretages. |                          |                          |                      |
| (VOT)* Vandmættet overfladetør tilstand  |                          |                          |                      |

Såfremt der ikke foreligger præcis kendskab til materialernes tørdensitet og densitet i VOT-tilstand kan uden nærmere dokumentation anvendes:

| <u>Tørdensitet <math>\rho_t</math> (kg/m<sup>3</sup>)</u> | <u>Densitet <math>\rho_{VOT}</math> (kg/m<sup>3</sup>)</u> |
|---|--|
| 2100  | 2200   |
| 1500  | 1800   |
| 1200  | 1600   |

Ovennævnte omsætning er baseret på afrundede størrelser og en antagelse om en tilsyneladende densitet på 2200 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.1.2b Kontrol

Prøverne skal udtages som angivet i DS 405.0.  
Kravene skal opfyldes ved hver prøvning.

Materialer skal kontrolleres ved prøvning, som er udført af et af Statens Tekniske Prøvenævn anerkendt laboratorium eller under overvågning af en anerkendt instans. Kontrollen udføres efter en af følgende metoder:

1. Kontrolafsnit kontrolleret inden leverance med mindst 1 prøvning pr. 1.000 tons, dog mindst 3 prøvninger pr. kontrolafsnit.
2. Løbende kontrol med prøvningshyppighed afhængig af gennemsnittet,  $m$ , af de sidste tre prøvningsresultater efter følgende regler:

90%  $\cong m > 60\%$  af kravværdierne for lette korn => 1 prøvn. pr. 500 tons  
 60%  $\cong m > 30\%$  af kravværdierne for lette korn => 1 prøvn. pr. 1.500 tons  
 30%  $\cong m > 0\%$  af kravværdierne for lette korn => 1 prøvn. pr. 3.000 tons

### 2.2 Øvrige materialer

Sandmaterialet må ikke være genanvendelsesmateriale; og der stilles ingen særlige krav til øvrige materialer, ud over de krav, der er angivet i DS 411, Betonnormen.

### 3. BEREGNING OG KONSTRUKTION

Hvor der i dette kapitel foretages specifikke henvisninger til DS 411 Norm for betonkonstruktioner, gælder henvisningerne 3. udgave marts 1984.

#### 3.1 Materialeparametre

Hvor intet andet er angivet her, bestemmes materialeparametre i henhold til bestemmelserne i DS 411, Betonnormen.

##### 3.1.1 Betonstyrker

Betonstyrker bestemmes i overensstemmelse med DS 411, Betonnormen. Specielt peges på, at der kan regnes med den sædvanlige sammenhæng mellem tryk- og trækstyrker.

##### 3.1.2. Betons arbejdslinie

Arbejdslinien bestemmes i overensstemmelse med DS 411, Betonnormen. Hvis arbejdslinien ikke bestemmes ved forsøg, bestemmes den karakteristiske værdi af arbejdsliniens tangenthældning i begyndelsespunktet ( $E_{0k}$ ) som funktion af betonens karakteristiske trykstyrke ( $f_{ck}$ ) afhængig af tilslagsstype ved hjælp af:

$$E_{0k} \cong \begin{cases} 40800 \frac{f_{ck}}{f_{ck} + 13} & \text{for GP1 tilslag} & (3.1.a) \\ 25500 \frac{f_{ck}}{f_{ck} + 13} & \text{for GP2 tilslag} & (3.1.b) \end{cases}$$

hvor  $f_{ck}$  og  $E_{0k}$  regnes i  $\text{MN/m}^2$  jfr. også tabel 3.1.1.

Tabel 3.1.1. Betonens begyndelseselasticitetsmodul  $E_{0k}$  ( $\text{MN/m}^2$ )

| $f_{ck}$ ( $\text{MN/m}^2$ ) |             | 5  | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $10^{-3} \cdot E_{0k}$       | GP1 tilslag | 11 | 18 | 22 | 25 | 27 | 28 | 30 | 41 |
|                              | GP2 tilslag | 7  | 11 | 14 | 15 |    |    |    |    |

Tabellen svarer til tabel 3.2.4 i DS 411, Betonnormen.

Ovenstående  $E_{0k}$ -værdier for beton med genanvendelsesmaterialer svarer til henholdsvis 80% og 50% af  $E_{0k}$  for beton med traditionelt forekommende tilslagsmaterialer.

##### 3.1.3. Regningsmæssige materialeparametre

Der kan anvendes de sædvanlige partialkoefficienter for beton og armering som anført i DS 411, Betonnormen.

