



DS/EN 1993 FU:2013

3. UDGAVE 2013

# Forkortet udgave af Eurocode 3 – Stålkonstruktioner

EUROCODESEUROCODESEUROCODESC  
DESEUROCODESEUROCODESEURCOD

## **Forkortet udgave af Eurocode 3 – Stålkonstruktioner**



## **DS/EN 1993 FU:2013**

Forkortet udgave af Eurocode 3 – Stålkonstruktioner

© DANSK STANDARD 2013

Projektnummer M272389

Grafisk tilrettelæggelse: Mikkel Hvass, Dansk Standard

Redaktør: Jenni Søndergaard

Omslag: Dansk Standard

Tryk: Dansk Standard

Udgivet 2013

3. udgave, 1. oplag

ISBN: 978-87-7310-835-2 (trykt udgave)

ISBN: 978-87-7310-836-9 (elektronisk udgave)

Udgivet af Dansk Standard

Kollegievej 6

2920 Charlottenlund

Telefon: 39 96 61 01

Telefax: 39 96 61 02

ds@ds.dk

www.ds.dk

Dette er en POD-publikation

Trykt i Danmark

## Forord

Denne DS/EN 1993 FU er udarbejdet af Dansk Standard og er en forkortet udgave af den komplette DS/EN 1993 Eurocode 3: *Stålkonstruktioner*, som i det følgende er benævnt Eurocode 3.

Den komplette Eurocode 3-serie består af et antal dele (se 1.1.1 på side 9), der tilsammen udgør det detaljerede projekteringsgrundlag for stålkonstruktioner.

De danske udgaver af eurocodes består ud over standarderne af nationale titelblade og nationale forord. Hertil har Energistyrelsen udgivet danske nationale annekser samt tillæg til disse, som fastsætter betingelserne for implementeringen og indeholder de nationale valg, der er gældende i Danmark. Disse valg er i det følgende betegnet NDP (Nationally Determined Parameters).

Denne DS/EN 1993 FU indeholder dele af Eurocode 3-serien, som gør det muligt at beregne de fleste konstruktioner alene på grundlag af den. En konstruktion, der tilfredsstiller kravene i DS/EN 1993 FU, vil også tilfredsstille de tilsvarende krav i Eurocode 3.

På [www.eurocodes.dk](http://www.eurocodes.dk) findes en oversigt over eurocodesystemet. Tjek altid denne side for at se, om der er kommet senere tillæg eller revisioner af nationale annekser og eurocodes, som ikke er indarbejdet i denne publikation. Eventuelle rettelser til denne FU vil også fremgå af [www.eurocodes.dk](http://www.eurocodes.dk).

Følgende dele af Eurocode 3 er omfattet af denne DS/EN 1993 FU:

- DS/EN 1993-1-1 + AC:2007, *Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner*
  - DS/EN 1993-1-1/AC:2009, *Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner*
  - DS/EN 1993-1-1 DK NA:2013, *Nationalt Anneks til Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner*
- DS/EN 1993-1-4:2007, *Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-4: Generelle regler – Supplerende regler for rustfrit stål*
  - DS/EN 1993-1-4 DK NA:2013, *Nationalt anneks til Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-4: Generelle regler – Supplerende regler for rustfrit stål*
- DS/EN 1993-1-8 + AC:2007, *Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-8: Samlinger*
  - DS/EN 1993-1-8/AC:2009, *Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-8: Samlinger*
  - DS/EN 1993-1-8 DK NA:2013, *Nationalt Anneks til Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-8: Samlinger*
- DS/EN 1993-1-10 + AC:2007, *Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-10: Materialesejhed og egenskaber i tykkelsesretningen*
  - DS/EN 1993-1-10/AC:2009, *Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-10: Materialesejhed og egenskaber i tykkelsesretningen*
  - DS/EN 1993-1-10 DK NA:2011, *Nationalt anneks til Eurocode 3: Stålkonstruktioner – Del 1-10: Materialesejhed og egenskaber i tykkelsesretningen*

**DS/EN 1993 FU:2013**

DS/EN 1993 FU omhandler ikke brandteknisk dimensionering, tyndpladekonstruktioner og udmattelse. Endvidere vil DS/EN 1993 FU alene ofte ikke være tilstrækkeligt grundlag ved dimensionering af broer, master, tårne, siloer, krankonstruktioner m.m.

DS/EN 1993 FU følger kapitel-, punkt- og afsnitsinddelingen i de komplette udgaver. Hvor tekst fra de komplette udgaver af eurocodes er udeladt i den forkortede udgave, vil der derfor være huller i afsnits- og punktnummereringen. Kun hvor sproglige og redaktionelle hensyn gør det nødvendigt, afviger formuleringerne fra de tilsvarende formuleringer i de komplette eurocodes.

Relevante afsnit fra de nationale annekser samt evt. tillæg hertil (indtil udgivelsestidspunktet) samt supplerende kommentarer er indarbejdet i DS/EN 1993 FU. Tekst fra annekser og tekst fra eurocoden, som er *bekræftet* i det nationale annekse, står med **orange skrift**.

Denne forkortede udgave er forsynet med kommentarer. Disse kan indeholde

- forklaringer til og baggrund for teksten i den komplette eurocode
- angivelse af, at teksten i den forkortede udgave er NDP-tekst, se ovenfor
- henvisninger til fx DS/EN 1990 eller andre steder, hvor et problem er behandlet mere detaljeret
- supplerende vejledning.

Kommentarerne har ingen normmæssig status.

**Kommentarerne er skrevet med blå tekst som denne.**

Denne FU er udarbejdet af:

Civilingeniør Carsten Munk Plum

Civilingeniør Ejnar Søndergaard

## Indholdsfortegnelse

<b>Forord .....</b>	<b>3</b>
<b>DS/EN 1993-1-1 FU Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Generelt .....</b>	<b>9</b>
1.1 Emne .....	9
1.2 Normative referencer .....	10
1.3 Forudsætninger .....	11
1.4 Forskellen mellem principper og anvendelsesregler .....	11
1.5 Begreber og definitioner .....	11
1.6 Symboler .....	12
1.7 Konventioner for koordinataksler .....	17
<b>2 Beregningsgrundlag .....</b>	<b>19</b>
2.1 Krav .....	19
2.2 Principper for beregninger i grænsetilstande .....	20
2.3 Grundlæggende variable .....	21
2.4 Eftervisning ved partialkoefficientmetoden .....	21
2.5 Dimensionering understøttet af prøvning .....	22
<b>3 Materialer .....</b>	<b>22</b>
3.1 Generelt .....	22
3.2 Konstruktionsstål .....	22
<b>4 Holdbarhed .....</b>	<b>23</b>
<b>5 Beregning .....</b>	<b>24</b>
5.1 Modellering af konstruktionen .....	24
5.2 Global beregning .....	25
5.3 Imperfektioner .....	25
5.4 Beregningsmetoder under hensyntagen til ikke-lineære materialeegenskaber ...	28
5.5 Klassifikation af tværsnit .....	29
5.6 Tværsnitskrav ved global plastisk beregning .....	31
<b>6 Brudgrænsetilstande .....</b>	<b>35</b>
6.1 Generelt .....	35
6.2 Bæreevne af tværsnit .....	36
6.3 Bæreevne af trykpåvirkede elementer .....	48
6.4 Trykpåvirkede sammensatte elementer med konstant tværsnit .....	56
<b>7 Anvendelsesgrænsetilstande .....</b>	<b>56</b>
7.1 Generelt .....	56
7.2 Anvendelsesgrænsetilstande for bygninger .....	56

**DS/EN 1993 FU:2013**

<b>Anneks B (informativt) Metode 2 – Interaktionsfaktorer <math>k_{ij}</math> for interaktionsformler i 6.3.3(4)</b>	<b>58</b>
<b>Anneks BB (informativt) Udknækning af elementer i bygningskonstruktioner</b>	<b>61</b>
BB.1 Bøjningsudknækning af elementer i gitterkonstruktioner	61
BB.2 Løbende fastholdelse	61
BB.3 Stabile længder af elementdele indeholdende flydeled ved udknækning ud af planen	61
<b>DS/EN 1993-1-4 FU Supplerende regler for rustfrit stål</b>	<b>63</b>
<b>1 Generelt</b>	<b>63</b>
1.1 Emne	63
1.2 Normative referencer	63
1.6 Symboler	63
<b>2 Materialer</b>	<b>64</b>
2.1 Rustfrie konstruktionsstål	64
2.2 Bolte	65
<b>3 Holdbarhed</b>	<b>65</b>
<b>4 Anvendelsesgrænsetilstande</b>	<b>66</b>
4.1 Generelt	66
4.2 Bestemmelse af udbøjninger	66
<b>5 Brudgrænsetilstande</b>	<b>67</b>
5.1 Generelt	67
5.2 Klassifikation af tværsnit	67
5.3 Bæreevne af tværsnit	71
5.4 Elementers bæreevne mht. udknækning	71
5.5 Bøjnings- og trykpåvirkede elementer med konstant tværsnit	73
5.6 Forskydningsbæreevne	74
<b>6 Udformning af samlinger</b>	<b>74</b>
6.1 Generelt	74
6.2 Boltesamlinger	74
6.3 Beregning af svejsesømme	75
<b>DS/EN 1993-1-8 FU Samlinger</b>	<b>77</b>
<b>1 Emne</b>	<b>77</b>
1.1 Anvendelsesområde	77
1.2 Normative referencer	77
1.5 Symboler	79
<b>2 Dimensioneringsgrundlag</b>	<b>80</b>
2.1 Forudsætninger	80

2.2	Generelle krav.....	81
2.3	Påførte kræfter og momenter.....	81
2.4	Samlingers bæreevne.....	82
2.5	Dimensioneringsforudsætninger.....	82
2.6	Forskydningspåvirkede samlinger påvirket af stød, svingninger og/eller skiftende last.....	82
2.7	Excentricitet i systemknudepunkter.....	83
<b>3</b>	<b>Samlinger med bolte, nitter eller charnièreorne .....</b>	<b>83</b>
3.1	Bolte, møtrikker og underlagsskiver.....	83
3.3	Ankerbolte .....	84
3.4	Kategorier af boltesamlinger.....	84
3.5	Placering af huller til bolte og nitter .....	86
3.6	Regningsmæssig bæreevne af samlingselementer .....	89
3.7	Gruppe af samlingselementer.....	92
3.8	Lange samlinger.....	92
3.9	Friktionssamlinger med 8.8 eller 10.9 bolte .....	92
3.10	Fradrag for huller til samlingselementer.....	94
3.11	Modholdskræfter.....	95
3.12	Fordeling af kræfter mellem samlingselementer i brudgrænsetilstanden....	95
3.13	Samlinger med charnièreorne .....	96
<b>4</b>	<b>Svejsesamlinger .....</b>	<b>96</b>
4.1	Generelt.....	96
4.2	Svejsematerialer.....	97
4.3	Geometri og dimensioner .....	97
4.5	Regningsmæssig bæreevne af kantsømme.....	99
4.7	Stumpsømmes regningsmæssige bæreevne.....	102
4.8	Propsømmes regningsmæssige bæreevne .....	103
4.9	Fordeling af kræfter.....	103
4.10	Fastgørelser til uafstivede flanger .....	104
4.11	Lange samlinger.....	104
4.12	Excentrisk belastede enkelte kantsømme eller ensidige stumpsømme med delvis gennemsvæjsning .....	105
4.13	Vinkelprofiler fastgjort ved én flig .....	105
4.14	Svejsning i koldformede zoner.....	105
<b>5</b>	<b>Beregning, klassifikation og modellering.....</b>	<b>106</b>
5.1	Global beregning.....	106
<b>6</b>	<b>Bærende samlinger i H- eller I-profiler .....</b>	<b>107</b>
6.1	Generelt.....	107
<b>7</b>	<b>Samlinger i rørprofiler.....</b>	<b>107</b>



**DS/EN 1993 FU:2013**

**DS/EN 1993-1-10 FU Materialesejhed og egenskaber i tykkelsesretningen..... 109**

<b>2</b>	<b>Valg af materialer med henblik på brudsejhed .....</b>	<b>109</b>
2.1	Generelt.....	109
2.2	Fremgangsmåde.....	109
2.3	Maksimale tilladte tykkelsesværdier.....	111

## DS/EN 1993-1-1 FU

### Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner

## 1 Generelt

### 1.1 Emne

#### 1.1.1 *Emne for Eurocode 3*

(1) Eurocode 3 gælder for bygge- og anlægsarbejder af stål. Den opfylder de principper for og krav til konstruktionernes sikkerhed og funktion og det dimensionerings- og eftervisningsgrundlag, der er fastlagt i EN 1990 – Basis of structural design.

(3) Eurocode 3 skal anvendes sammen med:

- EN 1990 *Basis of structural design*
- EN 1991 *Actions on structures*
- EN'er, ETAG'er og ETA'er for byggevarer, der er relevante for stålkonstruktioner
- EN 1090 *Execution of Steel Structures – Technical requirements*
- EN 1992 til EN 1999, hvor der i disse refereres til stålkonstruktioner eller stålkomponenter.

(4) Eurocode 3 er opdelt i forskellige dele:

- EN 1993-1 *Design of Steel Structures: General rules and rules for buildings*
- EN 1993-2 *Design of Steel Structures: Steel bridges*
- EN 1993-3 *Design of Steel Structures: Towers, masts and chimneys*
- EN 1993-4 *Design of Steel Structures: Silos, tanks and pipelines*
- EN 1993-5 *Design of Steel Structures: Piling*
- EN 1993-6 *Design of Steel Structures: Crane supporting structures*

(5) EN 1993-2 til EN 1993-6 henviser til grundlæggende regler i EN 1993-1. Reglerne i delene EN 1993-2 til EN 1993-6 supplerer de grundlæggende regler i EN 1993-1.

(6) EN 1993-1, *General rules and rules for buildings* omfatter:

- EN 1993-1-1 *Design of Steel Structures: General rules and rules for buildings*
- EN 1993-1-2 *Design of Steel Structures: Structural fire design*
- EN 1993-1-3 *Design of Steel Structures: Cold-formed members and sheeting*
- EN 1993-1-4 *Design of Steel Structures: Stainless steels*
- EN 1993-1-5 *Design of Steel Structures: Plated structural elements*
- EN 1993-1-6 *Design of Steel Structures: Strength and stability of shell structures*

**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

- EN 1993-1-7 *Design of Steel Structures: Strength and stability of planar plated structures transversely loaded*
- EN 1993-1-8 *Design of Steel Structures: Design of joints*
- EN 1993-1-9 *Design of Steel Structures: Fatigue strength of steel structures*
- EN 1993-1-10 *Design of Steel Structures: Selection of steel for fracture toughness and through-thickness properties*
- EN 1993-1-11 *Design of Steel Structures: Design of tension components of steel*
- EN 1993-1-12 *Design of Steel Structures: Supplementary rules for high strength steel.*

**1.1.2 Emne for del 1.1 af Eurocode 3**

(1) EN 1993-1-1 angiver grundlæggende regler for stålkonstruktioner med materialetykkelser på  $t \geq 3$  mm. Den indeholder også supplerende bestemmelser om dimensionering af stålbygninger. Disse supplerende bestemmelser er markeret med bogstavet "B" efter afsnitsnummeret, fx ( )B.

NOTE – For koldformede elementer og beklædning, se EN 1993-1-3.

**1.2 Normative referencer**

Normative referencer er henvisninger til andre standarder, hvis bestemmelser i form af daterede eller udaterede referencer gælder for denne standard. Disse normative referencer er anført de relevante steder i teksten, og publikationerne er nævnt nedenfor. Når daterede referencer ændres eller revideres, vil ændringen eller revisionen ikke gælde for denne standard, medmindre der udgives et tillæg eller en revideret udgave. For udaterede referencer gælder den nyeste udgave af den pågældende publikation (med tillæg).

**1.2.1 Generelle referencestandarder**

- EN 1090 *Execution of steel structures – Technical requirements*
- EN ISO 12944 *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*
- EN ISO 1461 *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – specifications and test methods.*

**1.2.2 Referencestandarder vedr. svejselige konstruktionsstål**

- EN 10025-1:2004 *Hot-rolled products of structural steels – Part 1: General delivery conditions*
- EN 10025-2:2004 *Hot-rolled products of structural steels – Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*
- EN 10025-3:2004 *Hot-rolled products of structural steels – Part 3: Technical delivery conditions for normalized / normalized rolled weldable fine grain structural steels*
- EN 10025-4:2004 *Hot-rolled products of structural steels – Part 4: Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels*

- EN 10025-5:2004 *Hot-rolled products of structural steels – Part 5: Technical delivery conditions for structural steels with improved atmospheric corrosion resistance*
- EN 10025-6:2004 *Hot-rolled products of structural steels – Part 6: Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in the quenched and tempered condition*
- EN 10164:1993 *Steel products with improved deformation properties perpendicular to the surface of the product – Technical delivery conditions*
- EN 10210-1:1994 *Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels – Part 1: Technical delivery requirements*
- EN 10219-1:1997 *Cold formed hollow sections of structural steel – Part 1: Technical delivery requirements.*

### 1.3 Forudsætninger

- (1) Foruden de generelle forudsætninger i EN 1990 gælder følgende forudsætninger:
- fremstilling og udførelse opfylder kravene i EN 1090.

### 1.4 Forskellen mellem principper og anvendelsesregler

- (1) Reglerne i EN 1990, punkt 1.4, gælder.

### 1.5 Begreber og definitioner

- (1) Reglerne i EN 1990, punkt 1.5, gælder.

- (2) Følgende begreber og definitioner anvendes i EN 1993-1-1 med den angivne betydning:

#### 1.5.4

##### ***global beregning***

Bestemmelse af et konsistent sæt af snitkræfter i en konstruktion, der er i ligevægt med et bestemt sæt laster på konstruktionen.

#### 1.5.5

##### ***systemlængde***

Afstand i et givet plan mellem to tilgrænsende punkter, i hvilke et element fastholdes mod sideværts forskydning i dette plan, eller mellem et sådant punkt og enden af elementet.

#### 1.5.6

##### ***knæklængde***

Længde af et i øvrigt tilsvarende element med simpelt understøttede ender, der har samme kritiske udknækningslast som et givet element eller afsnit af et element.

**DS/EN 1993-1-1 FU:2013****1.5.7*****shear lag***

Uensartet spændingsfordeling i brede flanger hidrørende fra forskydningsdeformationer. Der tages højde herfor ved at anvende en reduceret "effektiv" flangebredde i beregningen.

**1.5.8*****kapacitetsdimensionering***

Dimensioneringsmetode til opnåelse af et elements plastiske bæreevne ved at øge bæreevnen i samlingerne og i dele, der er forbundet med elementet.

**1.6 Symboler**

(1) I denne standard anvendes følgende symboler.

(2) Andre symboler defineres, hvor de forekommer første gang.

NOTE – Symbolerne er anført efter rækkefølgen i EN 1993-1-1. Symbolerne kan have forskellige betydninger.

