



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Vurdering af sikkerhedsniveau for betonelementer**

Sørensen, John Dalsgaard

*Publication date:*  
2006

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Sørensen, J. D. (2006). *Vurdering af sikkerhedsniveau for betonelementer*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 14

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Vurdering af sikkerhedsniveau for betonelementer

John Dalsgaard Sørensen

Aalborg University  
Department of Civil Engineering  
Division of Structural Mechanics

**DCE Technical Report No. 14**

# **Vurdering af sikkerhedsniveau for betonelementer**

by

John Dalsgaard Sørensen

December 2006

© Aalborg University

---

## Scientific Publications at the Department of Civil Engineering

**Technical Reports** are published for timely dissemination of research results and scientific work carried out at the Department of Civil Engineering (DCE) at Aalborg University. This medium allows publication of more detailed explanations and results than typically allowed in scientific journals.

**Technical Memoranda** are produced to enable the preliminary dissemination of scientific work by the personnel of the DCE where such release is deemed to be appropriate. Documents of this kind may be incomplete or temporary versions of papers—or part of continuing work. This should be kept in mind when references are given to publications of this kind.

**Contract Reports** are produced to report scientific work carried out under contract. Publications of this kind contain confidential matter and are reserved for the sponsors and the DCE. Therefore, Contract Reports are generally not available for public circulation.

**Lecture Notes** contain material produced by the lecturers at the DCE for educational purposes. This may be scientific notes, lecture books, example problems or manuals for laboratory work, or computer programs developed at the DCE.

**Theses** are monographs or collections of papers published to report the scientific work carried out at the DCE to obtain a degree as either PhD or Doctor of Technology. The thesis is publicly available after the defence of the degree.

**Latest News** is published to enable rapid communication of information about scientific work carried out at the DCE. This includes the status of research projects, developments in the laboratories, information about collaborative work and recent research results.

Published 2007 by  
Aalborg University  
Department of Civil Engineering  
Sohngaardsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Denmark

Printed in Denmark at Aalborg University

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 14

## Vurdering af sikkerhedsniveau for betonelementer

29. november 2006

John Dalgaard Sørensen  
 Professor, PhD  
 Institut for Byggeri og Anlæg, Aalborg Universitet

I dette notat vurderes muligheden for at anvende partialkoefficienterne i tillægget til kapitel 5 til DS411 (2006) sammen med DS409:1998, DS410:1998 og DS 411:1998 (1998 normerne). Da det i henhold til bl.a. DS409 ikke umiddelbart er tilladt at blande partialkoefficienter (og andre regler) i forskellige normsystemer, undersøges i dette notat specifikke tilfælde, hvor mindst samme sikkerhedsniveau opnås ved ovennævnte kombination af partialkoefficienter og normsystemer. Der skal især tages hensyn til at partialkoefficienterne indgår i en større sammenhæng, hvor øvrige krav kan være forskellige, f.eks. anvendelseskrav (deformationer og svingninger), robusthedskrav, konstruktive krav og krav til materialer. Den i det følgende beskrevne sikkerhedsvurdering dækker kun udvalgte dimensioneringstilfælde – således betragtes kun lastkombination 2.1, 2.2 og 2.3 i 1998 normerne og de tilsvarende lastkombinationer 2.A og 2.B i 2006 normerne.

### Partialkoefficienter, lastkombinationsfaktorer og karakteristiske værdier

#### Last partialkoefficienter

Der anvendes følgende partialkoefficienter for laster:

1998	LK2.1	LK2.2	LK2.3
Permanent			
Ugunstig	1.0		1.15
Gunstig	1.0	0.8	0.9
Variabel			
Nytte	1.3	1.3	1.0
Natur	1.5	1.5	1.0

2006	LK2.A	LK2.B
Permanent		
Ugunstig	1.0	1.2
Gunstig	0.9	1,0
Variabel		
Nytte	1.5	-
Natur	1.5	-

#### Karakteristiske Nyttelaster (kN/m<sup>2</sup>) og lastkombinationsfaktorer

Følgende karakteristiske fladelaster benyttes:

Last	Fladelast		Lastkombinationsfaktor	
	1998 (kN/m <sup>2</sup> )	2006 (kN/m <sup>2</sup> )	1998	2006 ( $\psi_0$ )
A Bolig	2,0	1,5	0,5	0,5
B Kontor	3,0	2,5	0,5	0,6
C1 Samling	3,0	2,5	1,0	0,6
C2 Samling	4,0	4,0	1,0	0,6
C3 Samling	5,0	5,0	1,0	0,6
D1 Butik	3,0	4,0	1,0	0,6
D2 Butik	5,0	5,0	1,0	0,6
E Erhverv	6,0	7,5	1,0	0,8

**Etagereduktionsfaktor**

Ved fleretagers bygninger er der i 2006 normere indført en ny model til bestemmelse af etagereduktionsfaktoren.

I DS409:2006 er etagereduktionsfaktoren: 
$$\alpha_n = \frac{1 + (n-1)\psi_0}{n}$$

hvor  $n$  er antal etager med samme kategori nyttelast og  $\psi_0$  er lastkombinationsfaktoren

I DS409:1998 kan etagereduktionsfaktoren skrives: 
$$\alpha_n = (1.3 + (n-1)\psi) / 1.3 / n$$

hvor  $n$  er antal etager og  $\psi$  er lastkombinationsfaktoren

**Karakteristiske variable naturlaster**

Uændret i forhold til DS410:1998.

**Stokastiske modeller:**

For laster benyttes følgende stokastiske modeller, der også er benyttet ved fastsættelsen af de nye 2006 partialkoefficienter, se baggrundsdokument fra 25. november 2005:

Permanent last: Normal fordelt med variationskoefficient = 10%

Variabel last: Gumbel fordelt med variationskoefficient = 40%

Middelværdier bestemmes ligeledes ud fra de nye 2006 karakteristiske værdier.

**Styrkeegenskaber: partialkoefficienter**

Der antages:

- Normal sikkerhedsklasse
- Normal kontrol

Der anvendes følgende partialkoefficienter:

Betonelementer Beregning	1998	2006
Beton trykstyrke armeret	1,65	1,40
Beton trykstyrke uarmeret	2,5	1,55
Beton trækstyrke uarmeret		1,60
Armering	1,3	1,20

**Stokastiske modeller:**

For styrker benyttes følgende stokastiske modeller, der også er benyttet ved fastsættelsen af de nye 2006 partialkoefficienter, se baggrundsdokument 25. november 2005

Beton trykstyrke armeret: LogNormal fordelt med variationskoefficient = 16+10%

Beton trykstyrke uarmeret: LogNormal fordelt med variationskoefficient = 14+10%

Beton trækstyrke uarmeret: LogNormal fordelt med variationskoefficient = 15+10%

Armering: LogNormal fordelt med variationskoefficient = 7+ 5%

NB: første tal knytter sig til styrkeparameteren og andet tal til beregningsmodellen.

**Modeller:**

Følgende modeller sammenlignes:

Model 1: 1998

DS409:1998 & DS410:1998 & DS411:1998

Model 2: 2006

DS409:2006 & DS410:1998+tillæg 1:2006 & DS411:1998+kap5tillæg:2006

Model 3: 1998+2006

DS409:1998 & DS410:1998 & DS411:1998+kap5tillæg:2006

**Bestemmelse af sikkerhedsniveau – sikkerhedsindeks****Ugunstig permanent last**

Til bestemmelse af sikkerhedsniveauet benyttes følgende repræsentative svigtfunktion:

$$g = zRX_R - ((1 - \alpha)G_U + \alpha Q)$$

hvor

$z$	designvariabel der bestemmes af nedenstående designligning (repræsenterer f.eks. modstandsmoment eller tværsnitsareal)
$R$	styrkeparameter, f.eks. flydestyrke
$X_R$	modelusikkerhed, relateret til beregningsmodel
$G_U$	permanent last (ugunstig)
$Q$	variabel last
$\alpha$	parameter, der angiver hvor meget af den resulterende lasteffekt, der kommer fra variabel og permanent last – i beregningerne er $0.1 \leq \alpha \leq 0.6$

Svarende til ovenstående svigtfunktion anvendes følgende designligning:

$$G = z \frac{R_k}{\gamma_M} - ((1 - \alpha)\gamma_G G_{U,k} + \alpha\gamma_Q Q_k) = 0$$

Hvor indeks  $k$  angiver karakteristisk værdi og  $\gamma$  erne er partialkoefficienter.