### 3.2 Beregning

#### 3.2.1. Beregningsmodeller

Der kan anvendes de sædvanlige anerkendte beregningsmodeller og beregningsmetoder. Undersøgelser viser, at hærnet beton, som fremstilles med genanvendelsesmaterialer opfører sig mindst lige så plastisk som beton med traditionelle tilslag. Det betyder, at den udstrakte anvendelse af plasticitetsteorien, der normalt finder sted, også kan anvendes ved beton med genanvendelsesmaterialer, hvis man fortsat gør brug af de sædvanlige anerkendte tilnærmelser og begrænsninger.

#### 3.2.2. Brudgrænsetilstande

Beregninger udføres som angivet i DS 411, Betonnormen, med mindre andet er anført her.

Ved undersøgelse af instabilitet af søjler og vægge anvendes - som i DS 411, Betonnormen - en reduceret værdi for tangenthældningen  $E_{0cr}$  i begyndelsespunktet af betonens arbejdslinier. Værdien bestemmes af:

$$E_{0cr} \cong \begin{cases} 1000 \cdot f_{cd} \\ 0.75 \cdot E_{0d} \end{cases} \quad (3.2)$$

hvor  $E_{0d} = \frac{E_{0k}}{\gamma_c}$  beregnes af formel (3.1.a) eller (3.1.b).

##### 3.2.2.a Centralt belastede søjler og vægge

Beregningerne følger metoden i DS 411, Betonnormens afsnit 6.2.5.1, men med de elasticitetsmoduler, der er gældende for beton med genanvendelsesmaterialer, se tabel 3.2.1.

Tabel 3.2.1 Faktor ( $f_{cd}/\pi^2 \cdot E_{0cr}$ ) i formel (V.6.2.5.1.a) og forholdet  $\alpha$  i formel (V.6.2.5.1.b) i DS 411.

| $f_{ck}$ (MN/m <sup>2</sup> ) |   | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  |
|-------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| GP1 tilslag                   | $10^4 \cdot f_{cd}/\pi^2 \cdot E_{0cr}$ | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.8 |
|                               | $\alpha$                                | 34  | 26  | 21  | 17  | 15  | 13  |
| GP2 tilslag                   | $10^4 \cdot f_{cd}/\pi^2 \cdot E_{0cr}$ | 1.5 | 1.7 |     |     |     |     |
|                               | $\alpha$                                | 34  | 26  |     |     |     |     |

Tabellen svarer til tabel V.6.2.5.1 i DS 411, Betonnormen.

##### 3.2.2.b Excentrisk belastede og tværbelastede søjler og vægge

Metode I og metode II i DS 411 betonnormens afsnit 6.2.5.2 kan anvendes. For metode I skal anvendes de elasticitetsmoduler, der er gældende for beton med genanvendelsesmaterialer, se tabel 3.2.2.



Tabel 3.2.2 Koefficienten  $k$  i formel (V.6.2.5.2.c) i DS 411.

| $f_{ck}$ (MN/m <sup>2</sup> ) | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| $k$ for GP1 tilslag           | 0.40 | 0.37 | 0.30 | 0.24 | 0.17 | 0.11 |
| $k$ for GP2 tilslag           | 0.21 | 0.11 |      |      |      |      |

Tabellen svarer til tabel V.6.2.5.2 i DS 411, Betonnormen.

### 3.2.3 Anvendelsesgrænsetilstande

Beregninger af deformationer udføres som angivet i DS 411, Betonnormen, idet der tages hensyn til den reducerede elasticitetsmodul for beton med genanvendelsesmaterialer.

For beregning af deformationer hidrørende fra korttidspåvirkninger kan betonens elasticitetsmodul med tilstrækkelig nøjagtighed sættes til 70% af den karakteristiske værdi af begyndelseselasticitetsmodulen.

Ved beregning af deformationer hidrørende fra langtidspåvirkninger kan anvendes samme reduktion af den for korttidspåvirkning benyttede værdi af betonens elasticitetsmodul. Denne reduktion svarer til, at krybetallet for beton med genanvendelsesmaterialer antages at være lig med krybetallet for beton med traditionelle tilslag.

Vejledende værdier for forholdet  $\alpha$  mellem armeringens og betonens elasticitetsmoduler er givet i tabel 3.2.3.

