

# DS/EN 1990 DK NA:2010-05

## Nationalt Anneks til **Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner**

---

### Forord

Dette nationale annekset (NA) er en revision af EN 1990 DK NA:2007 og EN 1990 DK NA Tillæg 2008.

Tidligere udgaver, tillæg og oversigt over samtlige udarbejdede NA'er kan findes på [www.Eurocodes.dk](http://www.Eurocodes.dk)

### Gyldighedsområde

Dette NA fastsætter betingelserne for implementeringen af denne Eurocode i Danmark.

### Indhold

Dette NA indeholder de nationale valg, der er gældende i Danmark.

Der skelnes mellem de nationale annekser, der henhører under Erhvervs- og Byggestyrelsen, dvs bygningskonstruktioner omfattet af Bygningsreglementet (forkortet "Bygninger" i tabellen) og de nationale annekser der henhører under Vejdirektoratets Vejregler og Banedanmarks Banenormer, dvs konstruktioner iht Vejregler og Banenorm (forkortet "Bro mv" i tabellen).

De nationale valg kan være i form af nationalt gældende værdier, valg mellem flere metoder i Eurocoden eller tilføjelse af supplerende vejledning.

I dette NA er angivet:

- Oversigt over mulige nationale valg og valg samt supplerende information
- Nationale valg
- Supplerende (ikke modstridende) information, som kan være til hjælp for brugeren af Eurocoden

Der er med nummerering henvisning til de afsnit, hvor der er valg og/eller supplerende information. Overskriften/emne er i det omfang det er muligt den samme som overskriften på afsnittet, men da der henvises til et mere detaljeret niveau end overskrifterne, er overskriften/emne i flere tilfælde præciseret.

---

## Nationale valg samt oversigt over samtlige punkter, hvor der kan foretages nationale valg

Nedenstående oversigt viser de steder, hvor nationale valg er mulige og hvilke informative annekser, der er gældende/ikke gældende. Endvidere er angivet hvor der er givet supplerende information. Supplerende information findes sidst i dette dokument.

Punkt	Emne	Valg Bygninger	Supplerende information
A1.1	Anvendelsesområde (Forventet levetid)	Uændret	
A1.2.1(1)	Lastkombinationer, generelt Ændringer i lastkombinationer af geografiske årsager	Uændret	
A1.2.2 / tabel A1.1	Værdier for $\psi$ - faktorer	Nationalt valg	
A1.3.1(1) / tabel A1.2(A)-(C)	Regningsmæssige lastværdier ved vedvarende og midlertidige dimensioneringstilfælde	Nationalt valg	
A1.3.1(5)	Regningsmæssige lastværdier ved vedvarende og midlertidige dimensioneringstilfælde: Valg af dimensioneringsmetode vedrørende fundering	Nationalt valg	
A1.3.2 (Tabel A.1.3)	Regningsmæssige lastværdier i ved ulykkesdimensioneringstilfælde og seismiske dimensioneringstilfælde	Nationalt valg	
A1.4.2(2)	Anvendelseskriterier	National praksis	
A.1.4.3	Deformationer og vandrette flytninger		Supplerende information
A.1.4.4	Svingninger		Supplerende information
Anneks B	Styring af bygværkers konstruktionspålidelighed		Supplerende information
Anneks C	Basis for partialkoefficientmetoden og sikkerhedsanalyse		Supplerende information
Anneks D	Design baseret på forsøg		Supplerende information
Anneks E	Robusthed		Supplerende regler
Anneks F	Partialkoefficienter for modstandsevne		Supplerende regler

## Nationale valg

### A1.2.2 / tabel A1.1 Anbefalede værdier af $\psi$ - faktorer for bygninger

Værdier anført i tabel A1.1.

Tabel A1.1  $\psi$ -faktorer for bygninger

Last	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<b>Nyttelast i bygninger, se EN 1991-1-1</b>			
Kategori A: arealer til boligformål	0,5	0,3	0,2
Kategori B: kontorarealer	0,6	0,4	0,2
Kategori C: større forsamlingsarealer	0,6	0,6	0,5
Kategori D: butiksarealer	0,6	0,6	0,5
Kategori E: erhverv og lagerarealer	0,8	0,8	0,7
Kategori F: trafikarealer, bruttovægt $\leq 30$ kN	0,6	0,6	0,5
Kategori G: trafikarealer, $30$ kN $<$ bruttovægt $\leq 160$ kN	0,6	0,4	0,2
Kategori H: tage	0	0	0
<b>Snelast</b>			
Ved kombination med dominerende nyttelast kategori E	0,6	0,2	0
Ved kombination med dominerende vindlast	0	0	0
ellers	0,3	0,2	0
<b>Vindlast</b>			
Ved kombination med dominerende nyttelast kategori E	0,6	0,2	0
ellers	0,3	0,2	0
<b>Temperatur</b>	0,6	0,5	0

