




BETON  
HÅNDBOGEN

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


Dansk Betondag 2014  
v/ Redaktør Christian Munch-Petersen

Dansk Betonforening · Kalvebod Brygge 31-33 · DK 1780 København V · Tlf. +45 3318 4848 · [www.danskbetonforening.dk](http://www.danskbetonforening.dk)



[FORSIDE](#)
[SØG I BOGEN](#)
[BOGEN I KAPITLER](#)
[BAG OM BOGEN](#)
[NYHEDER](#)
[KONTAKT](#)

Du er her: Forside A A A





**En digital håndbog**

Betonhåndbogen er en digital håndbog på dansk – åben for alle og gratis at anvende. Betonhåndbogen fungerer både som lærebog for primært ingeniør bachelorstuderende og som opslagsbog for færdiguddannede. Alle opslag er opbygget med en lettilgængelig indledning, hvorefter der gås i dybden. For de meget videnbegærlige er der links og litteraturhenvisninger. Betonhåndbogen er i stadig udvikling og nye opslag kommer.

**Med i lommen**

Du kan tage den nye Betonhåndbog med på alle dine mobile enheder – så har du altid opslagsværket lige ved hånden.





## Særlige forhold


- Betonhåndbogen er gratis at anvende
- Lærebog for bachelorstuderende
- Opslagsbog for uddannede
- Tekst og figurer kan bruges
- Artiklerne kan let opdateres

## Betonhåndbogens indhold (1)

1. Beton – verdens vigtigste byggemateriale
2. Krav til beton
3. Delmaterialer
4. Betonsammensætning
5. Frisk beton
6. Proportionering
7. Produktion af beton
8. Transport af beton
9. Udførelse
10. Hærdnende og hærdnet beton

## Betonhåndbogens indhold (2)

11. Armering
12. Beton i bygge- og anlægsbranchen
13. Tilknyttede produkter
14. Normer, standarder og CE-mærkning
15. Sikring af kvalitet
16. Brand
17. Bygningsfysiske egenskaber
18. Betonkonstruktioners tilstand
19. Betons holdbarhed
20. Reparation af beton
21. Eksternt miljø



SØG I  
BETONHÅNDBOGEN

søg... Søg


Bogen i Kapitler

Indholdsfortegnelse	
Indholdsfortegnelse	<a href="#">📄</a> <a href="#">📄</a> <a href="#">📄</a>
3 - Delmaterialer	
5 - Frisk beton	
6 - Proportionering	
7 - Produktion af frisk beton	
8 - Transport af beton	
12 - Beton i bygge-og anlægsbranchen	

# Kommer snart!

- Arkitektur
- Chloridindtrængning
- Kalkfiller
- Betons trykstyrke
- Betons trækstyrke
- E-modul
- Krybning
- Alkalikselreaktioner
- Tilsætningsstoffer
- Historie
- Svind
- Strukturanalyse
- Grøn beton
- Krav til beton
- Betonkonstruktioners tilstand
- Betonelementer

Betonhåndbogen, 3 Delmaterialer




Mikrosilica har en meget lille partikelstørrelse, hvorfor mikrosilica under blandingen af betonen kan lægge sig imellem cemenikornene (mikrofillereffekt) og skabe øget tæthed.

Såvel betydet det, at mikrosilica kan anvendes som erstaring for en del af cementen i beton. Tidligere har man især i Norge arbejdet med at erstatte op til 15-20 % af cementen med mikrosilica, men dette kan give svært bearbejdelige betoner og medføre negative effekter, se også nedenfor under anvendelse. Normalt anvendes i dag omkring 5 % mikrosilica i almindelige betoner.

Med særlig teknologi, herunder brug af særlige cementer, høje indhold af mikrosilica og særlige tilsætningsstoffer og special tilslag – og evt. fibre – kan der fremstilles ultrahøjstyrkebetoner med styrker på langt over 100 MPa.

Mikrosilicas anvendelse i beton har været kendt siden 1950'erne. I Danmark er det anvendt siden starten af 1980'erne. I 1983 udgav Vejdirektoratet en rapport om et stort antal forsøg med beton med mikrosilica på en mindre nordjysk bro over Ryå. Den første egentlige anvendelse til brobygning er i overbygningen på Kalvebodbroen fra 1983.