Tabel 3.2.3 Værdier af  $\alpha$  ved spændings- og deformationsberegninger.

| $f_{ck}$ (MN/m <sup>2</sup> ) |                                 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|-------------------------------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| GP1 Tilslag                   | $\alpha$ for korttidspåvirkning | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | 9  |
|                               | $\alpha$ for langtidspåvirkning | 52 | 46 | 43 | 40 | 38 | 37 |
| GP2 Tilslag                   | $\alpha$ for korttidspåvirkning | 21 | 18 |    |    |    |    |
|                               | $\alpha$ for langtidspåvirkning | 84 | 74 |    |    |    |    |

Tabellen svarer til tabel V.6.3 i DS 411, Betonnormen.

Beregnete maximale revnevidder findes som angivet i DS 411, Betonnormen, idet forannævnte elasticitetsmoduler anvendes ved spændingsbestemmelse.

### 3.3 Konstruktionsudformning

De sædvanlige regler for konstruktionsudformning i DS 411, Betonnormen, kan anvendes.

### 3.4 Særlige forhold

#### 3.4.1 Udmattelsespåvirkning.

DS 411, Betonnormen, gælder ikke for konstruktioner, der udsættes for vekslende laster af en sådan størrelse og hyppighed, at der er fare for udmattelse. Der er i DS 411, Betonnormen, givet retningslinier (i afsnit 9.1), som gør det muligt at vurdere, om en betonkonstruktion i denne henseende falder inden for normens område.

Da det ikke har været muligt i litteraturen at finde beskrivelser af forsøg om dette emne, må det anbefales ikke at gå for tæt på de gyldighedsgrænser, der er anført i DS 411, Betonnormen.

#### 3.4.2 Brandpåvirkning.

Der er i litteraturen ikke fundet beskrivelser af forsøg, der belyser dette emne for beton med genanvendelsesmaterialer. Det anses imidlertid for acceptabelt at anvende de sædvanlige regler for betonkonstruktioners opførsel ved brandpåvirkning.

#### 3.4.3 Slidfasthed.

Det må forventes, at beton med genanvendelsesmaterialer er mindre slidfast end beton med traditionelle tilslagsmaterialer. Genanvendelsesmaterialer bør derfor kun anvendes i belægninger, når deres egnethed er afprøvet.

Vedrørende egentlig vejbygning henvises til publikationerne fra Vejdirektoratet, Statens Vejlaboratorium.

## 4. PROPORTIONERING AF BETON MED GENANVENDELSESMATERIALER

### 4.1 Generelt

Det er udvalgets opfattelse, at proportionering af en beton med genanvendelsesmaterialer kan gennemføres efter samme retningslinier som en traditionel betonproportionering.

For at sikre, at den udførte proportionering resulterer i de forud fastsatte egenskaber i henseende til den friske beton samt den hærtnede betons styrke og stivhed, er det vigtigt at tilslagetets densitet, absorption og fugtindhold bestemmes præcist og jævligt.

### 4.2 Trykstyrke af beton med stentilslag af genanvendelsesmaterialer

På grundlag af et begrænset prøveantal synes det muligt at anvende følgende sammenhæng mellem beton med stentilslag af granit og den tilsvarende beton med stentilslag af genanvendelsesmaterialer:

$$f_{c, \text{genanvendelse}} = K \cdot f_{c, \text{granit}} \quad (4.2)$$

hvor

$f_{c, \text{genanvendelse}}$  = Trykstyrke af beton med tilslag af genanvendelsesmateriale.

$f_{c, \text{granit}}$  = Trykstyrke af den samme beton med stentilslag af granit.

K = Konstant, der afhænger af genanvendelsesmaterialets trykstyrke.

For de to klasser af genanvendelsesmaterialer kan faktoren K findes af tabel 4.2.1.

Tabel 4.2.1 Faktor K i formel (4.2).

| Genanvendelsesmateriale | K   |
|-------------------------|-----|
| Klasse GP1              | 0.9 |
| Klasse GP2              | 0.7 |

Enhver proportionering skal efterfølges af en forprøvning med en verifikation af materialets styrkeparametre.

## 5. PRODUKTION AF BETON MED GENANVENDELSESMATERIALER

### 5.1 Generelt

Beton med genanvendelsesmaterialer skal fremstilles efter de samme retningslinier, som er gældende for beton med traditionelle tilslagsmaterialer.

I forbindelse med fremstilling af beton vil det være hensigtsmæssigt, at tilslagsmaterialet er i meget nær vandmættet overfladetør tilstand med lille variation i materialets fri fugt. Dette er vigtigt, da det ellers kan være vanskeligt at styre efter et bestemt v/c-tal, og dermed opnå den ønskede styrke og holdbarhed.