### A1.3.1(1) / tabel A1.2(A)-(C) Regningsmæssige lastværdier ved vedvarende og midlertidige dimensioneringstilfælde

Lastkombinationer og partialkoefficienter for EQU, UPL, STR og GEO er anført i tabel A1.2(A), A1.2(B) og A1.2(C)

**Tabel A1.2(A) Regningsmæssige lastværdier (EQU og UPL) (sæt A)**

Vedvarende og midlertidige dimensioneringstilfælde	Permanente laster		Dominerende variabel last (*)	Øvrige variable laster
	Ugunstige	Gunstige		
(formel 6.10)	$K_{FI} \gamma_{G_i, sup} G_{k_i, sup}$	$\gamma_{G_i, inf} G_{k_i, inf}$	$K_{FI} \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$K_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(*) Variable laster er de laster, der er indeholdt i tabel A.1.1.				
NOTE 1 – Følgende værdier for $\gamma$ benyttes:				
	$\gamma_{G_i, sup}$	$\gamma_{G_i, inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,i}$
	1,1	0,9	1,5 <sup>#</sup>	1,5 <sup>#</sup>
#) når det er ugunstigt (0 når det er gunstigt)				
$K_{FI}$ afhænger af konsekvensklassen defineret i annek B tabel B3 som følger:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>– konsekvensklasse CC3: <math>K_{FI} = 1,1</math></li> <li>– konsekvensklasse CC2: <math>K_{FI} = 1,0</math></li> <li>– konsekvensklasse CC1: <math>K_{FI} = 1,0</math></li> </ul>				
Konsekvensklasse CC1 anvendes ikke for geotekniske konstruktioner.				
NOTE 2 – Hvis der til opnåelse af statisk ligevægt tilføjes et anker eller lign., skal dette anker dimensioneres svarende til den regningsmæssige kraft, der mangler for at opnå statisk ligevægt.				

**Tabel A1.2(B) Regningsmæssige lastværdier (STR/GEO) (sæt B)**

Vedvarende og midlertidige dimensioneringstilfælde	Permanente laster				Dominerende variabel last (*)	Øvrige variable laster
	Ugunstige		Gunstige			
(Formel 6.10a)	$K_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$		$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$			
(Formel 6.10b)	$\xi K_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$		$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$K_{FI} \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$K_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(*) Variable laster er de laster, der er indeholdt i tabel A.1.1.						
NOTE 1 – Formel 6.10a og 6.10b benyttes og i formel 6.10a indgår kun permanente laster.						
NOTE 2 – Følgende værdier af $\gamma$ og $\xi$ anvendes:						
$\xi=1,0$						
	$\gamma_{Gj,sup}$		$\gamma_{Gj,inf}$		$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,i}$
	Tyngde af konstruktionsdele	Tyngde af jord og grundvand	Tyngde af konstruktionsdele	Tyngde af jord og grundvand	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,i}$
Formel 6.10a	1,2	1,0	1,0	1,0	-	-
Formel 6.10b	1,0	1,0	0,9	1,0	1,5 <sup>#</sup>	1,5 <sup>#</sup>
#) når det er ugunstigt (0 når det er gunstigt)						
$K_{FI}$ afhænger af konsekvensklassen defineret i annek B tabel B3 som følger:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>– konsekvensklasse CC3: <math>K_{FI} = 1,1</math></li> <li>– konsekvensklasse CC2: <math>K_{FI} = 1,0</math></li> <li>– konsekvensklasse CC1: <math>K_{FI} = 0,9</math></li> </ul>						
Konsekvensklasse CC1 anvendes ikke for geotekniske konstruktioner.						
Se også EN 1991 til EN 1999 for $\gamma$ -værdier til tvangsdeformationer.						
NOTE 3 – De karakteristiske værdier af alle permanente laster fra en enkelt kilde multipliceres med $\gamma_{Gj,sup}$ , hvis den samlede resulterende lastvirkning er ugunstig, og med $\gamma_{Gj,inf}$ , hvis den samlede resulterende lastvirkning er gunstig. Eksempelvis kan alle laster hidrørende fra konstruktionens egenlast anses for at komme fra én kilde; dette gælder også, hvis der indgår forskellige materialer.						