***Kapitel 1***

x-x	elements længdeakse
y-y	tværsnitsakse
z-z	tværsnitsakse
u-u	første hovedakse (hvor denne ikke falder sammen med y-y-aksen)
v-v	anden hovedakse (hvor denne ikke falder sammen med z-z-aksen)
b	tværsnitsbredde
h	tværsnitshøjde
d	højde af plane del af kroppen
$t_w$	kropstykkelse
$t_f$	flangetykkelse
r	rundingsradius mellem krop og flange
$r_1$	rundingsradius mellem krop og flange
$r_2$	rundingsradius for flangekant
t	tykkelse

***Kapitel 2***

$X_k$	karakteristiske værdier for materialeegenskaber
$X_n$	nominelle værdier for materialeegenskaber
$R_d$	regningsmæssig bæreevne

$R_k$	karakteristisk bæreevne
$\gamma_M$	generel partialkoefficient
$\gamma_{Mi}$	specifik partialkoefficient
$\eta$	omregningsfaktor
$a_d$	regningsmæssig værdi af geometriske data

### Kapitel 3

$f_y$	flydespænding
$f_u$	trækstyrke
$R_{eH}$	flydespænding efter produktstandarder
$R_m$	trækstyrke efter produktstandarder
$A_0$	begyndelsestværsnitsareal i prøveemne
$\varepsilon_y$	flydetøjning
$\varepsilon_u$	brudtøjning
$E$	elasticitetsmodul
$G$	forskydningsmodul
$\nu$	Poissons forhold
$\alpha$	koefficient for lineær termisk udvidelse

### Kapitel 5

$\bar{\lambda}$	relativt slankhedsforhold
$N_{Ed}$	regningsmæssig værdi af normalkraft
$\phi$	global initial svajimperfektion
$\phi_0$	basisværdi for global initial svajimperfektion
$\alpha_m$	reduktionsfaktor på antallet af søjler i en række
$m$	antal af søjler i en række
$e_0$	maksimal amplitude for et elements imperfektion
$L$	elementlængde
$q$	ækvivalent kraft pr. længdeenhed
$\delta_q$	afstivningssystems udbøjning i planen
$q_d$	ækvivalent kraft pr. længdeenhed
$M_{Ed}$	regningsmæssigt bøjningsmoment
$\sigma_{com,Ed}$	maksimal regningsmæssig trykspænding i et element
$\varepsilon$	faktor afhængig af $f_y$

**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

$c$	bredde eller højde af en del af et tværsnit
$\alpha$	brøkdelen af en del af et trykpåvirket tværsnit
$\psi$	spændings- eller tøjningsforhold
$k_{\sigma}$	foldningsfaktor
$d$	ydre diameter af cirkulære rør

**Kapitel 6**

$\gamma_{M0}$	partialkoefficient for tværsnits bæreevne uanset klasse
$\gamma_{M1}$	partialkoefficient for elementers bæreevne mht. instabilitet
$\gamma_{M2}$	partialkoefficient for bæreevne mht. brud i trækpåvirkede tværsnit
$\sigma_{x,Ed}$	regningsmæssig værdi af lokale spændinger i længderetningen
$\sigma_{z,Ed}$	regningsmæssig værdi af lokale spændinger i tværretningen
$\tau_{Ed}$	regningsmæssig værdi af lokal forskydningsspænding
$N_{Ed}$	regningsmæssig normalkraft
$M_{y,Ed}$	regningsmæssigt bøjningsmoment om y-y-aksen
$M_{z,Ed}$	regningsmæssigt bøjningsmoment om z-z-aksen
$N_{Rd}$	regningsmæssig værdi af normalkraftbæreevne
$M_{y,Rd}$	regningsmæssig værdi af bæreevne mht. bøjningsmomenter om y-y-aksen
$M_{z,Rd}$	regningsmæssig værdi af bæreevne mht. bøjningsmomenter om z-z-aksen
$s$	forskudt deling, afstand mellem midten af to på hinanden følgende huller i en række målt parallelt med elementets akse
$p$	afstand mellem midten af de samme to huller målt vinkelret på elementets akse
$n$	antallet af huller i en hvilken som helst diagonal eller zigzag-linje tværs over elementet eller en del af elementet
$d_0$	huldiameter
$N_{t,Rd}$	regningsmæssig bæreevne mht. trækraft
$N_{pl,Rd}$	regningsmæssig plastisk bæreevne af bruttotværsnit mht. normalkraft
$N_{u,Rd}$	regningsmæssig bæreevne af nettotværsnit gennem huller for samlingselementer mht. normalkraft
$A_{net}$	nettotværsnitsareal
$N_{net,Rd}$	regningsmæssig plastisk bæreevne af nettotværsnit mht. normalkraft
$N_{c,Rd}$	regningsmæssig bæreevne af tværsnit mht. normalkraft fra jævn trykpåvirkning
$M_{c,Rd}$	regningsmæssig bæreevne mht. bøjning om en af tværsnittets hovedakser
$W_{pl}$	plastisk modstandsmoment
$W_{el,min}$	mindste elastiske modstandsmoment

$A_f$	areal af trækflange
$A_{f,net}$	nettoareal af trækflange
$V_{Ed}$	regningsmæssig forskydningskraft
$V_{c,Rd}$	regningsmæssig forskydningsbæreevne
$V_{pl,Rd}$	regningsmæssig plastisk forskydningsbæreevne
$A_v$	forskydningsareal
$\eta$	faktor for forskydningsareal
$S$	statisk arealmoment
$I$	inertimoment
$A$	tværsnitsareal
$A_w$	kroppens areal
$A_f$	flangeareal
$T_{Ed}$	regningsmæssig værdi af det totale vridningsmoment
$T_{Rd}$	regningsmæssig bæreevne mht. vridningsmoment
$\rho$	reduktionsfaktor til bestemmelse af reducerede regningsmæssige værdier for bæreevne mht. bøjningsmoment under hensyntagen til forskydningskraft
$M_{V,Rd}$	reduceret regningsmæssig værdi for bæreevne mht. bøjningsmoment under hensyntagen til forskydningskraft
$M_{N,Rd}$	reduceret regningsmæssig værdi for bæreevne mht. bøjningsmoment under hensyntagen til normalkraft
$n$	forhold mellem regningsmæssig normalkraft og regningsmæssig plastisk bæreevne mht. normalkraft for bruttotværsnittet
$a$	forholdet mellem kroppens areal og bruttoarealet
$\alpha$	parameter for effekten af toakset bøjning
$\beta$	parameter for effekten af toakset bøjning
$N_{b,Rd}$	regningsmæssig bæreevne mht. udknækning af et trykpåvirket element
$\chi$	reduktionsfaktor for relevant udbøjningsfigur
$\Phi$	værdi til bestemmelse af reduktionsfaktor $\chi$
$a_0, a, b, c, d$	klasseindekser for søjlekurver
$N_{cr}$	elastisk kritisk kraft for den relevante udbøjningsfigur baseret på bruttotværsnittets egenskaber
$i$	inertiradius omkring den relevante akse bestemt på grundlag af bruttotværsnittets egenskaber
$\lambda_1$	slankhedsværdi til bestemmelse af den relative slankhed



**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

$\bar{\lambda}_T$	relativ slankhed mht. vridnings- eller vridningsbøjningsudknækning
$N_{cr,TF}$	elastisk vridningsbøjningsudknækningskraft
$N_{cr,T}$	elastisk vridningsudknækningskraft
$M_{b,Rd}$	regningsmæssigt momentbæreevne mht. kipning
$\chi_{LT}$	reduktionsfaktor for kipning
$\Phi_{LT}$	værdi til bestemmelse af reduktionsfaktoren $\chi_{LT}$
$\alpha_{LT}$	imperfektionsfaktor
$\bar{\lambda}_{LT}$	relativ slankhed mht. kipning
$M_{cr}$	elastisk kritisk moment mht. kipning
$\bar{\lambda}_{LT,0}$	plateaulængde af kipningskurver for valsede og svejste profiler
$b$	korrektionsfaktor for kipningskurver for valsede og svejste profiler
$\chi_y$	reduktionsfaktor mht. bøjningsudknækning (y-y-akse)
$\chi_z$	reduktionsfaktor mht. bøjningsudknækning (z-z-akse)
$k_{yy}$	interaktionsfaktor
$k_{yz}$	interaktionsfaktor
$k_{zy}$	interaktionsfaktor
$k_{zz}$	interaktionsfaktor
$N_{Rk}$	karakteristisk værdi af bæreevne mht. trykpåvirkning
$M_{y,Rk}$	karakteristisk værdi af bæreevne mht. bøjningsmomenter omkring y-y-aksen
$M_{z,Rk}$	karakteristisk værdi af bæreevne mht. bøjningsmomenter omkring z-z-aksen

**Anneks A**

$C_{my}$	ækvivalent momentfaktor
$C_{mz}$	ækvivalent momentfaktor
$C_{mLT}$	ækvivalent momentfaktor

**Anneks B**

$\alpha_s$	faktor; s = positivt moment
$\alpha_h$	faktor; h = negativt moment
$C_m$	ækvivalent momentfaktor

## 1.7 Konventioner for koordinataksler

(1) Konventionen for elementakser er:

- x-x – langs elementet
- y-y – tværsnitsakse
- z-z – tværsnitsakse

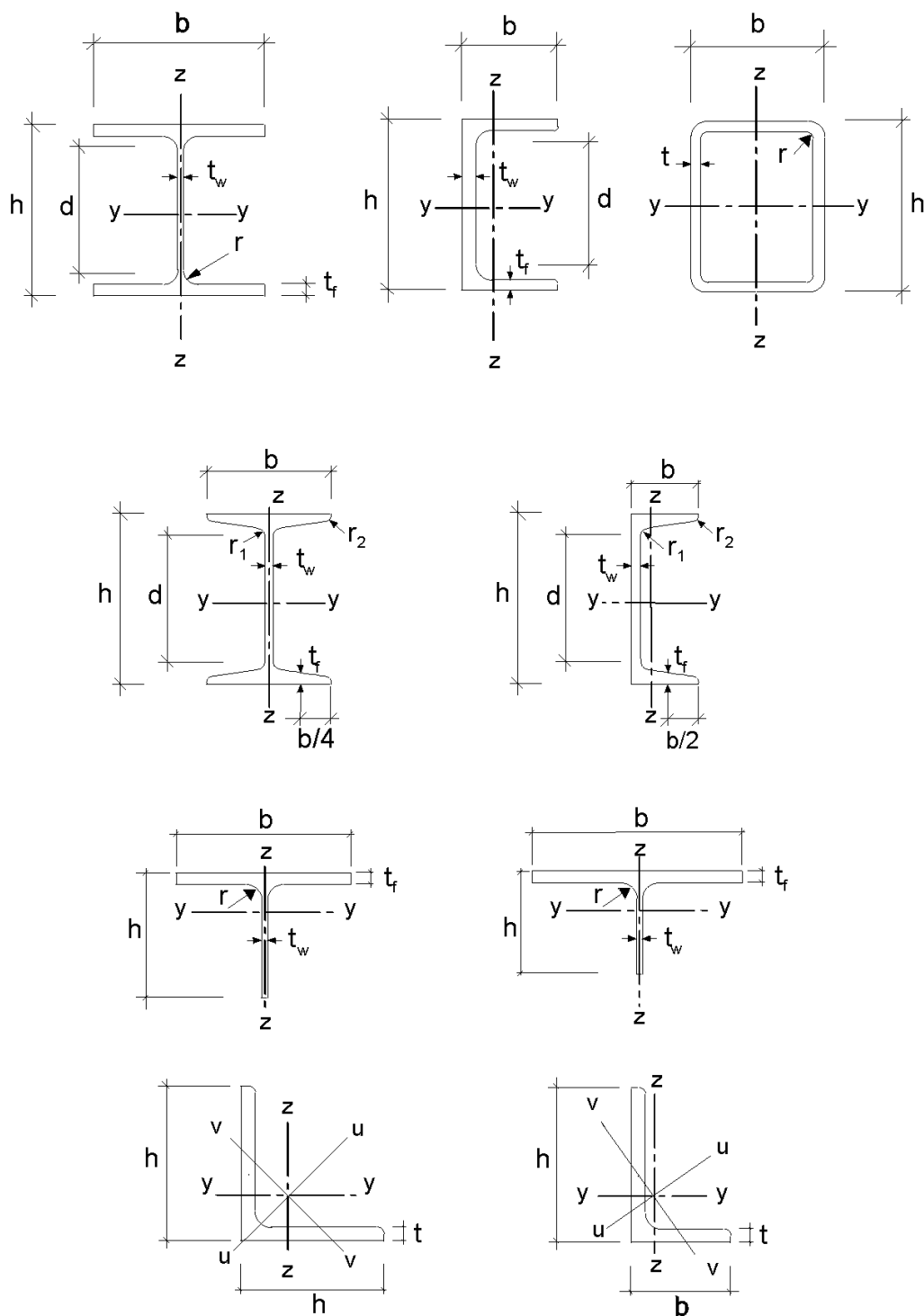
(2) For stålelementer er de anvendte konventioner for tværsnitsakser:

- generelt:
  - y-y – tværsnitsakse parallel med flangerne
  - z-z – tværsnitsakse vinkelret på flangerne
- for vinkeltværsnit:
  - y-y – akse parallel med den mindste flig
  - z-z – akse vinkelret på den mindste flig
- hvor det er nødvendigt:
  - u-u – stærke hovedakse (hvor denne ikke falder sammen med y-y-aksen)
  - v-v – svage hovedakse (hvor denne ikke falder sammen med z-z-aksen)

(3) De anvendte symboler for dimensioner og akser af valsede stålprofiler er angivet i figur 1.1.

(4) Den anvendte konvention for indekser, der angiver akser for momenter er: "Brug den akse, hvorom momenterne virker."

NOTE – Alle regler i denne eurocode relaterer til egenskaber mht. hovedakserne, som generelt er lig med y-y-aksen og z-z-aksen, men for tværsnit, som fx vinkler, er de lig med u-u-aksen og v-v-aksen.



**Figur 1.1 – Tværsnitsdimensioner og -akser**

## 2 Beregningsgrundlag

### 2.1 Krav

#### 2.1.1 Grundlæggende krav

(1) P Stålkonstruktioner skal beregnes i overensstemmelse med de generelle regler i EN 1990.

(2) De supplerende bestemmelser for stålkonstruktioner i dette kapitel bør også anvendes.

(3) De grundlæggende krav i EN 1990, kapitel 2, bør betragtes som opfyldt, hvis beregningen baseres på grænsetilstande sammen med partialkoefficientmetoden og lastkombinationerne angivet i EN 1990 og med lasterne angivet i EN 1991.

#### 2.1.2 Pålidelighedsstyring

(1) Hvis der kræves forskellige pålidelighedsniveauer, bør disse niveauer så vidt muligt opnås gennem et hensigtsmæssigt valg af kvalitetsstyring ved dimensioneringen og udførelsen i henhold til EN 1990, Anneks C, og EN 1090.

I udførelsesstandarden DS/EN 1090-2 er indført 4 udførelsesklasser EXC1 – EXC4, hvor EXC1 indeholder de mest lempede krav, og EXC4 indeholder de mest skærpede krav til udførelsen. Det er den projekterendes ansvar at vælge den nødvendige udførelsesklasse for hvert enkelt konstruktionselement og -samling.

Generelt set opnås en tilstrækkelig kvalitet af en konstruktion, når den er udført i henhold til udførelsesklasse EXC2, hvis konstruktionen er projekteret i normal konsekvensklasse (CC2) i henhold til DS/EN 1990.

For konstruktioner projekteret i lav konsekvensklasse (CC1) i henhold til DS/EN 1990 vil man kunne lempe kravet til udførelsesklasse til EXC1. For udførelse af svejsninger er der dog i henhold til DS/EN 1993-1-8 krævet en svejsekarakter på mindst niveau C. Man bør derfor mindst benytte udførelsesklasse EXC2 for de svejste samlinger i konstruktionen.

Som vejledning kan konstruktionens udførelsesklasse vælges i henhold til nedenstående tabel.

Konsekvensklasse	Anbefalet udførelsesklasse, eksklusive svejsninger	Anbefalet udførelsesklasse, svejsninger for stålkvaliteter op til og med S355
CC1	EXC1	EXC2
CC2	EXC2	EXC2
CC3	EXC3	EXC3
CC1, udmattelsespåvirket	EXC2	EXC3
CC2, udmattelsespåvirket	EXC3	EXC3
CC3, udmattelsespåvirket	EXC4	EXC4

For særlig kritiske konstruktionselementer og/eller samlinger bør det overvejes, om udførelseskravene skal skærpes.

### **2.1.3 Forventet levetid, holdbarhed og robusthed**

#### **2.1.3.1 Generelt**

(1)P Afhængigt af hvilke laster der har betydning for holdbarheden og den forventede levetid (se EN 1990), skal stålkonstruktioner være

- dimensioneret til at modstå korrosion ved hjælp af
  - passende overfladebeskyttelse (se EN ISO 12944)
  - anvendelse af rusttrægt stål
  - anvendelse af rustfrit stål (se EN 1993-1-4)
- detaljeret mht. tilstrækkelig udmattelseslevetid (se EN 1993-1-9)
- dimensioneret mht. slid
- dimensioneret mht. ulykkeslaste (se EN 1991-1-7)
- kontrolleret og vedligeholdt.

#### **2.1.3.2 Forventet levetid for bygninger**

(1)P, B Den forventede levetid skal regnes som den periode, som en bygningskonstruktion forventes anvendt i til det forudsatte formål.

(2)B For specifikation af den forudsatte forventede levetid for en permanent bygning, se tabel 2.1 i EN 1990.

(3)B For konstruktionselementer, som ikke kan dimensioneres mht. bygningens samlede forventede levetid, se 2.1.3.3(3)B.

#### **2.1.3.3 Bygningers holdbarhed**

(1)P, B For at sikre holdbarheden skal bygninger og bygningskomponenter enten dimensioneres mht. miljølaste og udmattelse, såfremt det er relevant, eller beskyttes mod dem.

(2)P, B Der skal tages hensyn til virkningerne af materialenedbrydning, korrosion eller udmattelse, hvor det er relevant, ved hensigtsmæssigt materialevalg, se EN 1993-1-4 og EN 1993-1-10, og detaljer, se EN 1993-1-9, eller ved konstruktionsmæssig overdimensionering og ved valg af et hensigtsmæssigt korrosionsbeskyttelsessystem.

## **2.2 Principper for beregninger i grænsetilstande**

(1) Bæreevnen for tværsnit og elementer specificeret i denne Eurocode 3 for brudgrænsetilstandene som defineret i 3.3 i EN 1990 er baseret på forsøg, hvor materialerne udviste tilstrækkelig duktilitet til, at der kan anvendes forenkede beregningsmodeller.

(2) Bæreevnen specificeret i denne eurocodedel kan derfor anvendes, hvor betingelserne for materialerne i kapitel 3 er opfyldt.

## 2.3 Grundlæggende variable

### 2.3.1 *Laster og miljøpåvirkninger*

(1) De laster, der skal lægges til grund ved dimensionering af stålkonstruktioner bør tages fra EN 1991. For kombinationen af laster og partialkoefficienter, se anneks A til EN 1990.

(2) De laster, der skal tages hensyn til ved opførelsen, bør tages fra EN 1991-1-6.

### 2.3.2 *Materiale- og produkttegenskaber*

(1) Medmindre der er anført andet i denne standard, bør materialeegenskaberne for stål og andre byggevarer og de geometriske parametre, der anvendes ved dimensioneringen, være som specificeret i de relevante EN'er, ETAG'er eller ETA'er.

## 2.4 Eftervisning ved partialkoefficientmetoden

### 2.4.1 *Regningsmæssige værdier af materialeegenskaber*

(1) Ved dimensioneringen af stålkonstruktioner skal anvendes de karakteristiske værdier  $X_k$  eller nominelle værdier  $X_n$  af materialeegenskaberne anvendes som anført i denne eurocode.

### 2.4.2 *Regningsmæssige værdier af geometriske parametre*

(1) Geometriske parametre for tværsnit og systemer kan tages fra produktstandarderne hEN eller konstruktionstegninger for udførelse i EN 1090 og anvendes som nominelle værdier.

(2) Geometriske imperfektioner anført i denne standard er ækvivalente geometriske imperfektioner, som tager hensyn til virkningerne af:

- geometriske imperfektioner af elementer som bestemt af geometriske tolerancer i produktstandarder eller udførelsesstandard
- konstruktionsimperfektioner hidrørende fra fremstilling og montage
- egenspændinger
- variation af flydespændingen.

### 2.4.3 *Regningsmæssige værdier for modstandsevne*

(1) For stålkonstruktioner gælder formel (6.6c) eller formel (6.6d) i EN 1990:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} = \frac{1}{\gamma_M} R_k (\eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i}; a_d) \quad (2.1)$$

hvor  $R_k$  er den karakteristiske værdi af den modstandsevne, der bestemmes ud fra de karakteristiske eller nominelle værdier af materialeegenskaberne og -dimensionerne

$\gamma_M$  er den globale partialkoefficient for denne modstandsevne.

NOTE – Vedr. definitioner af  $\eta_1$ ,  $\eta_i$ ,  $X_{k,1}$ ,  $X_{k,i}$  og  $a_d$ , se EN 1990.

**2.4.4 Eftervisning af statisk ligevægt (EQU)**

(1) Pålidelighedsformatet for eftervisningen af statisk ligevægt i tabel 1.2 (A) i anneks A i EN 1990 gælder også for dimensioneringssituationer svarende til (EQU), fx for dimensionering af forankringer eller ved undersøgelse af opløft af lejer for kontinuerte bjælker.

**2.5 Dimensionering understøttet af prøvning**

(1) Modstandsværdierne  $R_k$  i denne standard er bestemt med anvendelse af anneks D i EN 1990.

(2) Ved anbefalingen af grupper af konstante partialkoefficienter  $\gamma_{Mi}$  er de karakteristiske værdier  $R_k$  bestemt ud fra:

$$R_k = R_d \gamma_{Mi} \quad (2.2)$$

hvor  $R_d$  er de regningsmæssige værdier i henhold til anneks D i EN 1990

$\gamma_{Mi}$  er anbefalede partialkoefficienter.