Efter DS409:1998 er LK 2.1 og 2.3 dimensionsgivende

Efter DS409:2006 er LK 2.A med  $\gamma_G = 1.0$  og LK2.B dimensionsgivende

Sikkerhedsindekset bestemmes ved først at beregne designvariablen  $z$  af designligningen, og dernæst beregnes sikkerhedsindekset vha. svigtfunktionen.

**Gunstig permanent last**

Denne situation er f.eks. relevant ved dimensionering af forankring ved løft / væltning. Til bestemmelse af sikkerhedsniveauet benyttes følgende repræsentative svigtfunktion:

$$g = zRX_R + G_G - Q$$

hvor

$z$	designvariabel der bestemmes af nedenstående designligning (repræsenterer f.eks. modstandsmoment eller tværsnitsareal)
$R$	styrkeparameter, f.eks. flydestyrke
$X_R$	modelusikkerhed, relateret til beregningsmodel
$G_G$	permanent last (gunstig)
$Q$	variabel last

Svarende til ovenstående svigtfunktion anvendes følgende designligning:

$$G = z \frac{R_k}{\gamma_M} + \gamma_G G_{G,k} - \gamma_Q Q_k = 0$$

Hvor indeks  $k$  angiver karakteristisk værdi og  $\gamma$  er partialkoefficienter.

Efter DS409:1998 er LK 2.2 dimensionsgivende

Efter DS409:2006 er LK 2.A med  $\gamma_G = 0.9$  dimensionsgivende

Sikkerhedsindekset bestemmes ved først at beregne designvariablen  $z$  af designligningen, og dernæst beregnes sikkerhedsindekset vha. svigtfunktionen.



## Sikkerhedsniveau udtrykt ved sikkerhedsindeks $\beta$

Sikkerhedsniveauet vurderes i dette afsnit.

### Ugunstig permanent last

Først betragtes en bygning med 1 etage, og dernæst fleretages bygninger.

#### Antal etager = 1

De følgende tabeller giver sikkerhedsniveauet (sikkerhedsindeks med referenceperiode = 1 år) for antal etager = 1 dels for bæreevner, hvor betons trykstyrke er afgørende og dels for bæreevner, hvor armeringens styrke er afgørende.

Beton trykstyrke afgørende:

	1998	2006	1998+2006
Natur	4,9	4,3	4,3
A Bolig	5,2	4,3	4,6
B Kontor	5,0	4,3	4,4
C1 Samling	5,0	4,3	4,4
C2 Samling	4,7	4,3	4,1
C3 Samling	4,7	4,3	4,1
D1 Butik	4,2	4,3	3,6
D2 Butik	4,7	4,3	4,1
E Erhverv	4,3	4,3	3,7

Armeringens styrke afgørende:

	1998	2006	1998+2006
Natur	4,5	4,1	4,1
A Bolig	4,9	4,1	4,5
B Kontor	4,7	4,1	4,3
C1 Samling	4,7	4,1	4,3
C2 Samling	4,2	4,1	3,8
C3 Samling	4,2	4,1	3,8
D1 Butik	3,6	4,1	3,2
D2 Butik	4,2	4,1	3,8
E Erhverv	3,7	4,1	3,3