**Tabel A1.2(C) Regningsmæssige lastværdier (STR/GEO) (sæt C), se note 2**

Vedvarende og midlertidige dimensioneringstilfælde	Permanente laster		Dominerende variabel last (*)	Øvrige variable laster		
	Ugunstige	Gunstige				
(Formel 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$		
(*) Variable laster er de laster, der er indeholdt i tabel A.1.1.						
NOTE 1 – Følgende værdier for $\gamma$ benyttes:						
	$\gamma_{Gj,sup}$		$\gamma_{Gj,inf}$		$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,i}$
	Tyngde af konstruktionsdele	Tyngde af jord og grundvand	Tyngde af konstruktionsdele	Tyngde af jord og grundvand		
	1,0	1,0	0,9	1,0	1,5 <sup>#</sup>	1,5 <sup>#</sup>
#) når det er ugunstigt (0 når det er gunstigt)						
NOTE 2 – De regningsmæssige lastværdier anvendes kun i forbindelse med sæt A2 i NA til 1997-1.						

Note:

Partialkoefficienterne i tabel A1.2(B) svarer til sæt A1 i NA til EN1997-1.

Partialkoefficienterne i tabel A1.2(C) svarer til sæt A2 i NA til EN1997-1.

### Regningsmæssige værdier for udmattelseslaster

(1) Regningsmæssige værdier for udmattelseslaster bestemmes ved for laster, hvor usikkerheden på de enkelte spændingsvidder er beskrevet ved en variationskoefficient af størrelsesorden 30 %, at benytte en partialkoefficient lig 1,3. For laster, hvor variationskoefficienten er mindre end 10 %, benyttes en partialkoefficient lig 1,0. For andre værdier af variationskoefficienten fastlægges partialkoefficienten ved lineær interpolation. Variationskoefficienten kan være anført i forbindelse med lastspecifikationen.

### A1.3.1(5) Regningsmæssige lastværdier ved vedvarende og midlertidige dimensioneringstilfælde - Valg af dimensioneringsmetode vedrørende fundering

Dimensioneringsmetode 2 anvendes i DK for pæle og ankre. Dimensioneringsmetode 3 anvendes i DK for direkte fundering, jordtryk og stabilitet.

### A1.3.2 Regningsmæssige lastværdier ved ulykkesdimensioneringstilfælde og seismiske dimensioneringstilfælde

Lastkombinationer er anført i Tabel A1.3

**Tabel A1.3 Regningsmæssige lastværdier til brug ved lastkombinationer ved ulykkesdimensioneringstilstande og seismiske dimensioneringstilstande**

Dimensionerings-tilfælde	Permanente laster		Dominerende ulykkeslast eller seismisk last	Ikke-dominerende variable laster*	
	Ugunstige	Gunstige		Eventuel primær	Andre
Brand (Formel 6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$A_d$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Ulykke i øvrigt (Formel 6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$A_d$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Seismisk (Formel 6.12a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$A_d$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

\*) Variable laster er de laster, der er indeholdt i tabel A.1.1.

NOTE 1 - Den vandrette masselast benyttes til vurdering af konstruktionen for det seismiske dimensioneringstilfælde .

Vandret masselast omfatter last, der tages i regning for at sikre konstruktioners styrke og stabilitet over for små jordrustelser. Den vandrette masselast er den mindste vandrette last, som en konstruktion skal regnes påvirket af.

Enhver lodret last regnes at kunne give anledning til vandret masselast. Vandret masselast regnes som bunden last. Vandret masselast regnes kun at kunne optræde samtidigt med den tilhørende lodrette last.

Vandrette masselaster har angrebepunkt i tyngdepunkterne for de tilhørende lodrette laster og regnes at kunne virke i vilkårlig vandret retning, dog således at denne retning er fælles for alle de på samme tid optrædende vandrette masselaster.

Den regningsmæssige værdi af den vandrette masselast,  $A_d$  fastsættes på grundlag af den lodrette last som:

$$A_d = 1,5\% \left( \sum G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{j,i} \right)$$

På tribuner regnes den vandrette masselast dog mindst til 15 % af den karakteristiske lodrette nyttelast i kategori C5, se EN 1991-1-1.