NOTE 1 – De numeriske værdier af de anbefalede partialkoefficienter  $\gamma_{Mi}$  er bestemt således, at  $R_k$  svarer til ca. 5%-fraktilen for et uendeligt antal prøvninger.

NOTE 3 – Vedr. karakteristiske værdier af sejhedsegenskaber og sikkerhedselementer til brug ved sejheds-eftervisningen, se EN 1993-1-10.

(3) Hvor modstandsevnen  $R_k$  for præfabrikerede produkter bør bestemmes ved prøvning, bør proceduren i (2) følges.

**3 Materialer****3.1 Generelt**

(1) De nominelle værdier af materialeegenskaber, der er anført i dette kapitel, bør anvendes som karakteristiske værdier i beregningerne.

(2) Normen gælder for stålmaterialer i overensstemmelse med tabel 3.1 i EN 1993-1-1 eller tilsvarende.

Dette betyder, at denne del af EN 1993 dækker dimensionering af stålkonstruktioner fremstillet af stålmateriale, der er i overensstemmelse med DS/EN 10025-2, DS/EN 10025-3, DS/EN 10025-4, DS/EN 10025-5, S 460 efter DS/EN 10025-6, DS/EN 10210-1 og DS/EN 10219-1.

**3.2 Konstruktionsstål****3.2.1 Materialeegenskaber**

(1) Jf. DK NA bør de nominelle værdier for flydespændingen  $f_y$  og trækstyrken  $f_u$  for konstruktionsstål bestemmes ved at benytte værdierne  $f_y = R_{eH}$  og  $f_u = R_m$  direkte fra produktstandarderne.

### 3.2.2 *Krav til duktilitet*

(2) Det kan forudsættes, at stål, der er i overensstemmelse med en af standarderne i 3.1 (2), opfylder disse krav.

### 3.2.3 *Brudsejhed*

(1)P Materialet skal have tilstrækkelig brudsejhed til, at der ikke optræder sprødbud ved trækpåvirkede elementer ved den laveste driftstemperatur, der forventes at optræde i konstruktionens forventede levetid.

(2)Yderligere kontrol for sprødbud er ikke nødvendigt, hvis betingelserne i EN 1993-1-10 er opfyldt for den laveste temperatur.

(3)B For trykpåvirkede bygningsdele bør der vælges en minimumsejhed svarende til brug af tabel 2.1 i EN 1993-1-10 (se side 81) for  $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ .

(4) For valg af stål til varmgalvaniserede elementer, se EN ISO 1461.

### 3.2.4 *Egenskaber i tykkelsesretningen*

(1) Hvis der kræves stål med forbedrede egenskaber i tykkelsesretningen i henhold til EN 1993-1-10, bør der anvendes stål i overensstemmelse med EN 10164.

I EN 1993-1-10 er angivet en metode til eftervisning af tilstrækkelig sikkerhed mod udrivningsbrud. Ved påvirkning vinkelret på tykkelsesretningen må pladen ikke være lagdelt.

### 3.2.5 *Tolerancer*

(3) Ved konstruktionsanalyse og dimensionering bør de nominelle værdier af dimensionerne anvendes.

### 3.2.6 *Materialeparametre*

(1) De materialeparametre, der skal anvendes i beregninger for konstruktionsstål dækket af denne eurocode, bør sættes til:

– elasticitetsmodul	$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
– forskydningsmodul	$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \approx 81\,000 \text{ N/mm}^2$
– Poissons forhold	$\nu = 0,3$
– lineær varmeudvidelseskoefficient	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ 1/K (for } T \leq 100 \text{ °C)}$

## 4 *Holdbarhed*

(1) De grundlæggende holdbarhedskrav er fastlagt i EN 1990.

(3) Dele, der er følsomme over for korrosion, mekanisk slid eller udmattelse, bør dimensioneres således, at kontrol, vedligeholdelse og rekonstruktion kan udføres tilfredsstillende i forhold til forventet levetid, og således at der er adgang for overvågning og vedligeholdelse.



**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

(4)B For bygningskonstruktioner kræves der normalt ingen beregning af udmattelse, undtagen i følgende tilfælde:

- a) Elementer, der understøtter løfteanordninger eller rullende laster
- b) Elementer, der udsættes for gentagne spændingscykler som følge af vibrerende maskiner
- c) Elementer, der er udsat for vindinducerede vibrationer
- d) Elementer, der er udsat for vibrationer hidrørende fra grupper af personer.

(5)P For elementer, som ikke kan kontrolleres, skal det forudsættes, at der kan forekomme en vis korrosion.

(6)B Det er ikke nødvendigt at forsyne indvendige bygningskonstruktioner med korrosionsbeskyttelse, hvis den indvendige relative fugtighed ikke overstiger 80 %.

## **5 Beregning**

### **5.1 Modellering af konstruktionen**

#### **5.1.1 *Beregningsmodeller og grundlæggende forudsætninger***

(1)P Beregninger skal baseres på beregningsmodeller af konstruktionen, som er relevante for den grænsetilstand, der betragtes.

(2) Beregningsmodellen og de grundlæggende forudsætninger for beregningerne bør afspejle konstruktionens virkemåde ved den relevante grænsetilstand med den nødvendige nøjagtighed og afspejle tværsnittenes, elementernes, samlingernes og understøtningernes forventede virkemåde.

(3)P Den metode, der anvendes til beregningen, skal være konsistent med beregningsforudsætningerne.

#### **5.1.2 *Modeller for samlinger***

(1) Virkningerne af samlingernes virkemåde på fordelingen af snitkræfterne i en konstruktion og på den samlede deformation af konstruktionen kan generelt lades ude af betragtning. Der bør dog tages hensyn til disse virkninger, når de er væsentlige (som fx ved semikontinuerte samlinger), se EN 1993-1-8.

Rotationsstivheden af samlinger (rammehjørner) er afgørende for snitkraftfordelingen i statisk ubestemte rammekonstruktioner. I DS/EN 1993-1-8 er der et udførligt værktøj til hjælp ved den globale beregning (kapitel 5) og til bestemmelse af moment/rotationskarakteristikken for forskellige typer af rammehjørner (kapitel 6).

## 5.2 Global beregning

### 5.2.1 *Virkninger af konstruktionens deformationer*

(1) Snitkræfterne kan generelt bestemmes ved hjælp af enten:

- 1.-ordens-beregning, idet konstruktionens initialgeometri benyttes, eller
- 2.-ordens-beregning, der tager hensyn til indflydelsen af konstruktionens deformation.

(2) Der bør tages hensyn til virkningerne af den deformerede geometri (2.-ordens-virkninger), hvis de forøger lastvirkningerne betydeligt eller ændrer konstruktionens virkemåde væsentligt.

Ved elastisk global beregning kan benyttes en 1.-ordens-beregning, hvis udknækningslasten mht. global instabilitet baseret på elasticitetsteorien er mindst 10 gange større end den regningsmæssige last på konstruktionen. Mere detaljerede retningslinjer er givet i DS/EN 1993-1-1, punkt 5.2.1.

### 5.2.2 *Stabilitet af rammer*

(1) Hvis der i henhold til 5.2.1 skal tages hensyn til konstruktionens deformation, bør der anvendes relevante metoder for at tage hensyn til disse virkninger og eftervise konstruktionens stabilitet.

(2) Eftervisningen af systemernes eller delsystemernes stabilitet bør foretages under hensyntagen til imperfektioner og 2.-ordens-virkninger.

I DS/EN 1993-1-1, punkt 5.2.2 er angivet retningslinjer for, hvordan der kan tages hensyn til imperfektioner og 2.-ordens-virkninger.

## 5.3 Imperfektioner

### 5.3.1 *Grundlag*

(1) Ved konstruktionsanalysen bør der tages hensyn til virkningen af imperfektioner, inklusive egenspændinger og geometriske imperfektioner som fx afvigelse fra lodret, afvigelse fra retlinjethed, manglende planhed, manglende tilpasning og excentriciteter i den ubelastede konstruktions samlinger, der er større end de grundlæggende tolerancer angivet i DS/EN 1090-2.

I DS/EN 1993-1-1, punkt 5.3.1 og 5.3.2 er angivet retningslinjer for, hvordan imperfektioner af såvel konstruktionen som helhed som af de enkelte elementer kan medtages i beregningen.

### 5.3.3 *Imperfektioner ved beregning af afstivende systemer*

(1) Ved beregningen af afstivende systemer, der skal sikre bjælker eller trykstænger mod udknækning, skal der tages hensyn til virkningerne af imperfektioner ved hjælp af en ækvivalent geometrisk imperfektion af de elementer, der skal fastholdes, i form af en initial pilhøjdeimperfektion:

**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

$$e_0 = \alpha_m L / 500 \quad (5.12)$$

hvor  $L$  er det afstivende systems spændvidde

og 
$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left( 1 + \frac{1}{m} \right)}$$

hvor  $m$  er antallet af elementer, der skal fastholdes.

(2) For nemheds skyld kan de initiale pilhøjdeimperfektioner af de elementer, der skal fastholdes af et afstivende system, erstattes af de ækvivalente stabiliserende kræfter vist i figur 5.6:

$$q_d = \sum N_{Ed} 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2} \quad (5.13)$$

hvor  $\delta_q$  er udbøjningen i planen af det afstivende system som følge af  $q$  plus eventuelle eksterne laster beregnet ved en 1.-ordens-beregning

NOTE –  $\delta_q$  kan regnes som 0, hvis en 2.-ordens-beregning anvendes.

(3) Hvor det afstivende system benyttes til stabilisering af trykflangen af en bjælke med konstant højde, kan kraften  $N_{Ed}$  i figur 5.6 beregnes ud fra:

$$N_{Ed} = M_{Ed} / h \quad (5.14)$$

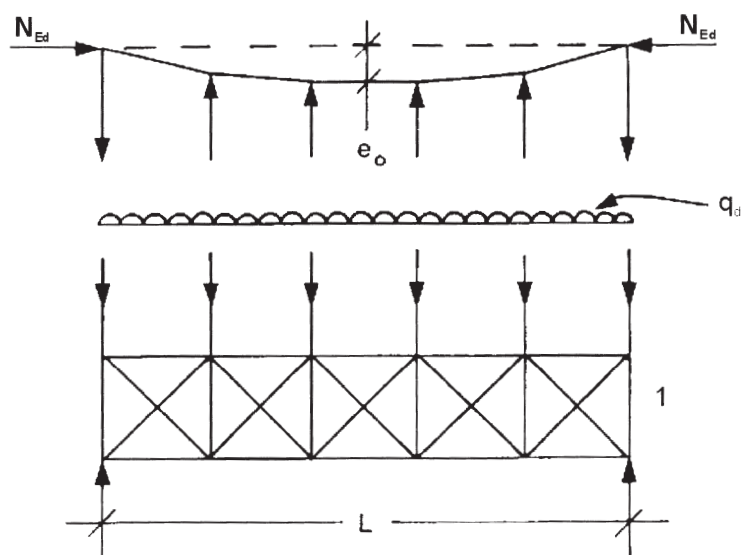
hvor  $M_{Ed}$  er det største moment i bjælken

og  $h$  er bjælkens totale højde.

NOTE – Hvor en bjælke er påvirket af et ydre tryk, bør  $N_{Ed}$  indeholde den relevante del af trykkraften.

(4) I de punkter, hvor bjælker eller trykpåvirkede elementer er stødt, bør det også eftervises, at det afstivende system er i stand til at optage en lokal kraft lig med  $\alpha_m N_{Ed} / 100$ , som hver bjælke eller hvert trykpåvirket element, der er stødt i dette punkt, påvirker systemet med, og at overføre denne kraft til de punkter, hvor bjælken eller det trykpåvirkede element er fastholdt, se figur 5.7.

(5) Ved kontrol af optagelsen af den lokale kraft i henhold til (4) bør alle eksterne laster, der virker på det afstivende system, også medregnes, men kræfter, der stammer fra imperfektioner, som anført under (1) kan udelades.



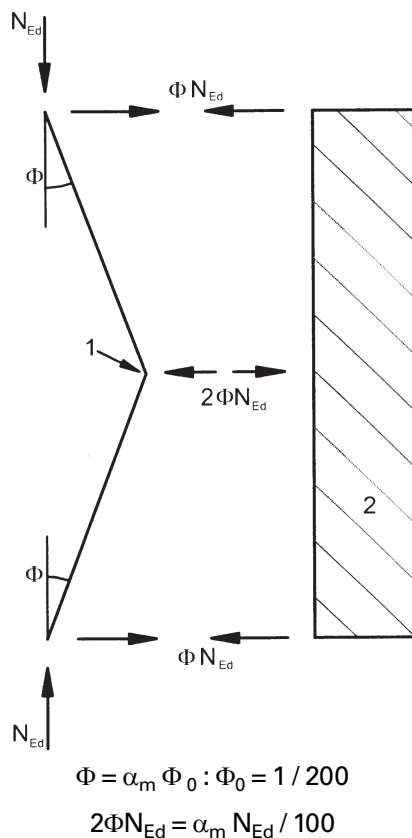
$e_0$  imperfektion

$q_d$  ækvivalent kraft pr. længdeenhed

1 afstivende system

Kraften  $N_{Ed}$  antages at være konstant inden for det afstivende systems spændvidde  $L$ .  
For ikke-konstante kræfter er denne antagelse let konservativ.

**Figur 5.6 – Ækvivalent stabiliserende kraft**



1 stød

2 afstivende system

**Figur 5.7 – Afstivende kræfter ved stød i trykpåvirkede elementer**

### 5.3.4 Imperfektioner af elementer

(1) Virkningerne af elementernes lokale pilhøjdeimperfektioner er medtaget i formlerne for søjlebæreevnen af elementerne, se 6.3.

## 5.4 Beregningsmetoder under hensyntagen til ikke-lineære materialeegenskaber

### 5.4.1 Generelt

(1) Snitkræfterne kan bestemmes ved hjælp af enten

- a) global elastisk beregning
- b) global plastisk beregning.

(2) Global elastisk beregning kan bruges i alle tilfælde.

(3) Global plastisk beregning kan kun anvendes i tilfælde, hvor konstruktionen har tilstrækkelig rotationskapacitet i de punkter, hvor de plastiske flydeled dannes, hvad enten det er i elementerne eller i samlingerne. Hvor der dannes et flydeled i et element, bør elementets tværsnit være dobbeltsymmetrisk eller enkeltsymmetrisk med et symmetriniveau i samme plan som rotationen af flydeleddet, og det bør opfylde kravene i 5.6. Hvor der forekommer et flydeled i en samling, bør samlingen enten have tilstrækkelig styrke til at sikre, at leddet forbliver i elementet, eller bør være i stand til at fastholde sin plastiske styrke over tilstrækkelig rotation, se EN 1993-1-8.

(4)B Som en forenklet metode til en begrænset plastisk omfordeling af momenter i kontinuerte bjælker, hvor nogle momentspidser efter en elastisk beregning højst overstiger den plastiske bøjningsbæreevne med højst 15 %, kan de momenter, der overstiger momentspidserne omfordeles i et hvilket som helst element, forudsat at:

- a) snitkræfterne i systemet forbliver i ligevægt med de påførte laster
- b) alle elementer, hvor momenterne er reduceret, har klasse 1- eller klasse 2-tværsnit (se 5.5)
- c) kipning af elementerne forhindres.

#### **5.4.2      *Global elastisk beregning***

(1) Global elastisk beregning bør baseres på antagelsen om, at materialets spændingstøjningsegenskaber er lineære uanset spændingsniveauet.

NOTE –Vedr. valg af en model med semikontinuerte samlinger, se 5.1.2.

(2) Snitkræfter kan beregnes efter en global elastisk beregning, selv om et tværsnits bæreevne er baseret på dets plastiske bæreevne, se 6.2.

(3) Global elastisk beregning kan også anvendes ved tværsnit, hvis bæreevne er begrænset af lokal foldning, se 6.2.

#### **5.4.3      *Global plastisk beregning***

(2) Global plastisk beregning kan anvendes, hvor elementerne har tilstrækkelig rotationskapacitet til, at den krævede omfordeling af bøjningsmomenter kan finde sted, se 5.5 og 5.6.

(3) Global plastisk beregning bør kun anvendes, hvor elementernes stabilitet i flydeled er sikret, se 6.3.5.

### **5.5          *Klassifikation af tværsnit***

#### **5.5.1      *Grundlag***

(1) Klassifikationen af tværsnit anvendes til at fastlægge, i hvilket omfang et tværsnits bæreevne og rotationskapacitet begrænses af tværsnittets foldning.

#### **5.5.2      *Klassifikation***

(1) Der defineres følgende 4 tværsnitklasser:

**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

- Klasse 1-tværsnit, der kan danne flydeled med den rotationskapacitet, der kræves i forbindelse med plastisk beregning uden reduktion af bæreevnen.
- Klasse 2-tværsnit, der kan udvikle plastisk momentbæreevne, men som har begrænset rotationskapacitet på grund af foldning.
- Klasse 3-tværsnit, hvor spændingen i de yderste trykpåvirkede fibre af stålelementet under antagelse af elastisk spændingsfordeling kan nå flydespændingen, men hvor foldning forhindrer udvikling af plastisk momentbæreevne.
- Klasse 4-tværsnit, hvor der forekommer foldning, før flydespændingen nås i en eller flere dele af tværsnittet.

(2) Der kan anvendes effektive bredder i klasse 4-tværsnit for at tage nødvendigt hensyn til reduktionen af bæreevnen på grund af lokal udknækning, se EN 1993-1-5, 4.4.

Denne DS/EN 1993 FU omhandler ikke klasse 4-tværsnit.

Alle gængse valsede profiler (IPE-, HEA-, HEB- og HEM-profiler) med overvejende momentpåvirkning er klasse 1-, 2- eller 3-tværsnit.

Trykpåvirkede IPE-profiler med højden 200 mm eller derunder vil også altid være klasse 1-, 2- eller 3-tværsnit.

Det samme gælder trykpåvirkede HEA-, HEB- og HEM-profiler med højden 450 mm eller derunder.

Typiske eksempler på klasse 4-tværsnit er opsvejste bjælker med tynde kroppe samt tyndplade-profiler.

(3) Klassifikationen af et tværsnit afhænger af forholdet mellem de trykpåvirkede deles bredde og tykkelse.

(4) Trykpåvirkede dele omfatter hver del af et tværsnit, der er enten helt eller delvist trykpåvirket ved den betragtede lastkombination.

(5) De forskellige trykpåvirkede dele af et tværsnit (som fx en krop eller en flange) kan generelt tilhøre forskellige klasser.

(6) Et tværsnit klassificeres ved at angive den højeste (mindst gunstige) klasse for dets trykpåvirkede dele. Undtagelser er angivet i 6.2.1(10) og 6.2.2.4(1).

(7) Som alternativ kan klassifikationen af et tværsnit defineres ved at angive klassen for både flange og krop.

(8) Kravene til klasse 1-, 2- og 3-trykpåvirkede dele kan tages fra tabel 5.2 (blad 1 af 3): Maksimale bredde/tykkelsesforhold for trykpåvirkede dele. En del, der ikke opfylder kravene til klasse 3, bør henregnes til klasse 4.

(9) Med undtagelse af tilfældene i (10) kan klasse 4-tværsnit behandles som klasse 3-tværsnit, hvis forholdet mellem bredde og tykkelse er mindre end kravene for klasse 3 efter tabel 5.2, og  $\varepsilon$  forøges med:

$$\sqrt{\frac{f_y / \gamma_{M0}}{\sigma_{\text{com,Ed}}}} \quad \text{hvor } \sigma_{\text{com,Ed}} \text{ er den største regningsmæssige trykspænding i tværsnitsdelen bereg-$$

net efter en 1.-ordens-beregning eller, hvor det er nødvendigt, en 2.-ordens-beregning.

(10) Ved eftervisning af et elements regningsmæssige bæreevne mht. udknækning i henhold til afsnit 6.3, bør kravene for klasse 3 dog altid tages fra tabel 5.2.

(11) Tværsnit med en klasse 3-krop og klasse 1- eller 2-flanger kan klassificeres som klasse 2-tværsnit med en effektiv krop i henhold til 6.2.2.4.