Et for tørt tilslagsmateriale kan bevirke, at betonens bearbejdelse ikke bliver som forudsat, idet tilslaget sædvanligvis ret høje absorption vil opsuge en betydelig del af det tilsatte vand.

Et for vådt tilslagsmateriale kan bevirke bleeding og separation af betonens komponenter.

### 5.2 Produktionsanlæg

Beton med genanvendelsesmaterialer skal fremstilles på produktionsanlæg, der svarer til de produktionsanlæg, der anvendes til fremstilling af beton med traditionelle tilslagsmaterialer.

### 5.3 Fremstilling

Dosering af delmaterialer og blanding skal opfylde kravene i DS 411, Betonnormen, som udmøntet i Basisbetonbeskrivelsen med følgende tilføjelser:

- Blandetiden fastlægges på grundlag af prøveblanding.
- Alle delmaterialer skal kontrolleres jævnligt inden og under produktionen.
- Prøvehyppigheden skal være større end for beton med traditionelle tilslagsmaterialer, da der er en større kvalitetsvariation i genanvendelsesmaterialer.
- Absorption og fugtindhold bør kontrolleres hyppigt.

### 5.4 Transport

Transporten af den friske beton skal opfylde kravene i DS 411, Betonnormen, som udmøntet i Basisbetonbeskrivelsen.

Da den friske betons egenskaber kan ændre sig under transporten anbefales det, at kontrollere disse i nødvendigt omfang for derved at sikre, at den friske beton kan udstøbes konditionsmæssigt.

### 5.5 Kvalitetskontrol

Der skal udføres en kvalitetskontrol i overensstemmelse med DS 411, Betonnormen, og som udmøntet i Basisbetonbeskrivelsen.

Prøvehyppigheden anbefales at være større for beton med genanvendelsesmaterialer end for beton med traditionelle tilslagsmaterialer.

### 5.6 Udstøbning og efterbehandling.

For at sikre at den hærdnede beton opnår den styrke og holdbarhed der foreskrives, skal udstøbning og efterbehandling gennemføres efter de retningslinier, der er angivet i DS 411, Betonnormen og som udmøntet i Basisbetonbeskrivelsen.

## 6. BESLUTNINGSREGEL FOR KONTROL AF BETONSTYRKER

I den statistiske vurdering af betontrykstyrken indgår betontrykstyrkens variationskoefficient  $\delta$ .

For beton med traditionelle tilslagsmaterialer kan størrelsen af variationskoefficienten  $\delta$  vurderes udfra et stort erfaringsgrundlag. Dette er ikke tilfældet for beton med genanvendelsesmaterialer. Da der kan forekomme større variationer i genanvendelsesmaterialer end i traditionelle tilslagsmaterialer, kan det forventes, at variationskoefficienten  $\delta$  er større for beton med genanvendelsesmaterialer end for beton med traditionelle tilslagsmaterialer.

De i DS 411, Betonnormen, tabel 8.1.1a, angivne værdier for betontrykstyrkens variationskoefficient  $\delta$ , der anvendes, når der ikke foreligger anden dokumentation for variationskoefficienten  $\delta$ , er bestemt udfra erfaringer med beton med traditionelle tilslagsmaterialer.

For beton med genanvendelsesmaterialer kan det derfor være på den usikre side at anvende ovennævnte tabel 8.1.1a, når der ikke foreligger anden dokumentation for variationskoefficienten  $\delta$ .

Til kontrol af betontrykstyrken skal anvendes den i afsnit 6.1 eller 6.2 nævnte beslutningsregel afhængig af om variationskoefficienten  $\delta$  er ukendt eller kendt.

### 6.1 Beslutningsregel med ukendt variationskoefficient $\delta$

Når der ikke foreligger dokumentation for variationskoefficienten  $\delta$  skal følgende beslutningsregel anvendes:

Når der skal foretages en stikprøvekontrol, skal der inden for et kontrolafsnit udtages et antal prøver  $n$ , og ud fra disse beregnes gennemsnitsværdien  $m$  og spredningen  $s$ . Hvis  $m$  er større end kontroltallet  $k_n \cdot f_{ck}$ , kan styrken accepteres.  $k_n$  beregnes af formlen:

$$k_n = \exp(k'_n \cdot (s/m) - 0,1875) \quad (6.1)$$

jfr. tabel 6.1., der også angiver  $k'_n$  som funktion af  $n$ .

$k'_n$  er fastlagt i henhold til "Retningslinier for last og sikkerhedsbestemmelser for bærende konstruktioner, NKB-skrift nr. 55, juni 1987".