Konstruktioner skal ikke undersøges for vandret masselast og vindlast virkende samtidigt.

#### A1.4.2(2) Anvendelseskriterier

Erfaringstal til A1.4.4 Svingninger er anført.

#### A1.4.3 Deformationer og vandrette flytninger

For anvendelsesgrænsetilstande, der vedrører konstruktionens funktionalitet og udseende henvises til EN 1992-1999 i stedet.

#### Til A1.4.4 Svingninger

Kravet til egenfrekvenser kan tage udgangspunkt i erfaringstallene anført i tabel A1.4. Hvis der foretages en mere detaljeret analyse vil konstruktionens funktion normalt være tilfredsstillende, når spredningen på konstruktionens accelerationer stammende fra den anførte last ikke overskrider grænseaccelerationen i tabellen.

Risikoen for en ikke-tilfredsstillende funktion øges med voksende spændvidde, og risikoen er især stor for lette og svagt dæmpede konstruktioner. For disse konstruktioner giver egenfrekvenskravet i tabellen ikke altid tilfredsstillende funktion.

**Tabel A1.4 Erfaringstal for acceptable egenfrekvenser og grænseaccelerationer**

Konstruktion	Last	Normalt tilfredsstillende funktion	Ofte ikke-tilfredsstillende funktion	Grænseacceleration i % af tyngdeacceleration
Tribuner, fitnesscentre, sportshaller og forsamlingslokaler	Rytmask personlast	$n_e > 10$ Hz	$n_e < 6$ Hz	10 %
Boliger	Ganglast	$n_e > 8$ Hz	$n_e < 5$ Hz	0,1 %
Kontorlokaler	Ganglast	$n_e > 8$ Hz	$n_e < 5$ Hz	0,2 %

NOTE – Egenfrekvenser og accelerationer beregnes under normal brug, hvor den fluktuerende last typisk er væsentligt mindre end lasten svarende til den kvasi-permanente kombination specificeret i afsnit 6.5.3.



## Supplerende, (ikke modstridende) information

### Anneks B Styring af bygværkers konstruktionspålidelighed

Anneks kan benyttes med følgende ændringer:

- tabel B1 (konsekvensklasser)
- tabel B2 (minimumsværdier for sikkerhedsindeks)
- afsnit B4 (kontrol af projektering)
- afsnit B5 anvendes ikke i Danmark
- afsnit B6 anvendes ikke

#### Tabel B1 Definition af konsekvens klasser

Konsekvensklasse	Konsekvenser af eventuel skade	Eksempler
CC3 høj konsekvensklasse	Høj risiko for tab af menneskeliv, <i>eller</i> de økonomiske, sociale eller miljømæssige konsekvenser er meget store.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bygninger i flere etager, hvor højde til gulv i øverste etage er mere end 12 m over terræn, såfremt de ofte benyttes til ophold for personer, fx til bolig eller kontor</li> <li>– bygninger med store spændvidder, såfremt de ofte benyttes af mange personer, fx til koncert, sport, teater eller udstilling</li> <li>– tribuner</li> <li>– større vejbroer og tunneler</li> <li>– større master og tårne</li> <li>– større siloer nær bebyggelse</li> <li>– dæmninger og lignende konstruktioner, hvor brud vil medføre store skader.</li> </ul>
CC2 middel konsekvensklasse	Middel risiko for tab af menneskeliv. Økonomiske, sociale eller miljømæssige konsekvenser er betydelige.	Bygninger eller konstruktioner der ikke hører til CC3 eller CC1
CC1 lav konsekvensklasse	Lav risiko for tab af menneskeliv, <i>og</i> de økonomiske, sociale og miljømæssige konsekvenser er små eller ubetydelige.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1- og 2-etagesbygninger med moderate spændvidder, hvor der kun lejlighedsvis kommer personer, fx lagerbygninger, skure og mindre landbrugsbygninger</li> <li>– mindre master og tårne, herunder almindelige gademaster</li> <li>– mindre siloer</li> <li>– sekundære konstruktionsdele, fx skillevægge, vindues- og dørøverligger og beklædninger.</li> </ul>

(1) Konsekvenser for nabokonstruktioner og omgivelser kan være afgørende ved fastlæggelse af konsekvensklassen.

(2) Konstruktionsdele, der ikke indgår i hovedkonstruktionen, kan ofte henføres til en lavere konsekvensklasse end hovedkonstruktionen.