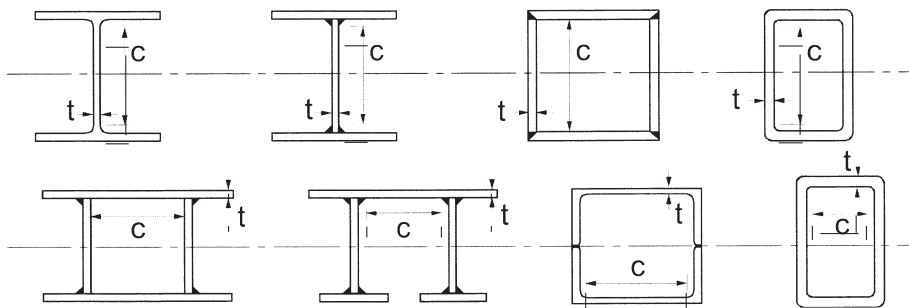
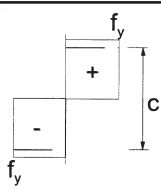
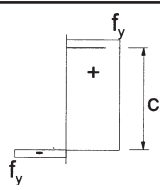
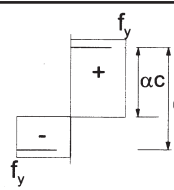
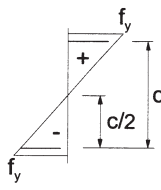
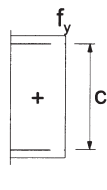
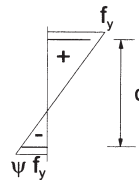
(12) Hvor kroppen kun skal overføre forskydningskraft og antages ikke at bidrage til tværsnittets moment- og normalkraftbæreevne, kan tværsnittet dimensioneres som klasse 2-, 3- eller 4-tværsnit, kun afhængigt af flangens klasse.

## 5.6 Tværsnitskrav ved global plastisk beregning

I dette punkt gives i DS/EN 1993-1-1 retningslinjer for de krav, der stilles til tværsnit og elementudformning ved en plastisk beregning.

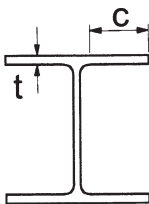
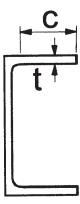
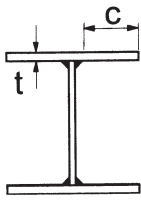
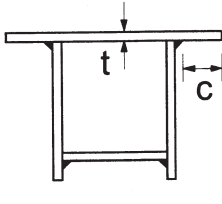
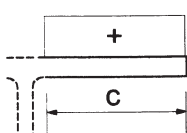
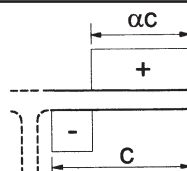
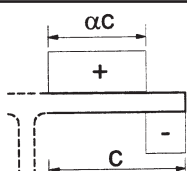
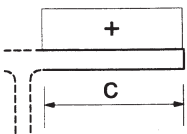
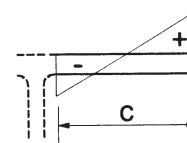
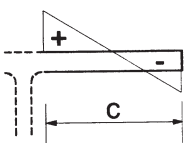


**Tabel 5.2 (blad 1 af 3) – Maksimalt bredde/tykkelsesforhold for trykpåvirkede dele**

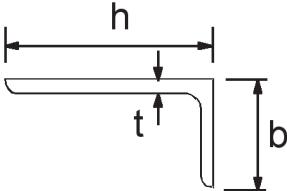
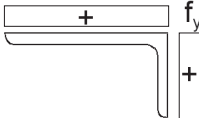
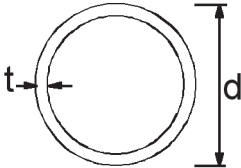
Indre trykpåvirkede dele							
				bøjningsakse			
				bøjningsakse			
Klasse	Bøjningspåvirket del		Trykpåvirket del		Bøjnings- og trykpåvirket del		
Spændingsfordeling (tryk positivt)							
1	$c/t \leq 72\varepsilon$		$c/t \leq 33\varepsilon$		når $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ når $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$		
2	$c/t \leq 83\varepsilon$		$c/t \leq 38\varepsilon$		når $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ når $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$		
Spændingsfordeling (tryk positivt)							
3	$c/t \leq 124\varepsilon$		$c/t \leq 42\varepsilon$		når $\psi > -1$ : $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ når $\psi \leq -1^*)$ : $c/t \leq 62\varepsilon (1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$		
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460	
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	

\*)  $\psi \leq -1$  benyttes, når enten trykspændingen  $\sigma \leq f_y$  eller træktøjningen  $\varepsilon_y > f_y/E$

**Tabel 5.2 (blad 2 af 3) – Maksimalt bredde/tykkelsesforhold for trykpåvirkede dele**

Udragende flanger						
						
Valsede profiler		Svejste profiler				
Klasse	Trykpåvirket del	Bøjnings- og trykpåvirket del				
		Trykpåvirket spids		Trækpåvirket spids		
Spændingsfordeling (tryk positivt)						
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha \sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha \sqrt{\alpha}}$		
Spændingsfordeling (tryk positivt)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon \sqrt{k_{\sigma}}$ For $k_{\sigma}$ , se EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Tabel 5.2 (blad 3 af 3) – Maksimalt bredde/tykkelsesforhold for trykpåvirkede dele

Vinkelprofiler						
Se også "Udragende flanger" (blad 2 af 3)					Gælder ikke for vinkelprofiler, der løbende er forbundet med andre komponenter	
Klasse	Trykpåvirket profil					
Spændingsfordeling over tværsnittet (tryk positivt)						
3	$h / t \leq 15\varepsilon$ og $\frac{b + h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$					
Rørprofiler						
						
Klasse	Bøjnings- og/eller trykpåvirket profil					
1	$d / t \leq 50\varepsilon^2$					
2	$d / t \leq 70\varepsilon^2$					
3	NOTE – For $d / t > 90\varepsilon^2$ , se EN 1993-1-6. $d / t \leq 90\varepsilon^2$					
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

## 6 Brudgrænsetilstande

### 6.1 Generelt

(1) De forskellige karakteristiske værdier for bæreevne i dette kapitel reduceres med partialkoefficienterne  $\gamma_M$  som defineret i 2.4.3 som følger:

Nedenstående udtryk benyttes, idet faktoren  $\gamma_0$  på partialkoefficient for styrkeparametre og modstandsevner, jf. nationalt anneks til EN 1990, Tabel A1.2(B+C), er indeholdt:

$$\gamma_{M0} = 1,1 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$$

$$\gamma_{M1} = 1,2 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$$

$$\gamma_{M2} = 1,35 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$$

Faktoren  $\gamma_0$  tager hensyn til lastkombinationen, jf. nationalt anneks til EN 1990, tabel A1.2(B+C).

Grænsetilstand	STR/GEO				STR
Lastkombination	1	2	3	4	5
$\gamma_0$	1,0	1,0	$K_{FI}$	$K_{FI}$	$1,2 \cdot K_{FI}$

Faktoren  $\gamma_3$  tager hensyn til produktets kontrolklasse. Lempet kontrolklasse benyttes ikke.

Skærpet kontrolklasse:  $\gamma_3 = 0,95$

Normal kontrolklasse:  $\gamma_3 = 1,00$

Kontrolklasser er defineret i DS/EN 1990, anneks B og anneks F. Anvendelse af skærpet kontrolklasse forudsætter, at der benyttes en tredjepartskontrol.

Partialkoefficienterne er fastlagt i overensstemmelse med nationalt anneks til EN 1990, anneks F, hvor  $\gamma_M = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \gamma_4$ , og hvor faktoren  $\gamma_0$  er indeholdt i ovenstående værdier for  $\gamma_{Mi}$ .

$\gamma_1$  tager hensyn til svigttypen

$\gamma_2$  tager hensyn til usikkerhed relateret til beregningsmodel

$\gamma_3$  tager hensyn til omfang af kontrol

$\gamma_4$  tager hensyn til variationen i styrkeparameteren eller bæreevne

Ved fastlæggelse af  $\gamma_1$  er følgende svigttyper anvendt:

$\gamma_{M0}$ : Varslet svigt med bæreevnereserve

$\gamma_{M1}$ : Varslet svigt uden bæreevnereserve

$\gamma_{M2}$ : Uvarslet svigt

I forbindelse med ulykkesdimensioneringstilstande og seismiske dimensioneringstilstande benyttes:

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

$$\gamma_{M2} = 1,0$$

## 6.2 Bæreevne af tværsnit

### 6.2.1 Generelt

(1) Den regningsmæssige værdi af en lastvirkning i hvert tværsnit må ikke overstige den tilsvarende regningsmæssige bæreevne, og hvis flere lastvirkninger virker samtidigt, må den kombinerede virkning ikke overstige bæreevnen for den kombination.

(2) Der bør tages hensyn til virkningen af shear lag og foldning ved benyttelse af en effektiv bredde i henhold til EN 1993-1-5. Der bør også tages hensyn til virkninger af forskydningsfoldning i henhold til EN 1993-1-5. Se kommentaren til 5.5.2 (2).

(3) De regningsmæssige værdier for bæreevnen afhænger af klassifikationen af tværsnittet.

(4) Eftervisning efter elasticitetsteorien af den elastiske bæreevne kan udføres for alle tværsnitsskinner, forudsat at de effektive tværsnitsegenskaber anvendes ved eftervisning af klasse 4-tværsnit.

(5) For eftervisning efter elasticitetsteorien kan der anvendes følgende flydekriterium for det kritiske punkt af et tværsnit, medmindre der gælder andre interaktionsformler, se 6.2.8 til 6.2.10.

$$\left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \left( \frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \leq 1 \quad (6.1)$$

hvor  $\sigma_{x,Ed}$  er den regningsmæssige værdi af normalspændingen i længderetningen i det punkt, der betragtes

$\sigma_{z,Ed}$  er den regningsmæssige værdi af normalspændingen i tværretningen i det punkt, der betragtes

$\tau_{Ed}$  er den regningsmæssige værdi af forskydningsspændingen i det punkt, der betragtes.

NOTE – Eftervisning i henhold til (5) kan være konservativ, da den lader dele af den plastiske spændingsfordeling, der er tilladt ved elastisk dimensionering, ude af betragtning. Derfor bør den kun udføres, hvor interaktionen på grundlag af bæreevnerne  $N_{Rd}$ ,  $M_{Rd}$ ,  $V_{Rd}$  ikke kan anvendes.

(6) Et tværsnits plastiske bæreevne bør eftervises ved at finde en spændingsfordeling, der er i ligevægt med snitkræfterne, uden at flydespændingen overstiges. Denne spændingsfordeling bør være i overensstemmelse med de tilhørende plastiske deformationer.

(7) Som en konservativ tilnærmelse gældende for alle tværsnitsskinner kan der anvendes en lineær summering af udnyttelsesgraden for hver enkelt spændingskomponent. For klasse 1-, klasse 2- og klasse 3-tværsnit, som belastes af en kombination af  $N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  og  $M_{z,Ed}$ , fører denne metode til følgende kriterier:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1 \quad (6.2)$$

hvor  $N_{Rd}$ ,  $M_{y,Rd}$  og  $M_{z,Rd}$  er de regningsmæssige værdier for bæreevnen afhængigt af tværsnitsklassifikationen og inklusive eventuel reduktion som følge af virkningen af forskydningskræfter, se 6.2.8.

(8) Hvor alle de trykpåvirkede dele af et tværsnit mindst er klasse 1 eller klasse 2, kan tværsnittet antages at være i stand til at udvikle fuld plastisk modstandsevne ved bøjning.

(9) Hvor alle de trykpåvirkede dele af et tværsnit er i klasse 3, bør bæreevnen baseres på en elastisk tøjningsfordeling over tværsnittet. Trykspændinger bør være begrænset til flydespændingen ved de yderste tværsnitsfibre.

NOTE – Ved kontrol af brudgrænsetilstande kan de yderste fibre antages at være i flangernes midterdel. For udmattelseseftersyn, se EN 1993-1-9.

(10) Hvor der for et klasse 3-tværsnit først forekommer flydning i tværsnittets trækside, kan de plastiske reserver i trækzonen udnyttes, ved at der indregnes en delvis plastificering ved bestemmelse af bæreevnen.

## 6.2.2 *Tværsnitsegenskaber*

### 6.2.2.1 **Bruttotværsnit**

(1) Bruttotværsnittets egenskaber bør bestemmes ud fra de nominelle dimensioner. Det er ikke nødvendigt at fratrække huller til samlingselementer, men der skal tages hensyn til større åbninger. Laskeplader bør ikke medregnes.

### 6.2.2.2 **Nettoareal**

(1) Et tværsnits nettoareal bør sættes lig med dets bruttoareal med fradrag for alle huller og andre åbninger.

(2) Ved beregning af nettotværsnittets egenskaber skal fradraget for et enkelt hul til et samlingselement sættes til hullets bruttotværsnitsareal i plan med dets akse. For forsænkede huller skal der tages passende hensyn til den forsænkede del.

(3) Hvis hullerne til samlingselementerne ikke er forskudt, skal det samlede fradragsareal for sådanne huller sættes til den maksimale sum af hullernes tværsnitsarealer i et tværsnit vinkelret på elementets akse (se kritisk snit ② i figur 6.1: Forskudte huller og kritiske brudlinjer 1 og 2).

NOTE – Den maksimale sum svarer til placeringen af den kritiske brudlinje.

(4) Når hullerne er forskudt, bør det samlede fradragsareal være den største værdi af:

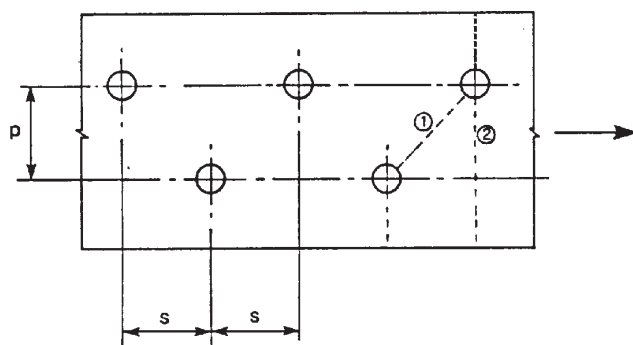
a) fradraget for ikke forskudte huller anført i (3)

$$b) \quad t \left( n d_0 - \sum \frac{s^2}{4p} \right) \quad (6.3)$$

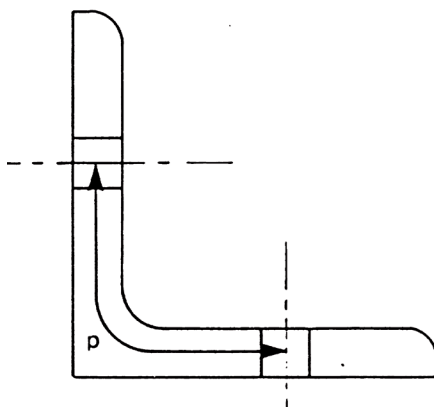
**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

hvor	s	er den forskudte deling, dvs. afstanden mellem midten af to på hinanden følgende huller i kæden, målt parallelt med elementets akse
	p	er afstanden mellem midten af de samme to huller målt vinkelret på elementets akse
	t	er tykkelsen
	n	er antallet af huller i en hvilken som helst diagonal eller zigzaglinje tværs over elementet eller en del af elementet, se figur 6.1
	$d_0$	er hullets diameter.

(5) I et vinkelprofil eller et andet element med huller i mere end et plan, bør afstanden p måles langs profilets fligmidte (se figur 6.2).



**Figur 6.1 – Forskudte huller og kritiske brudlinjer 1 og 2**



**Figur 6.2 – Vinkelprofiler med huller i begge flige**

### 6.2.2.3 Virkninger af shear lag

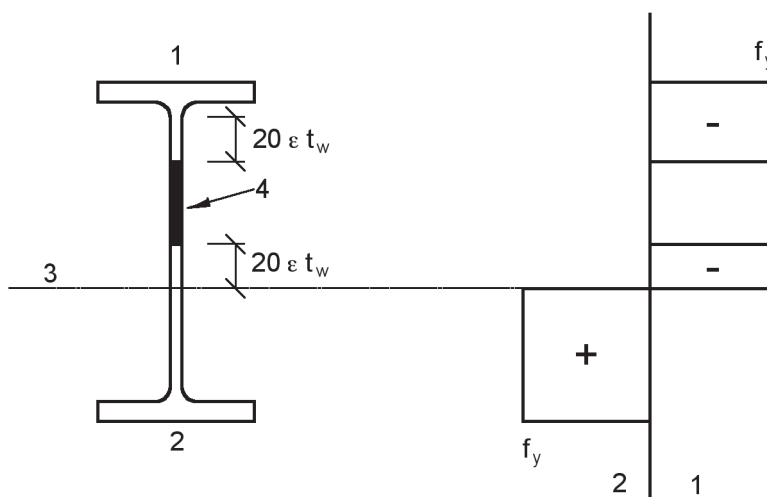
(1) Beregning af effektive bredder er angivet i EN 1993-1-5.

NOTE – Vedr. koldformede elementer, se EN 1993-1-3.

Forskydningsdeformationer har normalt ingen betydning ved valsede profiler og analoge op-svejste profiler.

#### 6.2.2.4 Effektive egenskaber for tværsnit med klasse 3-kroppe og klasse 1- eller 2-flanger

(1) Hvor tværsnit med en klasse 3-krop og klasse 1- eller 2-flanger er klassificeret som effektive klasse 2-tværsnit, se 5.5.2(11), bør den trykpåvirkede del af kroppen erstattes med en del med den effektive bredde  $20\varepsilon t_w$  nærmest trykflangen og en anden del med den effektive bredde  $20\varepsilon t_w$  nærmest den plastiske neutrale akse i det effektive tværsnit i henhold til figur 6.3: Effektiv klasse 2-krop.



- 1 tryk
- 2 træk
- 3 plastisk nullinje
- 4 ikke-effektivt areal

Figur 6.3 – Effektiv klasse 2-krop

#### 6.2.2.5 Effektive tværsnitsegenskaber for klasse 4-tværsnit

(1) De effektive tværsnitsegenskaber for klasse 4-tværsnit bør baseres på de trykpåvirkede deles effektive bredder.

(2) For koldformede tværsnit, se 1.1.2(1) og EN 1993-1-3.

(3) De effektive bredder for plane trykpåvirkede dele bør bestemmes efter EN 1993-1-5.

Denne DS/EN 1993 FU omhandler ikke klasse 4-tværsnit, jf kommentaren til 5.5.2 (2).



**DS/EN 1993-1-1 FU:2013****6.2.3 Træk**

(1) P Den regningsmæssige værdi af trækkræften  $N_{Ed}$  skal i hvert tværsnit opfylde:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.5)$$

(2) For tværsnit med huller bør den regningsmæssige trækbæreevne  $N_{t,Rd}$  sættes til den mindste værdi af:

a) bruttotværsnittets regningsmæssige plastiske bæreevne

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.6)$$

b) den regningsmæssige ultimale bæreevne af nettotværsnittet gennem huller til samlingselementer

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad (6.7)$$

(3) Hvor der kræves kapacitetsdimensionering, se EN 1998, bør den regningsmæssige plastiske bæreevne  $N_{pl,Rd}$  (som anført i 6.2.3(2) a)) være mindre end den regningsmæssige ultimale bæreevne af nettotværsnittet gennem huller til samlingselementer  $N_{u,Rd}$  (som anført i 6.2.3(2) b)).

(4) I kategori C-samlinger (se EN 1993-1-8, 3.4.1(1)) bør nettotværsnittets regningsmæssige trækbæreevne  $N_{t,Rd}$  i 6.2.3(1) gennem huller til samlingselementer sættes lig med  $N_{net,Rd}$ , hvor:

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.8)$$

(5) For vinkelprofiler forbundet gennem en flig, se også EN 1993-1-8, 3.10.3. Tilsvarende gælder for andre typer tværsnit forbundet ved udragende flige.

**6.2.4 Tryk**

(1) P Den regningsmæssige værdi af trykkræften  $N_{Ed}$  skal i hvert tværsnit opfylde:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.9)$$

(2) Tværsnittets regningsmæssige trykbæreevne  $N_{c,Rd}$  bør bestemmes som følger:

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{for klasse 1-, 2- eller 3-tværsnit} \quad (6.10)$$

(3) Det er ikke nødvendigt at tage hensyn til huller til samlingselementer i trykpåvirkede elementer undtagen overstørrelseshuller og aflange huller som defineret i EN 1090, forudsat at der er samlingselementer i hullerne.

### 6.2.5 Bøjningsmoment

(1) Den regningsmæssige værdi af bøjningsmomentet  $M_{Ed}$  skal i hvert tværsnit opfylde:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.12)$$

hvor  $M_{c,Rd}$  er bestemt under hensyntagen til huller til samlingselementer, se (4) til (6).

(2) Den regningsmæssige bæreevne mht. bøjning omkring en af tværsnittets hovedakser bestemmes som følger:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{for klasse 1- eller 2-tværsnit} \quad (6.13)$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{for klasse 3-tværsnit} \quad (6.14)$$

hvor  $W_{el,min}$  relaterer til fibrene med den største normalspænding.