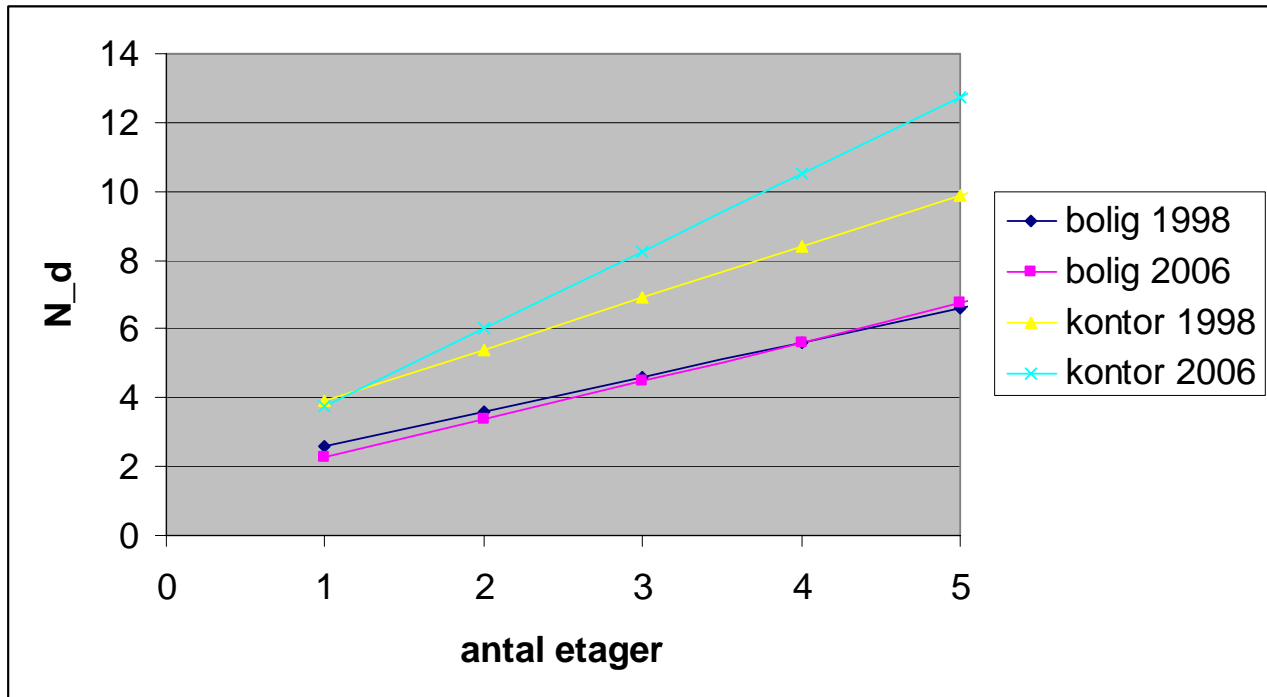
Af resultaterne ses, at

- Sikkerhedsniveauerne ved anvendelse af 2006 normerne er ensartet med et sikkerhedsniveau på  $\beta = 4.3$  (for armering er det lidt lave pga. afrunding)
- Sikkerhedsniveauet med 1998 normerne er generelt noget højere – de store variationer skyldes ændringer af karakteristiske nyttelaster
- Sikkerhedsniveauet ved blanding af 1998 normerne med det nye 2006 kapitel 5 giver i nogle tilfælde højere sikkerhedsniveauer og i andre tilfælde lavere sikkerhedsniveauer, når der sammenlignes med sikkerhedsniveauet ved anvendelse af det nye 2006 normsystem.
  - For følgende typer af laster fås mindst samme sikkerhedsniveau ved anvendelse af 'blanding af 1998 normerne med det nye 2006 kapitel 5' sammenlignet med anvendelse af 'nye 2006 normsystem':

- Naturlast
- A Bolig
- B Kontor
- C1 Samling

### Antal etager > 1

For nyttelast kategori A, B og C1 sammenlignes nu sikkerhedsniveauet ved fleretages bygninger. Det antages at bæreevnen og nyttelasterne er fuldt korreleret på alle etager. De regningsmæssige værdier af nyttelasterne ses i følgende figur:



Det ses, at 2006 normen giver højere regningsmæssig nyttelast når antal etager overstiger henholdsvis 4 og 2 etager for bolig og kontor.