NOTE – Hovedkonstruktionen er den del af en bærende konstruktion, hvor et svigt vil have betydelig konsekvens for konstruktionens sikkerhed og funktion. Som eksempler på konstruktionsdele, der ofte ikke indgår i hovedkonstruktionen kan nævnes tage, selvstændige dæk, trapper og altaner.

**Tabel B2 Minimum værdier for sikkerhedsindeks  $\beta$  (brudgrænsetilstande) for referenceperiode lig 1 år**

Sikkerhedsklasse	Minimumsværdier for $\beta$
RC3 svarende til CC3	4.7
RC2 svarende til CC2	4.3
RC1 svarende til CC1	3.8

**NOTE**

*Ved bestemmelse af sikkerhedsindekset for RC2 benyttes at permanente laster er Normalfordelte og variable laster Gumbelfordelte. Alle styrkeparametre og modelusikkerheder antages Lognormalfordelte. Information om valg af variationskoefficienter kan findes i (Arbejdsnotater ifm. revision af DS409:2006 'Norm for projekteringsgrundlag for konstruktioner', DS december 2006). Sikkerhedsindekset  $\beta$  er defineret i anneks C.*

**B4 Projekteringskontrol**

(1) Projekteringskontrol omfatter kontrol af det projektmateriale der vedrører de bærende konstruktioner, dvs. projektgrundlag, statiske beregninger, tegninger/modeller og udførelsesspecifikationer. Projektgrundlaget er de specifikationer der ligger til grund for projekteringen, herunder statisk system og virkemåde, robusthed, brand, materialedata, lastdata etc.

**NOTE**

– *Kontrollen skal medvirke til at sikre:*

- *at projektgrundlagets forudsætninger er korrekte og er benyttet til grundlag for projekteringen,*
- *at de i de statiske beregninger gjorte forudsætninger er indarbejdet korrekt i øvrige projektmateriale,*
- *at tegninger og udførelsesspecifikationer er dækkende for udførelse af de bærende konstruktioner.*

(2) Alle kontroller, undtagen egenkontrol, skal dokumenteres i henhold til på forhånd udarbejdede retningslinier. Metode, omfang, eventuelle fokuspunkter og resultat af kontrollen skal fremgå af dokumentationen.

(3) For alt projektmateriale skal det være angivet hvilke personer der har forestået henholdsvis udarbejdelse og kontrol.

(4) For de konstruktioner i konsekvensklasse CC3, hvor konsekvenserne af svigt er særlige alvorlige, gælder særlige krav til kontrollen.

- (5) Som eksempler på konstruktioner, der er omfattet af (4) kan nævnes:
- bygninger med mere end 15 etager over terræn, såfremt de benyttes til ophold for personer, fx til bolig, kontor eller undervisning
  - hospitaler med mere end 5 etager over terræn
  - industribygninger, hvor svigt har særlig stor samfundsmæssig konsekvens
  - bygninger med store spændvidder, såfremt de benyttes af mange personer, fx til koncert, teater, udstillinger, sport eller forlystelser
  - tribuner.
- (6) Der benyttes følgende kontroltyper ved projektering: egenkontrol, uafhængig kontrol og tredjepartskontrol. Kontroltyperne er defineret i tabel B4a.

**Tabel B4a Definition af kontroltyper**

Kontroltype	Definition
Egenkontrol	Kontrol udført af den person, der har forestået projekteringen.
Uafhængig kontrol	Kontrol udført af personer, der ikke har medvirket ved projekteringen af bygværket.
Tredjepartskontrol	Kontrol udført af en organisation, der hverken direkte eller indirekte er økonomisk forbunden med den/de organisationer, som har medvirket ved projekteringen af bygværket.

- (7) Minimumskravene til kontroltype afhænger af hvilken konsekvensklasse konstruktionen er henført til. Minimumskravene er angivet i tabel B4b.

**Tabel B4b Minimumskrav til kontroltype for projektmateriale**

Konsekvensklasse	Egenkontrol	Uafhængig kontrol	Tredjeparts-kontrol
CC1	X		
CC2	X	X <sup>*)</sup>	
CC3)	X	X	
CC3 hvis omfattet af (4)	X	X	X

\*) Krav om uafhængig kontrol gælder i CC2 kun projektgrundlaget. For øvrigt projektmateriale kan kontrollen udføres af personer, der blot ikke har medvirket ved projekteringen af det pågældende afsnit af bygværket.