(3) For bøjning omkring begge akser bør metoderne i 6.2.9 anvendes.

(4) Der kan ses bort fra huller til samlingselementer i trækflangen, forudsat at følgende gælder for trækflangen:

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.16)$$

hvor  $A_f$  er trækflangens areal.

NOTE – Kriterium (4) er ensbetydende med en kapacitetsdimensionering (se 1.5.8).

(5) Det er ikke nødvendigt at tage hensyn til huller til samlingselementer i kroppens trækzone, forudsat at betingelsen anført i (4) er opfyldt for hele trækområdet, omfattende trækflangen plus kroppens trækzone.

(6) Det er ikke nødvendigt at tage hensyn til huller til samlingselementer undtagen overstørrelseshuller og aflange huller i tværsnittets trykzone, forudsat at der er samlingselementer i hullerne.

### 6.2.6 Forskydning

(1) P Den regningsmæssige værdi af forskydningskraften  $V_{Ed}$  skal i hvert tværsnit opfylde:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.17)$$

hvor  $V_{c,Rd}$  er den regningsmæssige forskydningsbæreevne. Ved plastisk dimensionering er  $V_{c,Rd}$  den regningsmæssige plastiske forskydningsbæreevne  $V_{pl,Rd}$  som angivet i (2). Ved elastisk dimensionering er  $V_{c,Rd}$  den regningsmæssige forskydningsbæreevne beregnet efter (4) og (5).

(2) Hvis der ikke forekommer vridning, er den regningsmæssige plastiske forskydningsbæreevne givet ved:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (6.18)$$

hvor  $A_v$  er forskydningsarealet.

(3) Forskydningsarealet  $A_v$  kan sættes lig med følgende:

- |    |   |                              |                                    |
|----|---|------------------------------|------------------------------------|
| a) | valsede I- og H-profiler belastet parallelt med kroppen | $A - 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$ | men ikke mindre end $\eta h_w t_w$ |
| b) | valsede U-profiler belastet parallelt med kroppen       | $A - 2bt_f + (t_w + r) t_f$  |                                    |
| c) | T-profiler belastet parallelt med kroppen               |                              |                                    |

– for valsede T-profiler	$A_v = A - bt_f + (t_w + 2r) \frac{t_f}{2}$
--------------------------	---

– for svejste T-profiler	$A_v = t_w \left( h - \frac{t_f}{2} \right)$
--------------------------	--

- |    |  |                       |
|----|--|-----------------------|
| d) | opsvejste I-, H- og kasseprofiler belastet parallelt med kroppen   | $\eta \sum (h_w t_w)$ |
| e) | opsvejste I-, H- og kasseprofiler belastet parallelt med flangerne | $A - \sum (h_w t_w)$  |
| f) | valsede rektangulære rørprofiler med konstant tykkelse:            |                       |

belastet parallelt med højden	$Ah/(b+h)$
-------------------------------	------------

belastet parallelt med bredden	$Ab/(b+h)$
--------------------------------	------------

- |    |  |          |
|----|--|----------|
| g) | cirkulære rørprofiler og rør med konstant tykkelse | $2A/\pi$ |
|----|--|----------|

hvor

A	er tværsnitsarealet
b	er den totale bredde
h	er den totale højde

$h_w$  er kroppens højde

$r$  er rundingsradius

$t_f$  er flangetykkelsen

$t_w$  er kroptykkelsen (hvis kroptykkelsen ikke er konstant, bør  $t_w$  sættes lig med mindstetykkelsen)

$\eta$  se EN 1993-1-5.

NOTE –  $\eta$  kan konservativt sættes lig med 1,0.

(4) Ved eftervisning af den regningsmæssige forskydningsbæreevne  $V_{c,Rd}$  kan følgende kriterium for et kritisk punkt af tværsnittet anvendes, medmindre eftervisningen af udknækning i kapitel 5 i EN 1993-1-5 er afgørende:

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} \leq 1,0 \quad (6.19)$$

hvor  $\tau_{Ed}$  kan tages fra:  $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I t} \quad (6.20)$

hvor  $V_{Ed}$  er den regningsmæssige værdi af forskydningskraften

$S$  er det statiske arealmoment omkring nullinjen for tværsnitsdelen mellem det punkt, hvor forskydningen skal bestemmes, og tværsnittets yderkant

$I$  er inertimomentet for hele tværsnittet

$t$  er tykkelsen i det undersøgte punkt.

NOTE – Eftervisningen i henhold til (4) er konservativ, da den ser bort fra delvis plastisk forskydningsfordeling, der er tilladt ved elastisk dimensionering, se (5). Derfor bør den kun anvendes, hvor der ikke kan foretages en eftervisning på grundlag af  $V_{c,Rd}$  i henhold til formel (6.17).

(5) For I- eller H-profiler kan forskydningsspændingen i kroppen sættes lig med:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ hvis } A_f / A_w \geq 0,6 \quad (6.21)$$

hvor  $A_f$  er en flanges areal

$A_w$  er kroppens areal:  $A_w = h_w t_w$ .

(6) Derudover bør bæreevnen mht. forskydningsfoldning for kroppe uden afstivninger eftervises i henhold til kapitel 5 i EN 1993-1-5, hvis:

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \quad (6.22)$$

**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

Vedr.  $\eta$ , se kapitel 5 i EN 1993-1-5.

NOTE –  $\eta$  kan konservativt sættes lig med 1,0.

(7) Det er ikke nødvendigt at tage hensyn til huller til samlingselementer ved forskydningsundersøgelsen, undtagen ved eftervisning af den regningsmæssige forskydningsbæreevne i områder med samlinger som anført i EN 1993-1-8.

**6.2.7 Vridning**

(1) For vridningspåvirkede elementer, hvor tværsnitsdeformationer kan lades ude af betragtning, bør den regningsmæssige værdi af vridningsmomentet  $T_{Ed}$  i hvert tværsnit opfylde:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} \leq 1,0 \quad (6.23)$$

hvor  $T_{Rd}$  er tværsnittets regningsmæssige bæreevne mht. vridningsmoment.

Generelt optages vridning af et profil dels ved St. Venant-vridning og dels ved hvælningsvridning. St. Venant-vridningen forårsager forskydningsspændinger, og hvælningsvridningen forårsager dels normalspændinger (fra bimomentet) og dels forskydningsspændinger.

For rørprofiler kan der normalt ses væk fra hvælningsvridningen. For åbne profiler (I- eller H-profiler) kan der normalt ses væk fra St. Venant-vridningen.

I DS/EN 1993-1-1, 6.2.7 (2)-(9) er angivet yderligere regler vedrørende vridningspåvirkning.

**6.2.8 Bøjning og forskydning**

(1) Hvor der forekommer forskydningskraft, bør der tages hensyn til forskydningskraftens indvirkning på momentbæreevnen.

(2) Hvor forskydningskraften er mindre end halvdelen af den plastiske forskydningsbæreevne, kan dens indvirkning på momentbæreevnen lades ude af betragtning, undtagen hvor forskydningsfoldning reducerer tværsnitsbæreevnen, se EN 1993-1-5.

(3) I andre tilfælde bør den reducerede momentbæreevne sættes lig med tværsnittets regningsmæssige bæreevne beregnet ud fra en reduceret flydespænding

$$(1 - \rho) f_y \quad (6.29)$$

for forskydningsarealet

$$\text{hvor} \quad \rho = \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \text{ og } V_{pl,Rd} \text{ tages fra 6.2.6(2).}$$

NOTE – Se også 6.2.10(3).

(5) Den reducerede regningsmæssige plastiske momentbæreevne, der tager hensyn til forskydningskraften, kan som et alternativ for I-profiler med lige store flanger og bøjning om hovedaksen bestemmes som følger:

$$M_{y,V,Rd} = \frac{\left[ W_{pl,y} - \frac{\rho A_w^2}{4 t_w} \right] f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{men } M_{y,V,Rd} \leq M_{y,c,Rd} \quad (6.30)$$

hvor  $M_{y,c,Rd}$  tages fra 6.2.5(2)

og  $A_w = h_w t_w$ .

(6) Vedrørende interaktion mellem bøjning, forskydning og tværlaster, se kapitel 7 i EN 1993-1-5.

## 6.2.9 Bøjning og normalkraft

### 6.2.9.1 Klasse 1- og 2-tværsnit

(1) Hvor der forekommer normalkraft, bør der tages hensyn til dens virkning på den plastiske momentbæreevne.

(2) P For klasse 1- og 2-tværsnit skal følgende betingelse være opfyldt:

$$M_{Ed} \leq M_{N,Rd} \quad (6.31)$$

hvor  $M_{N,Rd}$  er den regningsmæssige plastiske momentbæreevne reduceret som følge af normal-kraften  $N_{Ed}$ .

(3) For et rektangulært massivt tværsnit uden huller til samlingselementer bør  $M_{N,Rd}$  sættes lig med:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \left[ 1 - (N_{Ed} / N_{pl,Rd})^2 \right] \quad (6.32)$$

(4) For dobbeltsymmetriske I- og H-profiler eller andre flangeprofiler er det ikke nødvendigt at tage hensyn til normalkraftens virkning på den plastiske momentbæreevne om y-y-aksen, hvis følgende betingelser begge er opfyldt:

$$N_{Ed} \leq 0,25 N_{pl,Rd} \quad \text{og} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.34)$$

For dobbeltsymmetriske I- og H-profiler er det ikke nødvendigt at tage hensyn til normalkraftens virkning på den plastiske momentbæreevne om z-z-aksen, hvis:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.35)$$

(5) For tværsnit, hvor der ikke skal tages hensyn til huller til samlingselementer, kan følgende tilnærmelser anvendes for standardvalsede I- eller H-profiler med lige store flanger:

**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a) \quad \text{men } M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} \quad (6.36)$$

$$\text{for } n \leq a: M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \quad (6.37)$$

$$\text{for } n > a: M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \left[ 1 - \left( \frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right] \quad (6.38)$$

hvor  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$   
 $a = (A - 2bt_f)/A \quad \text{men } a \leq 0,5$

For tværsnit, hvor der ikke skal tages hensyn til huller til samlingselementer, kan følgende tilnærmelse anvendes for cirkulære rørprofiler:

$$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd} (1 - n^{1,7})$$

For tværsnit, hvor der ikke skal tages hensyn til huller til samlingselementer, kan følgende tilnærmelser anvendes for rektangulære rørprofiler med konstant tykkelse og for svejste kasseprofiler med ens flanger og ens kroppe:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n)/(1 - 0,5a_w) \quad \text{men } M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} \quad (6.39)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n)/(1 - 0,5a_f) \quad \text{men } M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} \quad (6.40)$$

hvor  $a_w = (A - 2bt)/A \quad \text{men } a_w \leq 0,5 \quad \text{for rørprofiler}$   
 $a_w = (A - 2bt_f)/A \quad \text{men } a_w \leq 0,5 \quad \text{for svejste kasseprofiler}$   
 $a_f = (A - 2ht)/A \quad \text{men } a_f \leq 0,5 \quad \text{for rørprofiler}$   
 $a_f = (A - 2ht_w)/A \quad \text{men } a_f \leq 0,5 \quad \text{for svejste kasseprofiler.}$

(6) For toakset bøjning kan følgende kriterium anvendes:

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad (6.41)$$

hvor  $\alpha$  og  $\beta$  er konstanter, der konservativt kan sættes til 1, og ellers som følger:

– I- og H-profiler:

$$\alpha = 2 ; \beta = 5n \quad \text{men } \beta \geq 1$$

– cirkulære rørprofiler:

$$\alpha = 2 ; \beta = 2$$

– rektangulære rørprofiler:

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13n^2} \quad \text{men } \alpha = \beta \leq 6$$

hvor  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$ .

### 6.2.9.2 Klasse 3-tværsnit

(1)P Når der ikke optræder forskydningskraft, skal den maksimale normalspænding for klasse 3-tværsnit opfylde betingelsen:

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.42)$$

hvor  $\sigma_{x,Ed}$  er den regningsmæssige værdi af normalspændingen som følge af bøjning og normalkraft under hensyntagen til huller til samlingselementer, hvor det er relevant, se 6.2.3, 6.2.4 og 6.2.5.

### 6.2.10 Bøjning, forskydning og normalkraft

(1) Når der optræder forskydning og normalkraft bør der tages hensyn til virkningen af både forskydningskraft og normalkraft på momentbæreevnen.

(2) Hvis den regningsmæssige værdi af forskydningskraften  $V_{Ed}$  ikke overstiger 50 % af den regningsmæssige plastiske forskydningsbæreevne  $V_{pl,Rd}$ , er det ikke nødvendigt at foretage reduktion af de bæreevner, der er defineret for bøjning og normalkraft i 6.2.9, undtagen hvor forskydningsfoldning reducerer tværsnitsbæreevnen, se EN 1993-1-5.

(3) Når  $V_{Ed}$  overstiger 50 % af  $V_{pl,Rd}$ , skal tværsnittets regningsmæssige bæreevne mht. kombinationer af moment og normalkraft beregnes ved brug af en reduceret flydespænding

$$(1-\rho) f_y \quad (6.45)$$

for forskydningsarealet

hvor  $\rho = (2V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2$  og  $V_{pl,Rd}$  bestemmes af 6.2.6(2).

NOTE – I stedet for at reducere flydespændingen kan også pladetykkelsen af den relevante del af tværsnittet reduceres.



## 6.3 Bæreevne af trykpåvirkede elementer

### 6.3.1 Trykpåvirkede elementer med konstant tværsnit

#### 6.3.1.1 Bæreevne mht. stabilitetssvigt

(1) Et trykpåvirket elements bæreevne mht. stabilitetssvigt bør eftervises som følger:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.46)$$

hvor  $N_{Ed}$  er den regningsmæssige værdi af trykkraften

$N_{b,Rd}$  er den regningsmæssige bæreevne mht. stabilitetssvigt af det trykpåvirkede element.

(3) Den regningsmæssige bæreevne mht. stabilitetssvigt af et trykpåvirket element bør sættes lig med:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{for klasse 1-, 2- og 3-tværsnit} \quad (6.47)$$

hvor  $\chi$  er reduktionsfaktoren for den relevante udbøjningsfigur.

(4) Ved bestemmelsen af  $A$  og  $A_{eff}$  er det ikke nødvendigt at tage hensyn til huller til samlingselementer ved søjleenderne.

#### 6.3.1.2 Søjlekurver

(1) Ved aksialt tryk i elementer bør værdien af  $\chi$  svarende til det relative slankhedsforhold  $\bar{\lambda}$  bestemmes ud fra den relevante søjlekurve efter:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{men } \chi \leq 1,0 \quad (6.49)$$

hvor  $\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad \text{for klasse 1-, 2- og 3-tværsnit}$$

$\alpha$  er en imperfektionsfaktor

$N_{cr}$  er den kritiske søjlekraft efter elasticitetsteorien for den relevante udbøjningsfigur baseret på bruttotværsnittets egenskaber.

(2) Imperfektionsfaktoren  $\alpha$  svarende til den relevante foldningskurve bør tages fra tabel 6.1 og tabel 6.2.

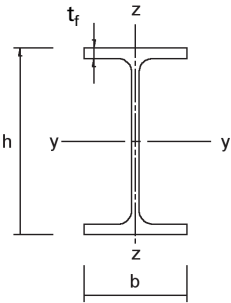
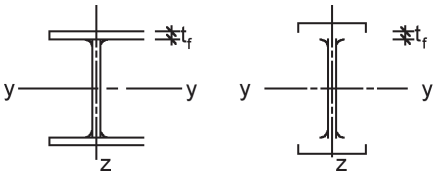
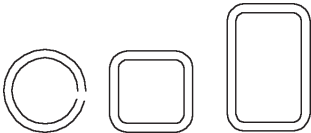
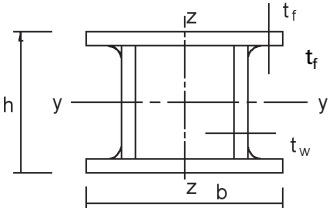
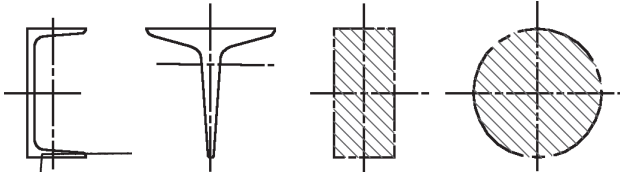

**Tabel 6.1 – Imperfektionsfaktorer for søjlekurver**

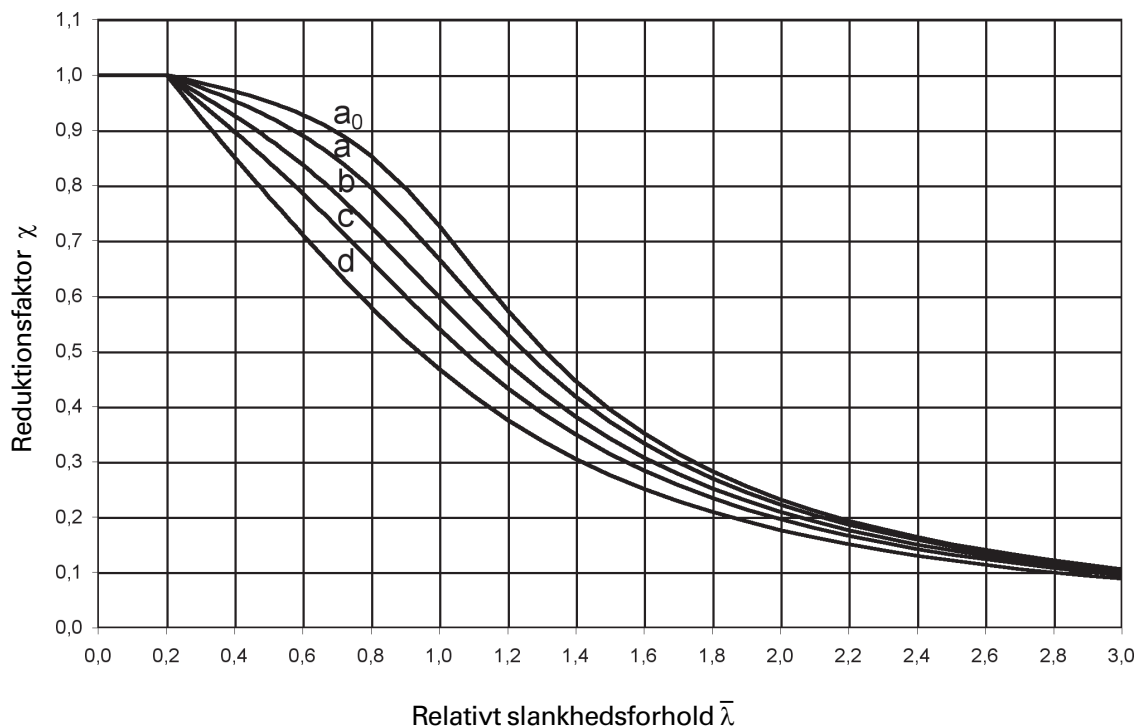
Søjlekurve	$a_0$	a	b	c	d
Imperfektionsfaktor $\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

(3) Værdierne af reduktionsfaktoren  $\chi$  svarende til det relative slankhedsforhold  $\bar{\lambda}$  kan tages fra figur 6.4.

(4) For slankheden  $\bar{\lambda} \leq 0,2$  eller for  $\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$  kan der ses bort fra søjlevirkningen, og der skal kun foretages en eftervisning af tværsnitsbæreevnen

Tabel 6.2 – Valg af søjlekurve for et tværsnit

Tværsnit		Begrænsninger		Udbøjning om akse	Søjlekurve	
					S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Valsede profiler		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a b	$a_0$ $a_0$
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c	a a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	a a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d	c c
Opsveiste I-profiler		$t_f \leq 40 \text{ mm}$		y-y z-z	b c	b c
		$t_f > 40 \text{ mm}$		y-y z-z	c d	c d
Rørprofiler		varmvalsede		alle	a	$a_0$
		koldformedede		alle	c	c
Opsveiste kasseprofiler		generelt (undtagen som nedenfor)		alle	b	b
		tykke svejdesømme: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$		alle	c	c
U-, I-profiler og massive profiler				alle	c	c
L-profiler				alle	b	b



Figur 6.4 – Søjlekurver

### 6.3.1.3 Slankhedsforhold for bøjningsudknækning

(1) Det relative slankhedsforhold  $\bar{\lambda}$  bestemmes efter:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1} \quad \text{for klasse 1-, 2- og 3-tværsnit} \quad (6.50)$$

hvor  $L_{cr}$  er knæklængden i den betragtede udknækningsplan  
 $i$  er inertiradius mht. den relevante akse bestemt ud fra bruttotværsnittets egenskaber

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{235}{f_y} \quad (f_y \text{ i N/mm}^2)$$

I DS/EN 1993-1-1, anneks BB er angivet retningslinjer for undersøgelse af udknækning af elementer i bygningskonstruktioner, herunder fastsættelse af knæklængden for gitterstænger (BB.1), lø-

bende fastholdelse af bjælker (BB.2) og stabile længder af elementdele ved udknækning ud af planen (BB.3).