Beton trykstyrke afgørende:

<b>Bolig</b> – antal etager	1998	2006	1998+2006
1	5,2	4,3	4,6
2	5,1	4,3	4,5
3	5,0	4,3	4,4
4	4,9	4,3	4,3
5	4,9	4,3	4,3
6	4,9	4,3	4,3
7	4,9	4,3	4,2

<b>Kontor &amp; C1 samling</b> – antal etager	1998	2006	1998+2006
1	5,0	4,3	4,4
2	4,9	4,3	4,3
3	4,8	4,3	4,2

Armeringens styrke afgørende:

<b>Bolig</b> – antal etager	1998	2006	1998+2006
1	4,9	4,1	4,5
2	4,7	4,1	4,3
3	4,6	4,1	4,2
4	4,5	4,1	4,2
5	4,5	4,1	4,1
6	4,5	4,1	4,1
7	4,4	4,1	4,0

<b>Kontor &amp; C1 samling</b> – antal etager	1998	2006	1998+2006
1	4,7	4,1	4,3
2	4,3	4,1	3,9
3	4,1	4,1	3,8

Af ovenstående tabeller ses, at der fås mindst samme sikkerhedsniveauer ved anvendelse af 'blandning af 1998 normerne med det nye 2006 kapitel 5' sammenlignet med anvendelse af 'nye 2006 normsystem' for:

- A Bolig:
  - Antal etager  $\leq 5$
- B Kontor og C1 Samling:
  - Antal etager = 1

## Gunstig permanent last

Først betragtes en bygning med 1 etage, og dernæst fleretages bygninger.

### Antal etager = 1

De følgende tabeller giver sikkerhedsniveauet (sikkerhedsindeks) for antal etager = 1 dels for bæreevner, hvor betons trykstyrke er afgørende og dels for bæreevner, hvor armeringens styrke er afgørende.

Beton trykstyrke afgørende:

	1998	2006	1998+2006
Natur	4,6	4,2	4,3
A Bolig	5,1	4,2	4,7
B Kontor	4,8	4,2	4,4
C1 Samling	4,8	4,2	4,4
C2 Samling	4,2	4,2	3,9
C3 Samling	4,2	4,2	3,9
D1 Butik	3,3	4,2	3,1
D2 Butik	4,2	4,2	3,9
E Erhverv	3,5	4,2	3,2

Armeringens styrke afgørende:

	1998	2006	1998+2006
Natur	4,1	3,8	3,9
A Bolig	4,5	3,8	4,3
B Kontor	4,2	3,8	4,0
C1 Samling	4,2	3,8	4,0
C2 Samling	3,6	3,8	3,5
C3 Samling	3,6	3,8	3,5
D1 Butik	2,8	3,8	2,7
D2 Butik	3,6	3,8	3,5
E Erhverv	3,0	3,8	2,9

Af resultaterne ses, at

- For følgende typer af laster fås mindst samme sikkerhedsniveau ved anvendelse af 'blanding af 1998 normerne med det nye 2006 kapitel 5' sammenlignet med anvendelse af 'nye 2006 normsystem':
  - Naturlast
  - A Bolig
  - B Kontor
  - C1 Samling

## Sammenfatning

Ovenstående undersøgelser viser, at for betonelementer, hvor bæreevnen bestemmes ved beregning og hvor enten betons trykstyrke eller armeringens styrke er afgørende for bæreevnen, kan

DS409:1998 + tillæg 1 og 2,  
DS410:1998 og  
DS411:1998 med nyt kapitel 5:2006

anvendes hvis lasten er en af følgende:

- Naturlast (f.eks. ved projektering af klimaskærm for 1 etages bygninger)
- Nyttelast
  - kategori A – bolig med antal etager  $\leq 5$
  - kategori B – kontor med antal etager = 1
  - kategori C1 – samlingslokaler med bordopstilling med antal etager = 1

og hvis følgende krav er opfyldt:

- anvendelseskrav i DS409:2006 (deformationer og svingninger)
- robusthedskrav i DS409:2006
- øvrige konstruktive krav i DS409:2006
- hvis der indgår andre materialer i konstruktionen, skal tilfredsstillende sikkerhed af disse eftervises efter 1998 normsystemet (idet blandingen af DS409:1998 + tillæg 1 og 2 og DS410:1998 med øvrige nye kapitel 5ere til DS412-DS420:2006 ikke kan anvendes) og samtidigt skal anvendelseskravene i DS409:2006 også være opfyldt for disse dele af konstruktionen.