### **B6 Partialkoefficienter for modstandsevne**

**Kommentar:** Dette afsnit anvendes ikke. Der henvises til annekset F (7) for supplerende regler vedrørende fastlæggelse af partialkoefficienter for modstandsevne afhængigt af kontrolklassen.

### **Anneks C Basis for partialkoefficientmetoden og sikkerhedsanalyse**

Anneks kan benyttes med ændret tabel C2 (tilsigtede sikkerhedsindekser).

**Tabel C2 Tilsigtet sikkerhedsindeks  $\beta$  for konstruktionsdele i klasse RC2 <sup>1</sup>**

Grænsetilstand	Tilsigtet sikkerhedsindeks	
	1 år	50 år
Brud	4,3	3,3
Udmattelse		1,5 til 3,3 <sup>2</sup>
Anvendelse (irreversibel)	2,9	1,5

<sup>1</sup> Se anneks B.  
<sup>2</sup> Afhænger af graden af inspektions- og reparationsmulighed samt i hvilket omfang skader kan tolereres.

### **Anneks D Design baseret på forsøg**

Anneks kan benyttes undtagen D7.3 og D8.3, se kommentar.

#### **Kommentar:**

Anneks D kan benyttes til kontrol af karakteristiske værdier og til fastlæggelse af karakteristiske værdier og designværdier. Afsnit D7.3 og D8.3 kan ikke benyttes, da disse forudsætter et sikkerhedsniveau svarende til  $\beta = 3,8$  og anvendelse af designværdien metoden i anneks C. I stedet henvises til anneks F, hvor fastlæggelse af materiale partialkoefficienter og designværdier er beskrevet.

## **Supplerende (ikke modstridende) informationer**

### **Anneks E Robusthed**

Supplerende regler for eftervisning af robusthed

Dette anneks kan benyttes ved undersøgelse af robusthed, se 2.1.4(P) – 2.1.5(P).

(1) En konstruktion er robust, når:

- de sikkerhedsmæssigt afgørende dele af konstruktionen kun er lidt følsomme over for utilsigtede påvirkninger og defekter, eller
- der ikke sker et omfattende svigt af konstruktionen, hvis en begrænset del af konstruktionen svigter.

(2) Som eksempler på utilsigtede påvirkninger og defekter kan nævnes:

- uforudsete lastvirkninger
- utilsigtede afvigelser mellem konstruktionens faktiske virkemåde og de anvendte beregningsmodeller
- utilsigtede afvigelser mellem det udførte projekt og projekt materialet
- uforudsete geometriske imperfektioner
- uforudsete sætninger
- uforudset nedbrydning

En forøget robusthed kan i visse tilfælde også medvirke til at formindske konsekvensen af eventuelle grove fejl, om end en eftervisning af robusthed hverken kan eller må betragtes som en dimensionering mod grove fejl.

(3) Robusthed er nærmere behandlet i DS/INF 146, Robusthed – Baggrund og principper.

(4) En konstruktions robusthed skal stå i forhold til konsekvenserne af et svigt af konstruktionen. Der stilles kun krav til dokumentation af robusthed for konstruktioner i konsekvensklasse CC3. For konstruktioner i konsekvensklasse CC2 skal der dog foreligge en vurdering af robustheden. Detaljeringen af vurderingen skal øges i tilfælde af større spændvidder, store koncentrerede laster, få understøtninger og specielle (sjældne eller nye) konstruktionstyper.

(5) En robust konstruktion opnås ved et hensigtsmæssigt valg af materialer, overordnet statisk princip og konstruktionsopbygning samt ved hensigtsmæssig udformning af nøgleelementer. Et nøgleelement er en begrænset del af konstruktionen, der trods sin begrænsning i omfang har en central betydning for konstruktionens robusthed, således at et eventuelt svigt af dette bevirker, at hele konstruktionen eller betydende dele af konstruktionen svigter.

(6) Hvor der stilles krav til dokumentation af robusthed, skal der udarbejdes en teknisk-faglig redegørelse, hvori det eftervises, at mindst et af de i (1) anførte kriterier for robusthed er opfyldt. Det vil sige enten:

- ved eftervisning af, at de afgørende dele af konstruktionen, det vil sige nøgleelementer, kun er lidt følsomme over for utilsigtede påvirkninger og defekter, jf. (2), eller
- ved eftervisning af, at der ikke sker et omfattende svigt af konstruktionen, hvis en begrænset del af konstruktionen svigter ('bortfald af element'), se (7)-(8), eller
- ved eftervisning af tilstrækkelig sikkerhed af nøgleelementer, således at hele konstruktionen, hvori de indgår, opnår mindst samme systemsikkerhed som en tilsvarende konstruktion, hvor robustheden er dokumenteret ved eftervisning af tilstrækkelig sikkerhed ved 'bortfald af element'.