(2) For bøjningsudknækning bør den relevante søjlekurve bestemmes ud fra tabel 6.2.

### 6.3.1.4 Slankhed ved vridnings- eller vridningsbøjningsudknækning

(1) For elementer med åbne tværsnit bør der tages hensyn til muligheden for, at elementets bæreevne mht. enten vridnings- eller vridningsbøjningsudknækning kan være mindre end dets bæreevne mht. bøjningsudknækning.

(2) Det relative slankhedsforhold  $\bar{\lambda}_T$  for vridnings- eller vridningsbøjningsudknækning bør sættes til:

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} \quad \text{for klasse 1-, 2- og 3-tværsnit} \quad (6.52)$$

hvor  $N_{cr} = N_{cr,TF}$  men  $N_{cr} < N_{cr,T}$

$N_{cr,TF}$  er søjlekraften mht. elastisk vridningsbøjningsudknækning

$N_{cr,T}$  er søjlekraften mht. elastisk vridningsudknækning.

(3) For vridnings- eller vridningsbøjningsudknækning kan den relevante søjlekurve bestemmes ud fra tabel 6.2, idet der benyttes kurverne for z-aksen.

## 6.3.2 Bøjningspåvirkede elementer med konstant tværsnit

### 6.3.2.1 Bæreevne mht. stabilitetssvigt

(1) Bæreevnen mht. kipning af et element, der ikke er fastholdt mod sideudbøjning, og som er påvirket af bøjning om den stærke akse, bør eftervises som følger:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.54)$$

hvor  $M_{Ed}$  er det regningsmæssige moment

$M_{b,Rd}$  er den regningsmæssige momentbæreevne mht. kipning.

(2) Bjælker med tilstrækkelig fastholdelse af trykflangen er ikke tilbøjelige til kipning. Endvidere er bjælker med bestemte typer tværsnit som fx firkantede eller cirkulære rørprofiler, svejste rør eller kassetværsnit ikke tilbøjelige til kipning.

(3) Den regningsmæssige momentbæreevne mht. kipning af en bjælke, der ikke er fastholdt mod sideudbøjning, bør sættes til:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (6.55)$$

hvor  $W_y$  er det relevante modstandsmoment som følger:

- $W_y = W_{pl,y}$  for klasse 1- eller 2-tværsnit
- $W_y = W_{el,y}$  for klasse 3-tværsnit

$\chi_{LT}$  er reduktionsfaktoren mht. kipning.

(4) Ved bestemmelse af  $W_y$  er det ikke nødvendigt at tage hensyn til huller til samlingselementer ved bjælkeenderne.

### 6.3.2.3 Kipningskurver for valsede profiler eller tilsvarende opsvejste profiler

(1) For bøjningspåvirkede valsede eller tilsvarende opsvejste profiler kan værdierne af  $\chi_{LT}$  mht. det pågældende relative slankhedsforhold bestemmes ud fra:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{men} \quad \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases} \quad (6.57)$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$\alpha_{LT}$  er en imperfektionsfaktor, se tabel 6.3

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}}$$

$M_{cr}$  er kipmomentet efter elasticitetsteorien

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4 \quad (\text{højeste værdi})$$

$$\beta = 0,75 \quad (\text{mindste værdi})$$

$M_{cr}$  er baseret på bruttotværsnitsegenskaber og tager hensyn til lastforholdene, den faktiske momentfordeling og fastholdelsen i sideretningen.

**Tabel 6.3 – Anbefalede værdier for imperfektionsfaktorer for kipningskurver**

Kipningskurve	b	c	d
Imperfektionsfaktor $\alpha_{LT}$	0,34	0,49	0,76

Kipningskurverne vælges efter tabel 6.5.

**Tabel 6.5 – Valg af kipningskurve for tværsnit ved anvendelse af formel (6.57)**

Tværsnit	Begrænsninger	Kipningskurve
Valsede I-profiler	$h/b \leq 2$	<b>b</b>
	$h/b > 2$	<b>c</b>
Opsvejste I-profiler	$h/b \leq 2$	<b>c</b>
	$h/b > 2$	<b>d</b>

(2) For slankhedsforhold  $\bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}$  eller for  $\frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}^2$  kan der ses bort fra tendensen til kipning, og der skal kun foretages en eftervisning af tværsnitsbæreevnen.

De anførte værdier for  $\alpha_{LT}$ ,  $\lambda_{LT,0}$  og  $\beta$  er NDP-tekst. I DS/EN 1993-1-1, 6.3.2.2 er yderligere angivet kipningsudtryk for "generelle tilfælde". De i 6.3.2.3 angivne kipningsudtryk for "valsede eller tilsvarende opsvejste profiler" giver en lidt større bæreevne. Da dele af teksten i 6.3.2.2 er medtaget i 6.3.2.3, er formuleringen i dette punkt anderledes end i den uforkortede norm.

#### 6.3.2.4 Forenklete beregningsmetoder for fastholdte bjælker i bygninger

I DS/EN 1993-1-1, 6.3.2.4 er angivet en metode til eftervisning af sikkerheden mod kipning af bjælker, der er fastholdt mod udbøjning i enkelte punkter af trykflangen. I DS/EN 1993-1-1, annek BB.2 er givet retningslinjer for beregning ved kontinuert sideværts fastholdelse af trykflangen og ved rotationsfastholdelse af bjælker i fx tagplader.

#### 6.3.3 Bøjnings- og trykpåvirkede elementer med konstant tværsnit

(1) Medmindre der gennemføres en 2.-ordens-beregning med anvendelse af imperfektionerne i 5.3.2, bør stabiliteten af elementer med konstant tværsnit og med dobbeltsymmetriske tværsnit, der ikke er tilbøjelige til tværsnitsdeformationer, kontrolleres som beskrevet i de følgende punkter, hvor der skelnes mellem:

- elementer, som ikke er tilbøjelige til vridningsdeformationer, fx cirkulære rørprofiler eller tværsnit, som er fastholdt mod vridning
- elementer, som er tilbøjelige til vridningsdeformationer, fx elementer med åbne tværsnit, som ikke er fastholdt mod vridning.

(2) Derudover bør bæreevnen af tværsnittet i begge elementets ender opfylde kravene i 6.2.

NOTE 1 – Interaktionsformlerne er baseret på modellering af simpelt understøttede enkeltfagselementer med gaffelaflejringer og med eller uden kontinuerte sideværts fastholdelser, som påvirkes af trykkræfter, endemomenter og/eller tværlaster.

NOTE 2 – Hvis betingelserne for anvendelse i (1) og (2) ikke er opfyldt, se 6.3.4.

(4) Elementer, der er påvirket af kombineret bøjning og aksialt tryk bør opfylde:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{y} N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (6.62)$$

hvor  $N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  og  $M_{z,Ed}$  er de regningsmæssige værdier af trykkraften og de maksimale momenter om henholdsvis y-y- og z-z-aksen langs elementet

$\chi_y$  og  $\chi_z$  er reduktionsfaktorerne svarende til bøjningsudknækning, se 6.3.1

$\chi_{LT}$  er reduktionsfaktoren svarende til kipning, se 6.3.2

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$  er interaktionsfaktorerne, se annek B.

**Tabel 6.7 – Værdier for  $N_{Rk} = f_y A_i$ ,  $M_{i,Rk} = f_y W_i$**

Klasse	1	2	3
$A_i$	A	A	A
$W_y$	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$
$W_z$	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}$	$W_{el,z}$

NOTE – For elementer, der ikke er tilbøjelige til vridningsdeformation, sættes  $\chi_{LT} = 1,0$ .

I DS/EN 1993-1-1 er angivet to metoder til bestemmelse af interaktionsfaktorerne  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$  og  $k_{zz}$ . Valg af metode er NDP-tekst. Den i annek B anførte er den enkleste af de to metoder. Den i DS/EN 1993-1-1, annek A anførte metode anbefales ved væsentlige konstruktioner, hvor økonomi er afgørende, samt ved udarbejdelse af beregningsprogrammer.

(5) NOTE 3 – Som en forenkling kan eftervisninger foretages kun i det elastiske område.

### 6.3.4 Generel metode ved udknækning og kipning af konstruktionselementer

I DS/EN 1993-1-1, 6.3.4 er angivet en metode, der kan anvendes, hvor metoderne i 6.3.1, 6.3.2 og 6.3.3 ikke gælder. Den kan anvendes ved mere komplekse tværsnit og understøtningsbetingelser.

### 6.3.5 Kipning af elementer med flydeled

#### 6.3.5.1 Generelt

(1)B Konstruktioner kan dimensioneres ved plastisk beregning, forudsat at kipning i systemet forhindres på følgende måde:

- fastholdelser i sideretning ved "aktive" flydeled, se 6.3.5.2
- stabilitetseftervisning af segmenter mellem sådanne fastholdelser og andre sideværts fastholdelser, se 6.3.5.3.

(2)B For flydeled, der for alle lastkombinationer i brudgrænsetilstanden ikke er aktive, er det ikke nødvendigt med sideværts fastholdelse.



**DS/EN 1993-1-1 FU:2013**

I DS/EN 1993-1-1, 6.3.5.2 og 6.3.5.3 er anført retningslinjer for anordning af fastholdelser ved flydeled og angivet udtryk til eftervisning af kipningsstabiliteten mellem disse fastholdelser. I DS/EN 1993-1-1, BB.3 er givet udtryk til bestemmelse af "stabile længder" af elementdele med konstant tværsnit og af elementdele med kileformede forstærkninger.

## **6.4 Trykpåvirkede sammensatte elementer med konstant tværsnit**

I DS/EN 1993-1-1 er givet udførlige retningslinjer og beregningsudtryk for sammensatte trykstænger udformet med gitterudfyldning eller med tværplader.

## **7 Anvendelsesgrænsetilstande**

### **7.1 Generelt**

(1) En stålkonstruktion bør dimensioneres og konstrueres således, at alle relevante anvendelses-kriterier er opfyldt.

(2) De grundlæggende krav for anvendelsesgrænsetilstande er anført i 3.4 i EN 1990.

(3) Anvendelsesgrænsetilstande og de tilhørende last- og beregningsmodeller bør specificeres for et projekt.

(4) Hvis der anvendes global plastisk beregning i brudgrænsetilstanden, kan der forekomme plastisk omfordeling af kræfter og momenter i anvendelsesgrænsetilstanden. Hvis dette er tilfældet, bør der tages hensyn til virkningerne heraf.

### **7.2 Anvendelsesgrænsetilstande for bygninger**

#### **7.2.1 Lodret udbøjning**

(1) B ifølge EN 1990 – annek A1.4 bør der for alle projekter efter aftale med bygherren fastsættes grænser for lodret udbøjning i henhold til figur A1.1.

For *bjælker* kan følgende talværdier for den maksimale udbøjning ( $w_3$  jf. EN 1990, figur A1.1) fra én variabel last uden eventuelle stødtillæg tjene som vejledning for, hvad der må betragtes som acceptable udbøjninger:

- etageadskillelser //400
- tage og ydervægge //200

Her er

/ spændvidden ved simpelt understøttede og kontinuerte bjælker, den dobbelte udkrægning ved udkragede konstruktioner.

Talværdierne gælder for såvel hovedelementer som sekundære elementer, men ved vurderingen skal kun det betragtede elements egen udbøjning benyttes.

For sekundære tyndpladekonstruktioner i form af uisolerede tagplader og for facadeplader bør udbøjningen fra permanent og variabel last ikke overstige  $l/90$ .

For tagplader med udvendig isolering og tagpap bør udbøjningen fra permanent og variabel last ikke overstige:

$l/150$	for	$l < 4\,500\text{ mm}$
30 mm	for	$4\,500\text{ mm} \leq l < 6\,000\text{ mm}$
$l/200$	for	$6\,000\text{ mm} \leq l$

### 7.2.2 Vandret udbøjning

(1)B Ifølge EN 1990 – annek A1.4 bør der for alle projekter efter aftale med bygherren fastsættes grænser for vandret udbøjning i henhold til figur A1.2.

For søjler kan følgende talværdier for den maksimale udbøjning af søjletoppen fra én variabel last tjene som vejledning for, hvad der må betragtes som acceptable udbøjninger:

- |                                       |                 |             |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|
| • rammer i bygninger uden kraner      |                 | $h / 150$   |
| • søjler i enetages skeletbygninger   |                 | $h / 300$   |
| • søjler i fleretages skeletbygninger | for hver etage  | $h / 300$   |
|                                       | for hele højden | $h_e / 500$ |

Her er  $h$  højden af den enkelte søjle  
 $h_e$  bygningens totale højde

### 7.2.3 Dynamiske virkninger

(1)B Ifølge EN 1990 – annek A1.4.4 bør vibration af konstruktioner, hvor publikum kan færdes, begrænses for at undgå mærkbart ubehag for brugerne, og der bør efter aftale med bygherren fastsættes grænser for hvert projekt.

## Anneks B

(informativt)

### Metode 2 – Interaktionsfaktorer $k_{ij}$ for interaktionsformler i 6.3.3(4)


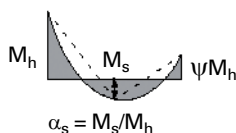
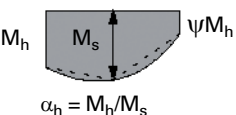
**Tabel B.1 – Interaktionsfaktorer  $k_{ij}$  for elementer, der ikke er tilbøjelige til vridning**

Interaktions-faktorer	Tværsnits-type	Beregningsmæssige forudsætninger	
		Elastiske tværsnitsegenskaber klasse 3, klasse 4	Plastiske tværsnitsegenskaber klasse 1, klasse 2
$k_{yy}$	I-profiler Rektangu-lære rør-profiler	$C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
$k_{yz}$	I-profiler Rektangu-lære rør-profiler	$k_{zz}$	$0,6 k_{zz}$
$k_{zy}$	I-profiler Rektangu-lære rør-profiler	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
$k_{zz}$	I-profiler	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	Rektangu-lære rør-profiler		$C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
For I- og H-profiler og rektangulære rørprofiler påvirket af aksialt tryk og enakset bøjning $M_{y,Ed}$ kan koefficienten $k_{zy}$ antages at være $k_{zy} = 0$ .			

**Tabel B.2 – Interaktionsfaktorer  $k_{ij}$  for elementer, der er tilbøjelige til vridning**

Interaktionsfaktorer	Beregningsmæssige forudsætninger	
	Elastiske tværsnitsegenskaber klasse 3, klasse 4	Plastiske tværsnitsegenskaber klasse 1, klasse 2
$k_{yy}$	$k_{yy}$ fra tabel B.1	$k_{yy}$ fra tabel B.1
$k_{yz}$	$k_{yz}$ fra tabel B.1	$k_{yz}$ fra tabel B.1
$k_{zy}$	$\left[ 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$	$\left[ 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ <p>for <math>\bar{\lambda}_z &lt; 0,4</math>:</p> $k_{zy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}$
$k_{zz}$	$k_{zz}$ fra tabel B.1	$k_{zz}$ fra tabel B.1

**Tabel B.3 – Faktorer for ækvivalent konstant moment  $C_m$  i tabel B.1 og B.2**

Momentdiagram	Område		$C_{my}$ og $C_{mz}$ og $C_{mLT}$	
			jævnt fordelt last	punktlast
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 + 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
For elementer med bevægelig knudepunktsfigur bør den ækvivalente momentfaktor sættes lig med henholdsvis $C_{my} = 0,9$ eller $C_{mz} = 0,9$ .				
$C_{my}$ , $C_{mz}$ og $C_{mLT}$ bør vælges svarende til momentkurven mellem de relevante fastholdte punkter som følger:				
Momentfaktor	Bøjningsakse		Fastholdt i planen	
$C_{my}$	y-y		z-z	
$C_{mz}$	z-z		y-y	
$C_{mLT}$	y-y		y-y	

$M_s$  skal vælges svarende til den værdi af momentkurven, som giver et lokalt ekstremum ( $dM_s/dx = 0$ ) mellem endepunkterne af bjælkeelementet ( $x = 0$  og  $x = L$ ). Hvis et lokalt ekstremum ikke findes, skal  $M_s$  sættes til værdien i midtpunktet på bjælkeelementet.

## **Anneks BB** (informativt)

### **Udknækning af elementer i bygningskonstruktioner**

#### **BB.1 Bøjningsudknækning af elementer i gitterkonstruktioner**

I DS/EN 1993-1-1, BB.1 er givet retningslinjer for valg af knæklængde for flanger og gitterstænger i gitterkonstruktioner. Knæklængden kan i visse tilfælde vælges mindre end systemlængden.

#### **BB.2 Løbende fastholdelse**

##### ***BB.2.1 Løbende sideværts fastholdelse***

En trapezplade, der er fastgjort til en bjælkeflange, vil give bjælken en fastholdelse mod sideværts udbøjning og mod rotation. I DS/EN 1993-1-1, BB.2 er angivet, hvilke krav der stilles til belædningspladens stivhed, for at fastholdelsen kan regnes for fuldt effektiv.

#### **BB.3 Stabile længder af elementdele indeholdende flydeled ved udknækning ud af planen**

I DS/EN 1993-1-1, BB.3 er angivet regler for, i hvilke afstande et tryk- og momentpåvirket element skal fastholdes mod sideværts forskydning eller rotation, for at udknækning eller kipning ikke kan forekomme. Reglerne dækker også elementer med kileformede forstærkninger eller udfligninger og for elementer med varierende moment over længden.



## DS/EN 1993-1-4 FU

### Supplerende regler for rustfrit stål

## 1 Generelt

### 1.1 Emne

(1) Denne del 1-4 af EN 1993 indeholder supplerende bestemmelser for projektering af bygge- og anlægsarbejder, som udvider og modificerer anvendelsen af EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-5 og EN 1993-1-8 til austenitiske, austenitisk-ferritiske og ferritiske rustfrie stål.

NOTE 2 – Udførelsen af rustfrie stålkonstruktioner er omfattet af EN 1090.

NOTE 3 – Retningslinjer for den videre behandling, herunder varmebehandling, er givet i EN 10088.

I DS/EN 1993-1-4, anneks A, er givet en omfattende oversigt over holdbarheden af rustfrit stål, herunder korrosionsforhold, korrosionstyper, risikoniveauer, hensigtsmæssigt valg af materialer, projektering med henblik på korrosionskontrol og korrosionsbestandighed i forbindelse med samlinger.

### 1.2 Normative referencer

EN 508-3	<i>Roofing products from metal sheet. Specification for self-supporting products of steel, aluminium or stainless steel sheet. Stainless steel</i>
EN ISO 3506-1	<i>Mechanical properties of corrosion resistant stainless steel fasteners – Part 1: Bolts, screws and studs</i>
EN ISO 3506-2	<i>Mechanical properties of corrosion resistant stainless steel fasteners – Part 2: Nuts</i>
EN ISO 3506-3	<i>Mechanical properties of corrosion resistant stainless steel fasteners – Part 3: Set screws and similar fasteners under tensile tests</i>
EN ISO 7089	<i>Plain washers – Normal series – Product grade A</i>
EN ISO 7090	<i>Plain washers, chamfered – Normal series – Product grade A</i>
EN 10052	<i>Vocabulary of heat treatment terms for ferrous products</i>
EN 10088-1	<i>Stainless steels – Part 1: List of stainless steels</i>
EN 10088-2	<i>Stainless steels – Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip for general purposes</i>
EN 10088-3	<i>Stainless steels – Part 3: Technical delivery conditions for semi-finished products, bars, rods and sections for general purposes</i>

### 1.6 Symboler

Ud over symbolerne angivet i EN 1990, EN 1993-1-1 og 1993-1-8 anvendes følgende:

$f_{u,red}$  reduceret værdi af hulrandsstyrken



**DS/EN 1993-1-4 FU:2013**

$E_{s,ser}$	sekant-elasticitetsmodul anvendt til beregninger i anvendelsesgrænsetilstanden
$E_{s,1}$	sekant-elasticitetsmodul svarende til spændingen i trækflangen
$E_{s,2}$	sekant-elasticitetsmodul svarende til spændingen i trykflangen
$\sigma_{1,Ed,ser}$	regningsmæssig spænding for anvendelsesgrænsetilstanden
$n$	faktor.