### 6.2 Beslutningsregel med kendt variationskoefficient $\delta$

Når der foreligger dokumentation for variationskoefficienten  $\delta$ , kan beslutningsreglen i DS 411, Betonnormen, anvendes som angivet nedenfor. Dokumentationen skal følge retningslinierne i DS 411, Betonnormen.

Når der skal foretages en stikprøvekontrol, udtages et antal prøver  $n$ , og ud fra dem beregnes gennemsnitsværdien  $m$ . Hvis  $m$  er større end kontroltallet  $k_n \cdot f_{ck}$ , kan styrken accepteres.  $k_n$  beregnes af formlen:

$$k_n = \exp\left(\left(\frac{1}{\sqrt{n}} + 2.28\right) \delta - 0.1875\right) \quad (6.2)$$

jfr. nedenstående tabel 6.2.

Tabel 6.1. Faktor  $k_n$  som funktion af antal prøver  $n$  og stikprøvens variationskoefficient ( $s/m$ ).

| $\frac{s}{m}$ | $n$    | 3    | 4    | 5    | 6    | 9    | 15   | 30   |
|---------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
|               | $k'_n$ | 5.60 | 4.44 | 3.94 | 3.66 | 3.25 | 2.94 | 2.70 |
| 0.06          |        | 1.16 | 1.08 | 1.05 | 1.03 | 1.01 | 0.99 | 0.98 |
| 0.08          |        | 1.30 | 1.18 | 1.14 | 1.11 | 1.08 | 1.05 | 1.03 |
| 0.10          |        | 1.45 | 1.29 | 1.23 | 1.20 | 1.15 | 1.11 | 1.09 |
| 0.12          |        | 1.62 | 1.41 | 1.33 | 1.29 | 1.22 | 1.18 | 1.15 |
| 0.14          |        | 1.82 | 1.54 | 1.44 | 1.38 | 1.31 | 1.25 | 1.21 |
| 0.15          |        | 1.92 | 1.61 | 1.50 | 1.44 | 1.35 | 1.29 | 1.24 |
| 0.16          |        | 2.03 | 1.69 | 1.56 | 1.49 | 1.39 | 1.33 | 1.28 |
| 0.18          |        | 2.27 | 1.84 | 1.68 | 1.60 | 1.49 | 1.41 | 1.35 |
| 0.20          |        | 2.54 | 2.01 | 1.82 | 1.72 | 1.59 | 1.49 | 1.42 |
| 0.22          |        | 2.84 | 2.20 | 1.97 | 1.85 | 1.69 | 1.58 | 1.50 |
| 0.26          |        | 3.56 | 2.63 | 2.31 | 2.15 | 1.93 | 1.78 | 1.67 |
| 0.30          |        | 4.45 | 3.14 | 2.70 | 2.49 | 2.20 | 2.00 | 1.86 |

Tabel 6.2. Faktor  $k_n$  som funktion af antal prøver  $n$  og kendt variationskoefficient  $\delta$ .

| $\delta$ | $n$ | 3    | 4    | 5    | 6    | 9    | 15   | 30   |
|----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.06     |     | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.96 |
| 0.08     |     | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.01 |
| 0.10     |     | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.06 |
| 0.12     |     | 1.17 | 1.16 | 1.15 | 1.14 | 1.13 | 1.12 | 1.11 |
| 0.14     |     | 1.24 | 1.22 | 1.21 | 1.21 | 1.20 | 1.18 | 1.17 |
| 0.15     |     | 1.27 | 1.26 | 1.25 | 1.24 | 1.23 | 1.21 | 1.20 |
| 0.16     |     | 1.31 | 1.29 | 1.28 | 1.27 | 1.26 | 1.24 | 1.23 |
| 0.18     |     | 1.39 | 1.37 | 1.35 | 1.34 | 1.33 | 1.31 | 1.29 |
| 0.20     |     | 1.47 | 1.45 | 1.43 | 1.42 | 1.40 | 1.38 | 1.36 |
| 0.22     |     | 1.55 | 1.53 | 1.51 | 1.50 | 1.47 | 1.45 | 1.43 |
| 0.26     |     | 1.74 | 1.71 | 1.68 | 1.67 | 1.64 | 1.60 | 1.57 |
| 0.30     |     | 1.95 | 1.91 | 1.88 | 1.86 | 1.82 | 1.78 | 1.74 |

### 6.3 Prøvning i forbindelse med typegodkendelse

Der er ikke i denne anvisning taget stilling til regler for typegodkendelse af beton med tilslag af genanvendelsesmaterialer.