Den teknisk-faglige redegørelse skal ud over selve eftervisningen indeholde en kritisk gennemgang af den konstruktive opbygning, herunder identifikation af nøgleelementer og af lastscenarier.

Eftervisning af at det første kriterium er opfyldt er kun muligt i særlige tilfælde, hvorfor eftervisningen normalt skal ske ved eftervisning af et af de to sidstnævnte kriterier.

(7) Hvor robusthed eftervises ved 'bortfald af element', kan det acceptable kollapsomfang for etagebygninger med op til 15 etager fastlægges som: 15 % af etagearealet på to over hinanden liggende etager ved bortfald af element som defineret i (8) dog maks. 240 m<sup>2</sup> pr. etage og maks. 360 m<sup>2</sup> i alt. Tilstrækkelig bæreevne eftervises i en ulykkesdimensioneringstilstand ved formel (6.11 a/b), se tabel A1.3

(8) Robusthed eftervist ved 'bortfald af element' kan for husbygnings- og tribunekonstruktioner anses opfyldt, såfremt det eftervises, at den beskadigede konstruktion stadig udgør et stabilt system, selvom en eller flere konstruktionsdele er bortfaldet. Det antages, at ødelæggelsen kan omfatte, hvad der svarer til det maksimalt tilladte kollapsomfang jf. (7), herunder:

- enten en dækkonstruktion og en vilkårlig søjle,
- eller en dækkonstruktion og et vilkårligt 3 m langt vægstykke i længde- eller tværretningen.

En konstruktions evne til at bevare sin sammenhæng efter et svigt af det angivne omfang er primært betinget af, at den beskadigede konstruktion stadig udgør et stabilt system, det vil sige at konstruktionen eller større dele af den, ikke må være omdannet til en mekanisme. Hvis denne betingelse er opfyldt, vil en overslagsmæssig beregning være tilstrækkelig.

(9) Hvor robusthed eftervises ved indførelse af en ekstra sikkerhed på nøgleelementer, kan dette normalt ske ved at benytte en materialepartialkoefficient  $\gamma_M$ , der er øget med faktoren 1,2 i forhold til værdien anført i 6.3.5. Modelmæssigt svarer dette til, at et system med nøgleelementer i serie får samme systemsikkerhed som et system med elementer i et parallelsystem.

Det bør dog generelt ved konstruktionsudformningen tilstræbes, at en konstruktions robusthed så vidt muligt kan dokumenteres uden anvendelse af ekstra sikkerhed på nøgleelementer. Såfremt ekstrasikkerhed på nøgleelementer anvendes, bør det imidlertid sikres, at konstruktionens modstandsdygtighed over for utilsigtede påvirkninger og defekter reelt forbedres.

NOTE – Eksempelvis vil robustheden af pendulsøjler i en husbygningkonstruktion almindeligvis ikke være tilstrækkeligt sikret ved anvendelsen af faktoren 1,2, medmindre der samtidigt gennem hver etageadskillelse anordnes konstruktiv sammenhæng i form af en gennemgående træk- og forskydningsforbindelse i søjlen.

(10) I konstruktionsnormerne kan der være angivet retningslinjer for, hvordan tilstrækkelig robusthed sikres.

## **Anneks F (informativt) Partialkoefficienter for modstandsevne**

Supplerende regler for fastlæggelse af partialkoefficienter for modstandsevne

(1) Den regningsmæssige værdi af bæreevnen,  $R_d$ , bestemmes enten af formel (6.6a), når bestemmelsen sker på grundlag af regningsmæssige styrkeparametre og en beregningsmodel eller af formel (6.6c), når bestemmelsen sker på grundlag af målte karakteristiske bæreevner.

(2) Partialkoefficienterne på styrkeparametre og bæreevner bestemmes af følgende udtryk:

$$(6.6a): \quad \begin{aligned} \gamma_M &= \gamma_m \gamma_R \\ \gamma_m &= \gamma_4 \\ \gamma_R &= \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \end{aligned}$$

$$(6.6c): \quad \gamma_M = \gamma_1 \gamma_3 \gamma_4$$

hvor delpartialkoefficienterne tager hensyn til følgende forhold:

- $\gamma_1$  svigtform, se tabel F.2
- $\gamma_2$  usikkerhed relateret til beregningsmodel, se tabel F.3
- $\gamma_3$  omfang af kontrol, se tabel F.4
- $\gamma_4$  usikkerhed på målt styrkeparameter eller bæreevne, se tabel F.1.