**2 Materialer****2.1 Rustfrie konstruktionsstål****2.1.1 Generelt**

(1) Bestemmelserne i denne del 1-4 bør kun anvendes ved projektering med austenitiske, austenitisk-ferritiske og ferritiske rustfrie stål.

(2) De nominelle værdier af materialeegenskaberne anført i EN 10088 bør anvendes som karakteristiske værdier i projekteringsberegningerne.

(4) Projekteringsbestemmelserne specificeret i denne del 1-4 anvendes for materiale med en nominal flydespænding  $f_y$  til og med 480 N/mm<sup>2</sup>.

**2.1.2 Materialeegenskaber for rustfrit stål**

(1) I beregninger bør benyttes værdier som følger, uafhængigt af valseretningen:

- **flydespænding**  $f_y$ : den nominelle spænding (0,2-%-flydespænding) specificeret i EN 10088.
- **trækstyrke**  $f_u$ : den nominelle trækstyrke specificeret i EN 10088.

(2) Sejhedskravene i EN 1993-1-1, punkt 3.2.2, gælder også for rustfrit stål.

I tabel 2.1 i DS/EN 1993-1-4 er angivet en række gængse rustfrie stål, der opfylder sejhedskravene.

(3) For rørprofiler bør styrkeværdierne opgivet i EN 10088 for den relevante produktform af grundmaterialet (koldvalsede bånd, varmvalsede bånd eller varmvalset plade) anvendes.

**2.1.3 Regningsmæssige værdier af materialekoefficienter**

(1) Følgende værdier af materialekoefficienter kan benyttes i den globale beregning og ved fastlæggelsen af bygningsdeles og tværsnits bæreevne:

– Elasticitetsmodul  $E$ :

$E$  = 200 000 N/mm<sup>2</sup> for de austenitiske og austenitisk-ferritiske klasser i tabel 2.1, eksklusive klasse 1.4539, 1.4529 og 1.4547

$E$  = 195 000 N/mm<sup>2</sup> for de austenitiske klasser 1.4539, 1.4529 og 1.4547

$E$  = 220 000 N/mm<sup>2</sup> for de ferritiske klasser i tabel 2.1

- Forskydningsmodul  $G$ , hvor  $G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$
- Poissons forhold i det elastiske stadium  $\nu = 0,3$ .

(2) Til beregning af udbøjninger i de enkelte bygningsdele kan det sekantmodul, der svarer til spændingen i bygningsdelen ved anvendelsesgrænsetilstanden, anvendes, se 4.2(5).

### 2.1.4 *Brudsejhed*

(1) De austenitiske og austenitisk-ferritiske rustfrie stål, som denne del 1-4 omhandler, kan antages at være tilstrækkeligt seje og utilbøjelige til sprøbrud ved anvendelsestemperaturer ned til -40 °C.

(2) For ferritiske rustfrie stål giver reglerne i EN 1993-1-10 retningslinjer. Den krævede prøvnings-temperatur og de krævede CVN-værdier kan fastlægges ud fra tabel 2.1 i EN 1993-1-10.

## 2.2 Bolte

### 2.2.1 *Generelt*

(1) Rustfrie stålbolte og -møtrikker bør være i overensstemmelse med EN ISO 3506 - 1,2,3. Underlagsskiver bør være af rustfrit stål og bør være i overensstemmelse med EN ISO 7089 eller EN ISO 7090, alt efter relevans. Boltene korrosionsbestandighed bør være lig med eller bedre end grundmaterialets korrosionsbestandighed.

(2) Den nominelle flydespænding  $f_{yb}$  og trækstyrken  $f_{ub}$  for rustfrie stålbolte bør tages fra tabel 2.2.

(3) Indtil en egnet europæisk standard er udgivet, bør de specificerede egenskaber verificeres ved anvendelse af et anerkendt kvalitetskontrolsystem med prøver fra hvert parti samlingsmidler.

**Tabel 2.2 – Nominelle værdier for  $f_{yb}$  og  $f_{ub}$  for rustfri stålbolte**

Materiale-grupper	Egenskabens klasse efter EN ISO 3506	Størrelsesområde	Flydespænding $f_{yb}$ N/mm <sup>2</sup>	Trækstyrke $f_{ub}$ N/mm <sup>2</sup>
Austenitisk og austenitisk-ferritisk	50	≤ M 39	210	500
	70	≤ M 24	450	700
	80	≤ M 24	600	800

## 3 Holdbarhed

DS/EN 1993-1-4 giver i dette kapitel og i anneks A en oversigt over korrosionsproblematikken for rustfrit stål samt forslag til materialevalg i afhængighed af de atmosfæriske forhold.

## 4 Anvendelsesgrænsetilstande

### 4.1 Generelt

(1) Kravene til anvendelse angivet i kapitel 7 i EN 1993-1-1 bør gælde for rustfrie stål.

(2) Udbøjninger af elementer bør beregnes i overensstemmelse med 4.2.

### 4.2 Bestemmelse af udbøjninger

(5) Udbøjninger bør beregnes ved anvendelse af sekantelasticitetsmodulet  $E_{s,ser}$  fastlagt under hensyntagen til spændingerne i bygningsdelen ved lastkombinationen for den relevante anvendelsesgrænsetilstand og valseretningen. Hvis valseretningen ikke kendes, eller ikke kan garanteres, bør værdien for længderetningen anvendes. Alternativt kan FE-metoderne anvist i annek C i EN 1993-1-5 anvendes med den beskrivelse af de ikke-lineære materialeegenskaber, der er opgivet i annek C i denne standard.

(6) Værdien af sekantelasticitetsmodulet  $E_{s,ser}$  kan fås fra:

$$E_{s,ser} = \frac{(E_{s,1} + E_{s,2})}{2} \quad (4.1)$$

hvor

$E_{s,1}$  er sekantmodulet svarende til spændingen  $\sigma_1$  i trækflangen

$E_{s,2}$  er sekantmodulet svarende til spændingen  $\sigma_2$  i trykflangen.

(7) Værdierne for  $E_{s,1}$  og  $E_{s,2}$  for den relevante spænding i anvendelsestilstanden  $\sigma_{i,Ed,ser}$  og valseretning kan beregnes ved anvendelse af:

$$E_{s,i} = \frac{E}{1 + 0,002 \frac{E}{\sigma_{i,Ed,ser}} \left( \frac{\sigma_{i,Ed,ser}}{f_y} \right)^n} \quad (4.2)$$

med

$i = 1 \text{ eller } 2.$

I DS/EN 1993-1-4 er angivet værdier for  $n$  i afhængighed af legeringstype og spændingsretning. Konservativt kan benyttes  $n = 5$ .

(9) Som en forenkling kan der ses bort fra variationen af  $E_{s,ser}$  langs med elementet, og mindsteværdien af  $E_{s,ser}$  for det element (svarende til værdierne af spændingerne  $\sigma_{1,Ed,ser}$  og  $\sigma_{2,Ed,ser}$  i elementet) kan anvendes for hele længden.

## 5 Brudgrænsetilstande

### 5.1 Generelt

(1) Bestemmelserne i kapitel 5 og 6 i EN 1993-1-1 bør anvendes for rustfrie stål, undtagen hvor de er ændret eller erstattet af de særlige bestemmelser angivet i denne del 1-4.

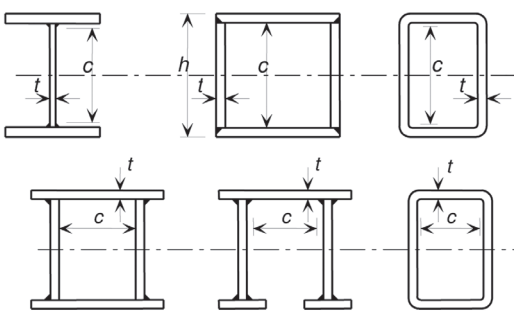
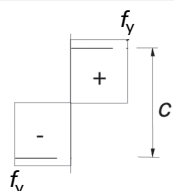
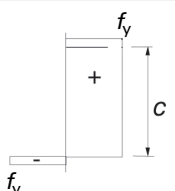
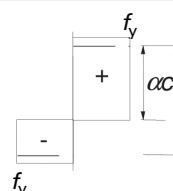
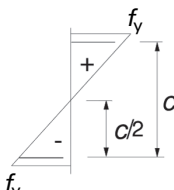
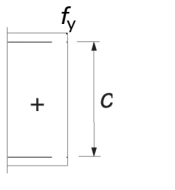
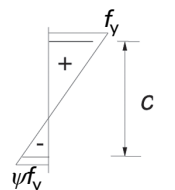
Der benyttes de samme partialkoefficienter som i DS/EN 1993-1-1, afsnit 6.1, og i DS/EN 1993-1-8, afsnit 2.2.

### 5.2 Klassifikation af tværsnit

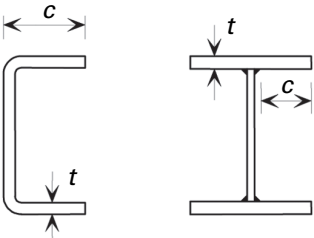
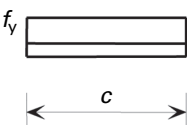
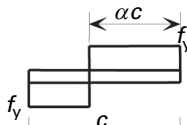
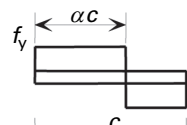
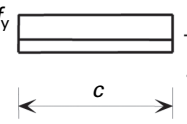
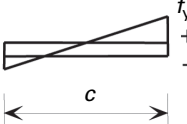
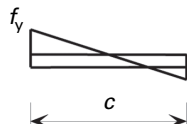
#### 5.2.2 *Klassifikation af trykpåvirkede elementer*

(1) Trykpåvirkede dele i tværsnit bør klassificeres som klasse 1, 2 eller 3 afhængigt af grænserne defineret i tabel 5.2. De trykpåvirkede dele, som ikke opfylder kriterierne for klasse 3, bør klassificeres som klasse 4-bygningsdele.

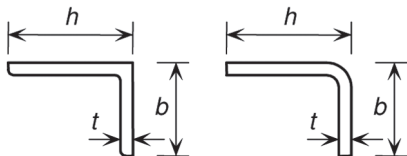
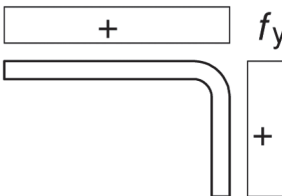
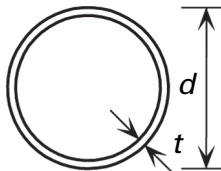
Tabel 5.2 (blad 1 af 3) – Maksimale bredde-tykkelses-forhold for trykpåvirkede dele

Interne trykpåvirkede dele				
				
Klasse	Bøjningspåvirket del	Trykpåvirket del	Bøjnings- og trykpåvirket del	
Spændingsfordeling (trykpositivt)				
1	$c/t \leq 56,0\varepsilon$	$c/t \leq 25,7\varepsilon$	hvor $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{308\varepsilon}{13\alpha - 1}$ hvor $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{28\varepsilon}{\alpha}$	
2	$c/t \leq 58,2\varepsilon$	$c/t \leq 26,7\varepsilon$	hvor $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{320\varepsilon}{13\alpha - 1}$ hvor $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{29,1\varepsilon}{\alpha}$	
Spændingsfordeling (trykpositivt)				
3	$c/t \leq 74,8\varepsilon$	$c/t \leq 30,7\varepsilon$	$c/t \leq 15,3\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$ For $k_\sigma$ se EN 1993-1-5	
$\varepsilon = \left[ \frac{235}{f_y} \frac{E}{210\,000} \right]^{0,5}$	Klasse	1.4301	1.4401	1.4462
	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	210	220	460
	$\varepsilon$	1,03	1,01	0,698
NOTE – For rørprofiler kan c konservativt sættes lig med (h-2t) eller (b-2t).				

Tabel 5.2 (blad 2 af 3) – Maksimale bredde-tykkelses-forhold for trykpåvirkede dele

<div style="text-align: center;"> <b>Udragende flanger</b>   </div>				
Klasse	Profiltype	Trykpåvirket del	Bøjnings- og trykpåvirket del	
			Trykpåvirket spids	Trækpåvirket spids
Spændingsfordeling (trykpositivt)				
1	Koldformet	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
	Svejst	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	Koldformet	$c/t \leq 10,4\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10,4\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10,4\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
	Svejst	$c/t \leq 9,4\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9,4\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9,4\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Spændingsfordeling (trykpositivt)				
3	Koldformet	$c/t \leq 11,9\varepsilon$	$c/t \leq 18,1\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$ For $k_\sigma$ se EN 1993-1-5	
	Svejst	$c/t \leq 11\varepsilon$	$c/t \leq 16,7\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$ For $k_\sigma$ se EN 1993-1-5	
$\varepsilon = \left[ \frac{235}{f_y} \frac{E}{210\,000} \right]^{0,5}$	Klasse	1.4301	1.4401	1.4462
	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	210	220	460
	$\varepsilon$	1,03	1,01	0,698

Tabel 5.2 (blad 3 af 3) – Maksimale bredde-tykkelses-forhold for trykpåvirkede dele

Vinkelprofiler				
Se også "Udragende flanger" (blad 2 af 3)				Gælder ikke for vinkelprofiler, der løbende er forbundet med andre komponenter
Klasse	Trykpåvirket profil			
Spændingsfordeling over tværsnittet (trykpositivt)				
3	$h / t \leq 11,9\varepsilon$ og $\frac{b + h}{2t} \leq 9,1\varepsilon$			
Rørprofiler				
				
Klasse	Bøjningspåvirket profil Op til 240 CHS	Trykpåvirket profil		
1	$d / t \leq 50\varepsilon^2$	$d / t \leq 50\varepsilon^2$		
2	$d / t \leq 70\varepsilon^2$	$d / t \leq 70\varepsilon^2$		
3	$d / t \leq 280\varepsilon^2$ <b>NOTE:</b> For $d > 240$ mm og $d / t > 280\varepsilon^2$ se EN 1993-1-6.	$d / t \leq 90\varepsilon^2$ <b>NOTE:</b> For $d / t > 90\varepsilon^2$ se EN 1993-1-6.		
$\varepsilon = \left[ \frac{235}{f_y} \frac{E}{210\,000} \right]^{0,5}$	Klasse	1.4301	1.4401	1.4462
	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	210	220	460
	$\varepsilon$	1,03	1,01	0,698

## 5.3 Bæreevne af tværsnit

### 5.3.1 Trækbæreevne af snit gennem boltehuller

(1) Et tværsnits trækbæreevne bør regnes som den mindste af bruttotværsnittets plastiske bæreevne  $N_{pl,Rd}$  og nettotværsnittets brudbæreevne  $N_{u,Rd}$ .

(2) Bruttotværsnittets plastiske bæreevne bør bestemmes ved anvendelse af:

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0} \quad (5.4)$$

(3) Nettotværsnittets brudbæreevne bør fastlægges ud fra:

$$N_{u,Rd} = k_r A_{net} f_u / \gamma_{M2} \quad (5.5)$$

med

$$k_r = (1 + 3 r (d_o / u - 0,3)) \quad \text{men } k_r \leq 1$$

$$r = [\text{antallet af bolte ved tværsnittet}] / [\text{samlet antal bolte i samlingen}]$$

$$u = 2e_2 \quad \text{men } u \leq p_2$$

hvor

$A_{net}$  er nettotværsnitsarealet

$d_o$  er boltehullets nominelle diameter

$e_2$  er kantafstanden fra midten af boltehullet til den tilgrænsende kant, vinkelret på kraftens retning

$p_2$  er boltehullers centerafstand, vinkelret på kraftens retning.

## 5.4 Elementers bæreevne mht. udknækning

### 5.4.2 Trykpåvirkede elementer med konstant tværsnit

#### 5.4.2.1 Søjlekurver

(1) Ved aksialt tryk i bygningsdele bør værdien af  $\chi$  for den relevante dimensionsløse slankhed  $\bar{\lambda}$  bestemmes ud fra den relevante søjlekurve i henhold til:

$$\chi = \frac{1}{\phi + [\phi^2 - \bar{\lambda}^2]^{0,5}} \leq 1 \quad (5.6)$$

$$\text{med } \phi = 0,5 (1 + \alpha (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2) \quad (5.7)$$

$$\text{hvor } \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad \text{for klasse 1-, 2- og 3-tværsnit} \quad (5.8)$$



**DS/EN 1993-1-4 FU:2013**

$\alpha$  er en imperfektionsfaktor

$N_{cr}$  er den kritiske kraft efter elasticitetsteorien for den relevante udbøjningsfigur baseret på bruttotværsnittets egenskaber

$\bar{\lambda}_0$  slankhedsgrænse.

(2) Værdier for  $\alpha$  og  $\bar{\lambda}_0$  svarende til den relevante søjlekurve bør tages fra tabel 5.3. Søjlekurverne i tabel 5.3 gælder ikke for rørprofiler, som er udglødet efter fremstilling.

(3) For slankheden  $\bar{\lambda} \leq \bar{\lambda}_0$  eller for  $\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq \bar{\lambda}_0^2$  kan søjlevirkningen lades ude af betragtning, og der skal kun foretages tværsnitseftersvisning.

**Tabel 5.3 – Værdier for  $\alpha$  og  $\bar{\lambda}_0$  for bøjningsudknækning, vridningsudknækning og vridnings-bøjnings-udknækning**

Udknækningsfigur	Elementtype	$\alpha$	$\bar{\lambda}_0$
Bøjnings-	Koldformede åbne tværsnit	0,49	0,40
	Rørprofiler (svejste og sømløse)	0,49	0,40
	Svejste åbne profiler (hovedakse)	0,49	0,20
	Svejste åbne profiler (svage akse)	0,76	0,20
Vridnings- og vridnings-bøjnings-	Alle elementer	0,34	0,20

### 5.4.3 Bøjningspåvirkede elementer med konstant tværsnit

#### 5.4.3.1 Kipningskurver

(1) For bøjningspåvirkede bygningsdele med konstant tværsnit bør værdien af  $\chi_{LT}$  for den pågældende dimensionsløse slankhed  $\bar{\lambda}_{LT}$  fastlægges ud fra:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad (5.10)$$

hvor

$$\phi_{LT} = 0,5 (1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,4) + \bar{\lambda}_{LT}^2) \quad (5.11)$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} \quad (5.12)$$

$\alpha_{LT}$  er imperfektionsfaktoren

= 0,34 for koldformedede profiler og rørprofiler (svejste og sømløse)

= 0,76 for svejste åbne profiler og andre profiler, for hvilke der ikke foreligger nogen data.

$M_{cr}$  er det kritiske moment for kipning efter elasticitetsteorien.

(2) For slankheden  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,4$  eller for  $\frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq 0,16$  kan kipningsvirkningen lades ude af betragtning, og der skal kun foretages tværsnitseftervisning.

## 5.5 Bøjnings- og trykpåvirkede elementer med konstant tværsnit

(1) Elementer, der er påvirket af kombineret bøjning og aksialt tryk bør opfylde:

$$\frac{N_{Ed}}{(N_{b,Rd})_{\min}} + k_y \left( \frac{M_{y,Ed}}{\beta_{W,y} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}} \right) + k_z \left( \frac{M_{z,Ed}}{\beta_{W,z} W_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}} \right) \leq 1 \quad (5.16)$$

Elementer, som kan være tilbøjelige til kipning, bør også opfylde:

$$\frac{N_{Ed}}{(N_{b,Rd})_{\min 1}} + k_{LT} \left( \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \right) + k_z \left( \frac{M_{z,Ed}}{\beta_{W,z} W_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}} \right) \leq 1 \quad (5.17)$$

I ovenstående formler er:

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  og  $M_{z,Ed}$  de regningsmæssige værdier af trykkraften og de maksimale momenter om henholdsvis y-y- og z-z-aksen langs elementet

$(N_{b,Rd})_{\min}$  den mindste værdi for  $N_{b,Rd}$  for følgende fire udknækningsformer: bøjningsudknækning omkring y-aksen, bøjningsudknækning omkring z-aksen, vridningsudknækning og vridnings-bøjningsudknækning

$(N_{b,Rd})_{\min 1}$  den mindste værdi for  $N_{b,Rd}$  for følgende tre udknækningsformer: bøjningsudknækning omkring z-aksen, vridningsudknækning og vridnings-bøjningsudknækning

$\beta_{W,y}$  og  $\beta_{W,z}$  værdierne for  $\beta_W$  fastlagt for henholdsvis y- og z-akserne, hvor

$\beta_W = 1,0$  for klasse 1- eller 2-tværsnit

$\beta_W = W_{el}/W_{pl}$  for klasse 3-tværsnit

$W_{pl,y}$  og  $W_{pl,z}$  er plastiske modstandsmomenter for henholdsvis y- og z-akserne

$M_{b,Rd}$  er kipningsbæreevnen

**DS/EN 1993-1-4 FU:2013**

$k_y, k_z, k_{LT}$  er interaktionsfaktorer.