## LITTERATUR

- /1/ Hansen, T.C.: "Recycled Aggregates and Recycled Aggregate Concrete - Second State-of-the-Art Report. Materials and Structures (RILEM), Vol.19, No. 111. May-June 1986.
- /2/ Proposed Standard for the Use of Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete and Commentary (Japansk Normforslag). Building Contractors Society, 1977 May. 1983 June (English Translation).
- /3/ CUR-rapport 125 Betonpuinggranulaat en metselwerkpuinggranulaat als toeslagmateriaal voor beton.
  - Aard en Hoeveelheden van bouw - en sloopofval
  - Crushed Concrete Rubble and Masonry Rubble as Aggregate for Concrete. Summary and Conclusion.
- /4/ Ch.F. Hendriks & R.R. Schulz: Recycled Masonry Rubble as an Aggregate for Concrete State-of-the-Art Report. RILEM-TC-37 DRC. Febr. 1986.
- /5/ Miljøstyrelsen: Styrkeegenskaber for beton med genanvendelsesmaterialer v. Dansk Beton Teknik A/S, Axel Nielsen A/S Rådgivende Ingeniører og Danmarks Ingeniørakademi, Bygningsafdelingen, sekt. Fysik & Materialer. Maj 1989.

\* \* \* \* \*

Denne samt de over-  
for nævnte publika-  
tioner kan fås ved  
skriftlig henvendelse  
til:

Dansk Ingeniørforening  
Møderegistreringen  
Vester Farimagsgade 29  
1606 København V

Da vore publikationer sælges  
til kostpris, er prisen for  
denne endnu ikke fastlagt.

### DBF-publ.

|  |          |
|--|----------|
| Nr. 4:77 "The Role of Ready mixed Concrete in constr.indust" | Kr. 15,- |
| " 6:77 "Seminar om BRUDMEKANIK" Afh. 29.sept. 1977           | " 60,-   |
| " 2:78 "Flydebeton" af B. Hysten og H.H. Bache               | " 20,-   |
| " 3:78 "Dansk Betondag 1978"                                 | " 20,-   |
| " 4:78 "Prøvningsmetoder for beton" Møde 1.3.78              | " 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,-   |
| Uden nr. Kontroljournaler 1988 - Blanketter m/vejledn.       | " 75,-   |





**TILLÆG TIL DBF's**  
**ANVISNING NR. 34 FOR**  
**GENANVENDELSESMATERIALER I**  
**BETON TIL PASSIV MILJØKLASSE**

**1995**



## 0. FORORD

Dansk Betonforening nedsatte i marts 1993 et arbejdsudvalg, som fik til opgave at vurdere behovet for en revision af Dansk Betonforenings anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse, publikation nr. 34 af oktober 1989.

Arbejdsudvalget fik følgende sammensætning:

Akademiingeniør Marlene Haugaard (formand)  
Civilingeniør Erik Bitsch Olsen  
Civilingeniør Erik Saabye Hansen  
Byggetekniker Erik Vestergaard  
Civilingeniør Erik Stoklund Larsen  
Fuldmægtig Lars Søborg  
Professor Torben C. Hansen  
Ingeniør Thomas Jørgensen  
Akademiingeniør Søren Skovsende (sekretær).

Endvidere deltog en repræsentant for den svenske og for den finske betonforening.

Det er arbejdsudvalgets og Dansk Betonforenings håb, at dette tillæg til anvisning nr. 34 kan medvirke til en øget genanvendelse af knust beton og tegl samt frisk betonaffald.

Maj 1995

DANSK BETONFORENING

Dette tillæg indebærer ingen ændringer ud over lempelse af krav til prøvning af genanvendelsesmaterialer, der kun består af beton, i forhold til den nuværende publikation, men udvider publikationens gyldighedsområde.

Udvidelsen gælder:

- A. Anvendelse af genanvendelsesmaterialer i 0-4 mm fraktionen
- B. Anvendelse af vand med opslemmede bestanddele fra betonproduktion
- C. Tilladelse til anvendelse i moderat miljøklasse
- D. Lempelse af krav til prøvning af knust beton i forbindelse med klassificering.

Udvidelsen medfører følgende *tilføjelser* til anvisningens tekst:

### **Afsnit 1.1 Generelt**

Dette tillæg indeholder en række bestemmelser, der har til formål at sikre en ansvarlig genvendelse af restprodukter fra betonproduktion som tilslagsmateriale eller blandevand i beton, der skal anvendes i passiv eller moderat miljøklasse.