(3) Opdelingen af partialkoefficienterne i delpartialkoefficienter er ikke udtryk for en sandsynlighedsteoretisk hensyntagen alene til de forhold, der er knyttet til den enkelte delpartialkoefficient.

(4) Delpartialkoefficienten  $\gamma_4$  afhænger af variationskoefficienten for målt styrkeparameter eller bæreevne. Variationskoefficienten skal inkludere usikkerhed knyttet til omsætning fra laboratorieforhold til forholdene i en virkelig konstruktion.  $\gamma_4$  er givet i tabel F.1.

**Tabel F.1 - Delpartialkoefficient  $\gamma_4$  for målt styrkeparameter eller bæreevne**

Variationskoefficient for målt styrkeparameter eller bæreevne	≤ 5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %
$\gamma_4$	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40

(5) Delpartialkoefficienten  $\gamma_1$  afhænger af svigttypen for konstruktionen.  $\gamma_1$  er givet i tabel F.2. Uvarslet referer til svigt, der sker uden forudgående varsel (fx i form af forøget revnedannelse eller deformation) og at bæreevnen falder væsentligt umiddelbart efter svigt (fx ved stabilitetssvigt eller sprødbud).

Varslet uden bæreevnereserve referer til svigt, hvor udtømt bæreevne varsles (fx i form af forøget revnedannelse eller deformation) og bæreevnen bevares nogen tid efter varslet.

Varslet med bæreevnereserve referer til svigt, hvor bæreevnen stiger (fx som følge af tøjningshærdning) efter formelt svigt er indtruffet (fx ved overskridelse af tilladelig tøjning). Hvis bæreevnereserven er udnyttet i beregningsmodellerne skal svigttypen sættes til 'Varslet uden bæreevnereserve'.

**Tabel F.2 - Delpartialkoefficient  $\gamma_1$  afhængig af svigttype**

Svigttype	Varslet med bæreevnereserve	Varslet uden bæreevnereserve	Uvarslet
$\gamma_1$	0,90	1,00	1,10

(6) Delpartialkoefficienten  $\gamma_2$  afhænger af variationskoefficienten for beregningsmodellen. Variationskoefficienten fastlægges ved sammenligning af bæreevner bestemt ved forsøg med konstruktionselementer og bestemt med beregningsmodellen, idet der anvendes målte/givne styrkeparametre og geometriske størrelser. Undtagelsesvist kan variationskoefficienten fastlægges ved skøn.  $\gamma_2$  er givet i tabel F.3.

**Tabel F.3 - Delpartialkoefficient  $\gamma_2$  for usikkerhed på beregningsmodel**

Variationskoefficient beregningsmodel	for	$\leq 5 \%$	10 %	15 %	20 %	25 %
$\gamma_2$		1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

(7) Delpartialkoefficienten  $\gamma_3$  afhænger af kontrolklassen ved produktion af komponenter. Kravene til kontrolklasse kan være anført i EN 1992 til EN 1999 samt i de danske nationale annekser til disse.  $\gamma_3$  er givet i tabel F.4. Anvendelse af skærpet kontrolklasse forudsætter, at der benyttes en tredjepartskontrol.

**Tabel F.4 - Delpartialkoefficient  $\gamma_3$  afhængig af omfang af kontrol**

Kontrolklasse	Skærpet	Normal	Lempet
$\gamma_3$	0,95	1,00	1,10

(8) I (2) dækker  $\gamma_4$  variationen af styrkeparameteren. Gennem kontrol af styrkeparameteren vil det være muligt at opnå en vurdering af såvel den karakteristiske værdi som variationskoefficienten, der kan adskille sig fra det forudsatte ved partialkoefficientfastsættelsen, se EN1992-EN1998.

(9) Ved undersøgelser af ulykkesdimensioneringstilfælde og seismiske dimensioneringstilfælde (vandret masselast) anvendes partialkoefficienten  $\gamma_M = 1,0$  medmindre andet er anført i EN 1992, EN 1993, EN 1994, EN 1995, EN 1996, EN 1997, EN 1998 eller EN 1999.