Figur 2. Overbygningen på Kalvebodbroen fra Vestamager til den kunstige ø blev allerede i 1983 udført med tilsætning af mikrosilica for at opnå en mere stabil beton – især stabilisering af luftindholdet til sikring af frostbestandighed

Udgvlet af Dansk Betonforening, 27-11-2013

Side 3.5.2-2

Betonhåndbogen, 3 Delmaterialer



**3.5.2.1 Fremstilling**

Mikrosilica er et biprodukt fra produktion af grundstoffet silicium, Si eller ferrosilicium, Fe<sub>2</sub>Si, som er en blanding af silicium og jern. Ferrosilicium anvendes primært i stålproduktionen til at øge stålets styrke.

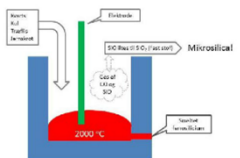
Produktionen kræver meget store mængder billig energi, og foregår derfor typisk ved et vandkraftværk, der ligger langt fra store bysamfund. Til fremstilling af 1 ton ferrosilicium anvendes ca. 13.000 kWh. For hvert ton ferrosilicium produceres desuden 400-600 kg mikrosilica som biprodukt.

Ferrosilicium fremstilles af jernskrot (jernkilde) og kvarts (siliciumkilde). En blanding af jernskrot, kvarts, kul og træ (kulskilde) opvarmes til ca. 2.000°C med en elektrisk lysbue, hvorved kvartsen spaltes i silicium og ilt. Silicium går i forbindelse med jernet, og iltten med kullet.

Processen er i princippet således:

$$\text{SiO}_2 + 2\text{C} + x\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}_x\text{Si} + 2\text{CO}$$

På grund af den høje temperatur dannes der desuden en gas af siliciummonooxid – svarende til kulmonooxid (kullgas) – der ved opstigning i skorstenen brænder med luftens ilt og danner siliciumdioxid, SiO<sub>2</sub>, der er et fast stof. Dette siliciumdioxid udskilles i røggassen som små, amorf (glasagtige) kugler – mikrosilica.



Figur 3. Principvæsent til lysbueovn til fremstilling af ferrosilicium. Mikrosilica dannes ved ilting af røggassen, der sidder op fra det smeltede ferrosilicium

Disse små partikler skal af miljehensyn opsamles. Tidligere blev det opsamlede deponeret som affald, men sælges nu til betonproduktion og andre anvendelser.

Udgvlet af Dansk Betonforening, 27-11-2013

Side 3.5.2-3

Vægten af beholderen eller transportbåndet tareres væk, og vægten af det doserede delmateriale kan derefter aflæses direkte.



Figur 9. Vejecelle i betonproduktionsanlæg. Vejebeholderen hænger i en kæde under vejecellen. Ledningen sender signal til processtyringen.

Volumen af cementpasta plus luft beregnes som

$$V_{c+v+fa+ms+luft} = 1 - V_{tilslag} = 1 - 0,712 = 0,288m^3$$

Luftindholdet er  $15 \text{ l/m}^3$ , og tilsætningsstofferne skønnes at udgøre  $0,5 \text{ l/m}^3$

Volumen af vand, cement og flyveaske udgør:

$$V_v + V_c + V_{fa} = 1 - V_{tilslag} - V_{luft} + V_{add} = 1 - 0,7120 - 0,0150 - 0,0005 = 0,2725m^3$$

$$V_v + V_c + V_{fa} = \frac{m_v}{\rho_v} + \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{fa}}{\rho_{fa}} \quad \text{og} \quad m_{fa} = x_{fa} \cdot m_c$$

$$0,2725 = \frac{m_v}{1000} + \frac{m_c}{3160} + \frac{\frac{2}{3} \cdot m_c}{2300}$$

(ligning I)

For v/c forholdet gælder:

$$\left(\frac{v}{c}\right)_{\text{ækv}} = \frac{m_v}{m_c + k_{fa} \cdot m_{fa}} \quad \text{og} \quad x_{fa} = \frac{m_{fa}}{m_c}$$

Betonhåndbogen, 12 Beton i bygge- og anlægsbranchen



Figur 6. Placering af armering

## Interessenter

- Dansk Betonforening = ejer
- Forfatterne
- Redaktøren
- Redaktionsudvalget = fagligt ansvar

## Skriveprocessen

- A. Et emne identificeres
- B. En forfatter udpeges
- C. Forfatteren skriver
- D. Redaktøren tilretter
- E. Forfatteren tilretter
- F. Redaktionsudvalget evaluerer
- G. Artiklen opsættes
- H. Artiklen lægges på nettet