### **Afsnit 1.2 Gyldighedsområde**

Tillægget vedrører beton i passiv og moderat miljøklasse, som indeholder enten genanvendte materialer i form af restbeton fra betonproduktion og/eller blandevand med opslemmede bestanddele fra betonproduktion.

Nedknust restbeton fra betonproduktion (ren kilde) klassificeres uden dokumentation som GP1-materiale og kan ligesom vand, indeholdende opslemmede bestanddele fra betonproduktion, anvendes i passiv og moderat miljøklasse. Nedknust restbeton fra betonproduktion kan anvendes i fraktionen 0-32 mm.

Nedknust beton fra andre kilder klassificeres uden dokumentation som GP1-materiale. Nedknust beton kan anvendes i fraktionen 4-32 mm, dog kan fraktionen 0-4 mm anvendes, såfremt forsvarligheden heraf eftervises ved forsøg.

I passiv og moderat miljøklasse kan holdbarheden for beton med genanvendelsesmaterialer af beton eller med blandevand, indeholdende opslemmede bestanddele, udført i henhold til dette tillæg forventes at være som for beton med traditionelle tilslagsmaterialer og blandevand af kvalitet som drikkevand. Der må dog forventes en reduceret afbindingstid for beton med blandevand indeholdende opslemmede bestanddele.

### **Afsnit 1.4 Definitioner**

Nedknust restbeton fra betonproduktion (ren kilde) er fejl-, retur- og overskudsbeton fra en enkelt betonfabrik, som efter hærkning og nedknusning genanvendes på samme betonfabrik.

Nedknust beton fra andre kilder er fejl-, retur- og overskudsbeton fra andre betonfabrikker eller et oparbejdet, fraktioneret materiale fra et nedrevet, nyopført eller renoveret bygværk, og hvor mindst 95% af materialet er beton.

Blandevand med opslemmede bestanddele er vand anvendt på en enkelt betonfabrik til skylning/rengøring af blandestation med tilhørende transportudstyr og/eller til udvaskning af frisk beton. De opslemmede bestanddele består af cement- og puzzolanpartikler, finsand og rester efter normalt anvendte tilsætningsstoffer. Partikler > 0.25 mm skal være frasorteret, og tørstofindholdet må maksimalt være 14%.

## **Afsnit 2.1 Genanvendelsesmaterialer**

### **Afsnit 2.1.1 Materialernes forekomst**

Nedknust restbeton fra betonproduktion og blandevand med opslemmede bestanddele fremkommer som en naturlig følge af produktionen af beton og indeholder derfor kun materiale, der naturligt indgår i de betonprodukter, der produceres på den aktuelle betonfabrik.

Ved opsamling, opbevaring og brug af nedknust restbeton og blandevand med opslemmede bestanddele skal det sikres, at der ikke sker forurening af materialet, fx ved tilløb af overfladevand fra tørsaltede arealer, tilløb af syre fra elementfinisharbejder, eller ved at der på anden måde tilføres skadelige stoffer i henseende til såvel anvendelsestekniske som miljømæssige forhold.

Aftapningssted til blander fra beholder med blandevand med opslemmede bestanddele skal forefindes under vandspejlet. I modsat fald skal det dokumenteres, at blandevandet ikke indeholder skadelige mængder af olie eller fedt.

### **Afsnit 2.1.2 Kvalitet af genanvendelsesmaterialer**

#### **Afsnit 2.1.2a Klassifikation**

Nedknust restbeton fra betonproduktion (ren kilde) klassificeres uden nærmere dokumentation som GP1-materiale i hele 0-32 mm fraktionen.

Nedknust beton fra andre kilder klassificeres uden nærmere dokumentation som GP1-materiale i 4-32 mm fraktionen. Såfremt 0-4 mm fraktionen ønskes klassificeret som GP1-materiale, skal der gennemføres følgende forsøgsserie:

Der udføres forsøg med mindst tre prøveemner, som alle udsættes for den prøvning, hvorm normer, standarder og evt. kunder stiller krav for den tiltænkte anvendelse. Gennemsnittet af resultaterne skal mindst være 95% af gennemsnittet af resultaterne af den løbende prøvning (eller mindst tre prøver) af tilsvarende prøveemner produceret med naturligt sandmateriale. Alle enkeltværdier skal opfylde kravgrænserne.

For både nedknust restbeton fra betonproduktion (ren kilde) og nedknust beton fra andre kilder gælder, at der skal ske bestemmelse af (uden kravgrænse)

- chloridindhold (DS 423.19)
- det samlede materiales absorption (DS 405.2)
- kornkurve (DS 405.9),  
samt hvis materialet anvendes i beton til moderat miljøklasse:
- alkaliindhold (uden kravgrænse, kan beregnes ud fra oprindelige recepter).

Blandevand med opslemmede bestanddele klassificeres ikke, men der skal ske bestemmelse af

- chloridindhold (uden kravgrænse, DS 249)
- tørstofindhold (maximum 14%, bestemt ved vejning før og efter fordampning),  
samt hvis vandet anvendes i beton til moderat miljøklasse:
- alkaliindhold (uden kravgrænse, kan evt. beregnes ud fra oprindelige recepter og tørstofindhold).

Beholderen til opbevaring af blandevandet skal være således indrettet, at blandevandets indhold af tørstof hele tiden er kendt, og der skal foreligge beskrivelse af de nødvendige procedurer. Tørstofindholdet skal løbende dokumenteres.

Såfremt der anvendes nye eller særligt kemisk/fysisk aktive stoffer i recept eller proces, fx formolier, rengøringsstoffer og særlige additiver, kan blandevandet ikke umiddelbart anvendes efter denne anvisning, men der må gennemføres et forsøgsprogram.

Mængden af blandevand med opslemmede bestanddele skal dokumenteres for hver blanding.

Mængden af genanvendelsesmateriale af nedknust beton skal dokumenteres for hver blanding.

### **Afsnit 2.1.2b Kontrol**

Blandevand med opslemmede bestanddele skal kontrolleres dagligt både ved produktionsstart og ved væsentlige ændringer, fx tilførsel af større mængder rent vand eller vand med et højt indhold af opslemmede bestanddele.

Såfremt chloridindholdet i mindst fem på hinanden følgende prøver er mindre end 75% af grænseværdien, kan prøvningen reduceres til én gang pr. måned. Såfremt der foretages væsentlige skift i produktionsmetoder, tilsætningsstoffer, rengøringsmidler mv. går tilbage til daglig kontrol, indtil fem nye på hinanden følgende prøver har vist chloridindhold mindre end 75% af grænseværdien.

Bestemmelse af alkaliindhold skal dog kun ske årligt.

## **Afsnit 2.2 Øvrige materialer**

Ved anvendelse af nedknust beton fra betonproduktion og nedknust beton fra andre kilder kan op til 20% af sandmaterialet bestå af det nedknuste produkt. De resterende 80% af sandmaterialet må ikke være genanvendelsesmaterialer.

Blandevand med opslemmede bestanddele kan udgøre op til 100% af den totale mængde tilsatte vand.

## **Afsnit 3. BEREGNING OG KONSTRUKTION**

Beton, indeholdende blandevand med opslemmede bestanddele, er ikke omfattet af dette afsnit, da betonen kan beregnes og konstrueres som beton med naturlige delmaterialer i henhold til DS 411.

## **Afsnit 4. PROPORTIONERING AF BETON MED GENANVENDELSESMATERIALER**

Beton, indeholdende blandevand med opslemmede bestanddele, er ikke omfattet af dette afsnit, da betonen kan proportioneres som beton med naturlige delmaterialer i henhold til DS 411.

### **Afsnit 4.2 Trykstyrke af beton med stentilslag af genanvendelsesmaterialer**

Dette afsnit gælder også beton med op til 20% af sandtilslaget, bestående af nedknust beton fra betonproduktion, eller nedknust beton fra andre kilder.

### **Afsnit 5.1 Generelt**

Da beton, indeholdende blandevand med opslemmede bestanddele, har en kortere afbindingstid end normalt, skal kunder orienteres om dette forhold, dels i prislister eller tilsvarende, dels på betonblanketter og dels på følgeseddel.

## **LITTERATUR**

Miljøstyrelsen, arbejdsrapport nr. 16, 1990: Genbrug af frisk betonspild v. Dansk Teknologisk Institut/Byggeteknisk Institut

Miljøstyrelsen, arbejdsrapport nr. 37, 1990: Genbrug af friske betonrester ved beton fremstilling v. Dansk Teknologisk Institut/Byggeteknisk Institut, Danmarks Ingeniør-akademi/Bygningsafdelingen sekt. Fysik & Materialer, Axel Nielsen A/S Rådgivende Ingeniører og Nordsjællands Færdigbeton A/S.

Fabriksbetonkontrollens Tekniske Bestemmelser, maj 1990: Bilag 4.9.1.4-1 Anvendelse af vand fra genbrugsanlæg.