For  $k_y, k_z, k_{LT}$  benyttes følgende udtryk:

$$k_y = 1,0 + 2 \left( \bar{\lambda}_y - 0,5 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \quad \text{men } 1,2 \leq k_y \leq 1,2 + 2 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}}$$

$$k_z = 1,0 + 2 \left( \bar{\lambda}_z - 0,5 \right) \frac{N_{Ed}}{(N_{b,Rd})_{\min 1}} \quad \text{men } 1,2 \leq k_z \leq 1,2 + 2 \frac{N_{Ed}}{(N_{b,Rd})_{\min 1}}$$

$$k_{LT} = 1,0.$$

## 5.6 Forskydningsbæreevne

(1) Den regningsmæssige forskydningsbæreevne  $V_{c,Rd}$  bør regnes som den mindste af bæreevnen mht. forskydningsfoldning  $V_{b,Rd}$  og den plastiske forskydningsbæreevne  $V_{pl,Rd}$  i henhold til 6.2.6(2) i EN 1993-1-1.

(2) Plader med  $h_w/t$  større end  $\frac{52}{\eta} \varepsilon$  for en uafstivet krop eller  $\frac{23}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$  for en afstivet krop bør

kontrolleres med hensyn til bæreevne mht. forskydningsfoldning og bør forsynes med tværafstivninger ved understøtningerne

hvor  $h_w$  er den frie krophøjde mellem flanger  
 $\varepsilon$  er defineret i tabel 5.2  
 $k_\tau$  er foldningsfaktoren mht. forskydning.

For  $\eta$  kan benyttes værdien  $\eta = 1,20$ .

Udtryk for bæreevnen mht. forskydningsfoldning er givet i DS/EN 1993-1-5, 5.2 (1) suppleret med angivelser i DS/EN 1993-1-4, 5.6 (3) og (4).

## 6 Udformning af samlinger

### 6.1 Generelt

(1) Bestemmelserne i EN 1993-1-8 bør anvendes for rustfrie stål, undtagen hvor de er ændret eller erstattet af de særlige bestemmelser angivet i 6.2 og 6.3.

### 6.2 Boltesamlinger

(1) Hulrandsbæreevnen bør beregnes ved at erstatte  $f_u$  med en reduceret værdi  $f_{u,red}$  givet ved:

$$f_{u,red} = 0,5f_y + 0,6f_u \quad \text{men } \leq f_u \quad (6.1)$$

(2) Forskydningspåvirkede rustfri stålbolte i henhold til EN ISO 3506 klasse 50, 70 og 80 bør behandles som bolte af typen 4.6, 5.6 og 8.8.

(3) En bolts forskydningsbæreevne  $F_{v,Rd}$  bør fastlægges ud fra følgende:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad (6.2)$$

hvor

$A$  er boltens bruttotværsnitsareal (hvis forskydningsplanet går gennem den del af bolten, som ikke er gevindskåret), eller boltens spændingsareal (hvis forskydningsplanet går gennem den del af bolten, som er gevindskåret)

$f_{ub}$  er boltens trækstyrke, se tabel 2.2.

For  $\alpha$  kan benyttes værdierne:

- hvis forskydningsplanet går gennem den del af bolten, som ikke er gevindskåret,  $\alpha = 0,6$
- hvis forskydningsplanet går gennem den del af bolten, som er gevindskåret,  $\alpha = 0,5$ .

### 6.3 Beregning af svejsesømme

(1) Ved fastlæggelsen af kantsømmes regningsmæssige bæreevne bør værdien af korrelationsfaktoren  $\beta_w$  sættes til 1,0 for alle nominelle styrkeklasser for rustfrit stål, medmindre en lavere værdi kan berettiges ved prøvning.



## DS/EN 1993-1-8 FU

### Samlinger

## 1 Emne

### 1.1 Anvendelsesområde

(1) Denne del af EN 1993 indeholder metoder til dimensionering af samlinger, der overvejende påvirkes af statisk last og er fremstillet af stålstyrkeklasse S235, S275, S355, S420, S450 og S460.

### 1.2 Normative referencer

Normative referencer er henvisninger til andre standarder, hvis bestemmelser i form af daterede eller udaterede referencer gælder for denne standard. Disse normative referencer er anført de relevante steder i teksten, og publikationerne er nævnt nedenfor. Når daterede referencer ændres eller revideres, vil ændringen eller revisionen ikke gælde for denne standard, medmindre der udgives et tillæg eller en revideret udgave. For udaterede referencer gælder den nyeste udgave af den pågældende publikation (med tillæg).

#### 1.2.2 *Referencestandarder, Gruppe 2: Tolerancer, dimensioner og tekniske leveringsbetingelser*

EN 10029:1991	Hot rolled steel plates 3 mm thick or above – Tolerances on dimensions, shape and mass
EN 10034:1993	Structural steel I- and H-sections – Tolerances on shape and dimensions
EN 10051:1991	Continuously hot-rolled uncoated plate, sheet and strip of non-alloy and alloy steels – Tolerances on dimensions and shape
EN 10055:1995	Hot rolled steel equal flange tees with radiused root and toes – Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10056-1:1995	Structural steel equal and unequal leg angles – Part 1: Dimensions
EN 10056-2:1993	Structural steel equal and unequal leg angles – Part 2: Tolerances on shape and dimensions
EN 10164:1993	Steel products with improved deformation properties perpendicular to the surface of the product – Technical delivery conditions.

#### 1.2.3 *Referencestandarder, Gruppe 3: Rørprofiler*

EN 10219-1:1997	Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels – Part 1: Technical delivery requirements
EN 10219-2:1997	Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels – Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties
EN 10210-1:1994	Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels – Part 1: Technical delivery requirements

**DS/EN 1993-1-8 FU:2013**

EN 10210-2:1997 Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels – Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties.

**1.2.4      *Referencestandarder, Gruppe 4: Bolte, møtrikker og underlagsskiver***

EN 14399-1:2002 High strength structural bolting for preloading – Part 1: General Requirements

EN 14399-2:2002 High strength structural bolting for preloading – Part 2: Suitability Test for preloading

EN 14399-3:2002 High strength structural bolting for preloading – Part 3: System HR -Hexagon bolt and nut assemblies

EN 14399-4:2002 High strength structural bolting for preloading – Part 4: System HV -Hexagon bolt and nut assemblies

EN 14399-5:2002 High strength structural bolting for preloading – Part 5: Plain washers for system HR

EN 14399-6:2002 High strength structural bolting for preloading – Part 6: Plain chamfered washers for systems HR and HV

EN ISO 898-1:1999 Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel – Part 1: Bolts, screws and studs (ISO 898-1:1999)

EN 20898-2:1993 Mechanical properties of fasteners – Part 2: Nuts with special proof load values – Coarse thread (ISO 898-2:1992)

EN ISO 2320:1997 Prevailing torque type steel hexagon nuts – Mechanical and performance requirements (ISO 2320:1997)

EN ISO 4014:2000 Hexagon head bolts – Product grades A and B (ISO 4014:1999)

EN ISO 4016:2000 Hexagon head bolts – Product grade C (ISO 4016:1999)

EN ISO 4017:2000 Hexagon head screws – Product grades A and B (ISO 4017:1999)

EN ISO 4018:2000 Hexagon head screws – Product grade C (ISO 4018:1999)

EN ISO 4032:2000 Hexagon nuts, style 1 – Product grades A and B (ISO 4032:1999)

EN ISO 4033:2000 Hexagon nuts, style 2 – Product grades A and B (ISO 4033:1999)

EN ISO 4034:2000 Hexagon nuts – Product grade C (ISO 4034:1999)

EN ISO 7040:1997 Prevailing torque hexagon nuts (with non-metallic insert), style 1 – Property classes 5, 8 and 10

EN ISO 7042:1997 Prevailing torque all-metal hexagon nuts, style 2 – Property classes 5, 8, 10 and 12

EN ISO 7719:1997 Prevailing torque type all-metal hexagon nuts, style 1 – Property classes 5, 8 and 10

ISO 286- 2:1988 ISO system of limits and fits – Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for hole and shafts

ISO 1891:1979 Bolts, screws, nuts and accessories – Terminology and nomenclature – Trilingual edition

EN ISO 7089:2000	Plain washers- Nominal series- Product grade A
EN ISO 7090:2000	Plain washers, chamfered – Normal series – Product grade A
EN ISO 7091:2000	Plain washers – Normal series – Product grade C
EN ISO 10511:1997	Prevailing torque type hexagon thin nuts (with non-metallic insert)
EN ISO 10512:1997	Prevailing torque type hexagon nuts thin nuts, style 1, with metric fine pitch thread – Property classes 6, 8 and 10
EN ISO 10513:1997	Prevailing torque type all-metal hexagon nuts, style 2, with metric fine pitch thread – Property classes 8, 10 and 12.

### 1.2.5 **Referencestandarder, Gruppe 5: Svejsematerialer og svejsning**

EN 12345:1998	Welding-Multilingual terms for welded joints with illustrations. September 1998
EN ISO 14555:1998	Welding-Arc stud welding of metallic materials. May 1995
EN ISO 13918:1998	Welding-Studs for arc stud welding-January 1997
EN 288-3:1992	Specification and approval of welding procedures for metallic materials. Part 3: Welding procedure tests for arc welding of steels. 1992
EN ISO 5817:2003	Arc-welded joints in steel – Guidance for quality levels for imperfections.

### 1.2.7 **Referencestandard, Gruppe 7: Udførelse af stålkonstruktioner**

EN 1090-2	Requirements for the execution of steel structures.
-----------	---

## 1.5 **Symboler**

(1) Følgende symboler er anvendt i denne standard:

$d$	er	den nominelle boltediameter, dorndiameteren eller samlingselementets diameter
$d_0$	er	huldiameteren for en bolt, en nitte eller en charnièresdorn
$d_m$	er	middelværdien af hjørnemål og nøglevidde af boltehoved eller møtrik, idet den mindste værdi anvendes
$f_{ur}$	er	nittens specificerede trækstyrke
$e_1$	er	afstanden fra centrum af et hul for et samlingselement til den nærmeste ende af konstruktionsdelen målt i kraftens retning, se figur 3.1
$e_2$	er	kantafstanden fra centrum af et hul for et samlingselement til den tilgrænsende kant af konstruktionsdelen målt vinkelret på kraftens retning, se figur 3.1
$e_3$	er	afstanden fra akse for et aflangt hul til den tilgrænsende ende eller kant af konstruktionsdelen, se figur 3.1
$e_4$	er	afstanden fra centrum for et aflangt huls enderadius til den tilgrænsende ende eller kant af konstruktionsdelen, se figur 3.1



**DS/EN 1993-1-8 FU:2013**

$\ell_{\text{eff}}$	er	den effektive kantsømlængde
$n$	er	antallet af friktionsflader eller antallet af huller for samlingselementer i forskydningsfladen
$p_1$	er	afstanden mellem centrum af samlingselementer på en linje i kraftens retning, se figur 3.1
$p_{1,0}$	er	afstanden mellem centrum af samlingselementer på en yderlinje i kraftens retning, se figur 3.1
$p_{1,i}$	er	afstanden mellem centrum af samlingselementer på en inderlinje i kraftens retning, se figur 3.1
$p_2$	er	afstanden målt vinkelret på kraftens retning mellem tilgrænsende linjer af samlingselementer, se figur 3.1
$t_p$	er	pladens tykkelse under bolt eller møtrik
$A$	er	boltens bruttotværsnitsareal
$A_0$	er	nittehullets areal
$A_s$	er	boltens eller ankerboltens trækspændingsareal
$A_{v,\text{eff}}$	er	det effektive forskydningsareal
$B_{p,Rd}$	er	boltehovedets og møtrikkens regningsmæssige gennemlokningsbæreevne
$F_{p,Cd}$	er	den regningsmæssige forspændingskraft
$F_{t,Ed}$	er	den regningsmæssige trækraft pr. bolt i brudgrænsetilstanden
$F_{t,Rd}$	er	den regningsmæssige trækbæreevne pr. bolt
$F_{v,Rd}$	er	den regningsmæssige overklipningsbæreevne pr. bolt
$F_{b,Rd}$	er	den regningsmæssige hulrandsbæreevne pr. bolt
$F_{s,Rd,\text{ser}}$	er	den regningsmæssige friktionsmodstand pr. bolt i anvendelsesgrænsetilstanden
$F_{s,Rd}$	er	den regningsmæssige friktionsbæreevne pr. bolt i brudgrænsetilstanden
$F_{v,Ed,\text{ser}}$	er	den regningsmæssige forskydningskraft pr. bolt i anvendelsesgrænsetilstanden
$F_{v,Ed}$	er	den regningsmæssige forskydningskraft pr. bolt i brudgrænsetilstanden
$\mu$	er	friktionskoefficienten.

## 2 Dimensioneringsgrundlag

### 2.1 Forudsætninger

(1) Dimensioneringsmetoderne i denne del af EN 1993 bygger på den forudsætning, at udførelseskvaliteten er som specificeret i udførelsesstandarderne anført i 1.2, og at de anvendte byggematerialer og byggevarer er dem, der er specificeret i EN 1993 eller i de relevante materiale- og produktspecifikationer.

## 2.2 Generelle krav

(1)P Alle samlinger skal have en sådan regningsmæssig bæreevne, at konstruktionen kan opfylde alle de grundlæggende dimensioneringskrav anført i denne standard og i EN 1993-1-1.

(2) Partialsikkerhedskoefficienterne  $\gamma_M$  for samlinger er angivet i tabel 2.1.

**Tabel 2.1 – Partialsikkerhedskoefficienter for samlinger**

Elementers og tværsnits bæreevne	$\gamma_{M0}$ , $\gamma_{M1}$ og $\gamma_{M2}$ se EN 1993-1-1
Boltes bæreevne	$\gamma_{M2} = 1,35 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$
Nitters bæreevne	
Charnièredornes bæreevne	
Svejsesømmes bæreevne	
Hulrandsbæreevne for plader	
Friktionssamlinger – i brudgrænsetilstanden (kategori C) – i anvendelsesgrænsetilstanden (kategori B)	$\gamma_{M3} = 1,35 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$ $\gamma_{M3,ser} = 1,20 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$
Injektionsboltes hulrandsbæreevne	$\gamma_{M4} = 1,10 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$
Bæreevne af samlinger i gitterdrager af rørprofiler	$\gamma_{M5} = 1,10 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$
Bæreevne af charnièredorne i anvendelsesgrænsetilstanden	$\gamma_{M6,ser} = 1,10 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$
Forspænding af højstyrkebolte	$\gamma_{M7} = 1,20 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_3$
Betonstyrke	$\gamma_c$ se EN 1992

Vedrørende  $\gamma_0$  og  $\gamma_3$  se EN 1993-1-1, afsnit 6.1.

Ved fastlæggelse af  $\gamma_1$  er følgende svigttyper anvendt:

- $\gamma_{M4}$ : Varslet svigt med bæreevnereserve
- $\gamma_{M5}$ : Varslet svigt med bæreevnereserve
- $\gamma_{M6,ser}$ : Varslet svigt med bæreevnereserve
- $\gamma_{M3,ser}$ : Varslet svigt uden bæreevnereserve
- $\gamma_{M7}$ : Varslet svigt uden bæreevnereserve
- $\gamma_{M2}$ : Uvarslet svigt
- $\gamma_{M3}$ : Uvarslet svigt.

I forbindelse med ulykkes- og seismiske dimensioneringstilstande benyttes:

$$\gamma_{Mi} = 1,0 \text{ hvor } i = 2, 3, 3,ser, 4, 5, 6,ser \text{ eller } 7$$

## 2.3 Påførte kræfter og momenter

(1)P De kræfter og momenter, der påføres samlinger i brudgrænsetilstanden, skal bestemmes i overensstemmelse med principperne i EN 1993-1-1.

## **2.4 Samlingers bæreevne**

- (1) En samlings bæreevne bestemmes ud fra de grundlæggende komponenters bæreevne.
- (2) Lineær-elastisk eller elastisk-plastisk beregning kan anvendes ved dimensionering af samlinger.
- (3) Når der anvendes samlingselementer med forskellig stivhed til at optage en forskydningslast, bør samlingselementet med størst stivhed dimensioneres til at optage den regningsmæssige last. En undtagelse fra denne dimensioneringsmetode er angivet i 3.9.3.

## **2.5 Dimensioneringsforudsætninger**

(1)P Samlinger skal dimensioneres på grundlag af en realistisk forudsætning om fordelingen af snitkræfter. Følgende forudsætninger skal anvendes ved bestemmelse af fordelingen af kræfter:

- (a) de snitkræfter, der forudsættes ved beregningen, er i ligevægt med de kræfter og momenter, som påføres samlingerne
- (b) hver komponent i samlingen kan optage snitkræfterne
- (c) de deformationer, som denne fordeling giver, overstiger ikke deformationsevnen af samlingselementerne eller svejsesømmene og de forbundne dele
- (d) den forudsatte fordeling af snitkræfter skal være realistisk med hensyn til den relative stivhed i samlingen
- (e) de deformationer, der forudsættes i en dimensioneringsmodel ud fra elastisk-plastisk beregning, er baseret på stive kroprotationer og/eller deformationer i planen, som er fysisk mulige
- (f) alle anvendte modeller er i overensstemmelse med evalueringen af prøvningsresultater (se EN 1990).

(2) Anvendelsesreglerne i denne del er i overensstemmelse med 2.5(1).

## **2.6 Forskydningspåvirkede samlinger påvirket af stød, svingninger og/eller skiftende last**

(1) Når en forskydningspåvirket samling påvirkes af stød eller væsentlige svingninger, bør en af følgende samlingsmetoder anvendes:

- svejsning
- bolte med låseanordninger
- forspændte bolte
- injektionsbolte
- andre boltetyper, der effektivt forhindrer bevægelse af de forbundne dele
- nitter.

(2) Hvis glidning ikke kan accepteres i en samling (fordi den påvirkes af skiftende forskydningslast eller af andre årsager), bør der anvendes forspændte bolte i en kategori B- eller C-samling (se 3.4), pasbolte (se 3.6.1), nitter eller svejsning.

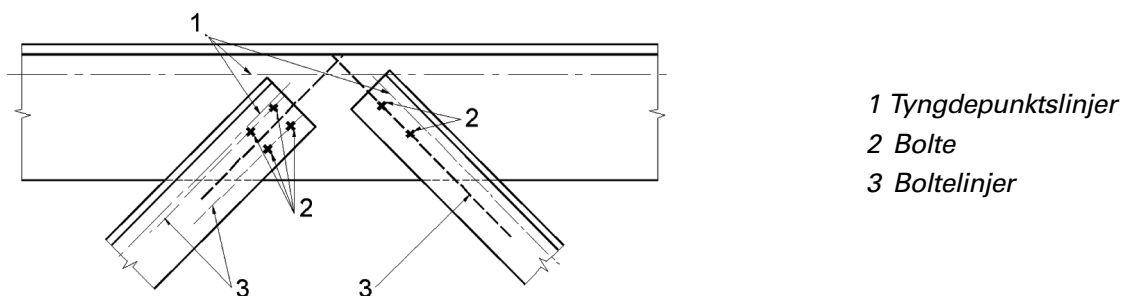
(3) Til vind- og/eller stabilitetsafgittringer kan bolte i kategori A-samlinger anvendes (se 3.4).

## 2.7 Excentricitet i systemknodepunkter

(1) Når der er excentricitet i systemknodepunkter, bør samlinger og elementer dimensioneres for de resulterende momenter og kræfter, undtagen for særlige konstruktionstyper for hvilke det er vist, at dette ikke er nødvendigt, se 5.1.5.

(2) For vinkel- eller T-samlinger fastgjort enten af en enkelt eller to rækker bolte bør der tages hensyn til en eventuel excentricitet i overensstemmelse med 2.7(1). Excentriciteter i og ud af planen bestemmes ved at tage hensyn til den relative placering af elementets tyngdepunktslinje og samlingens boltelinje (se figur 2.1). For et enkelt trækpåvirket vinkelprofil fastgjort med bolte ved den ene flig kan den forenklede metode i 3.10.3 anvendes.

NOTE – Virkningen af excentricitet på vinkelprofiler, der anvendes som trykpåvirkede gitterudfyldningselementer, er angivet i EN 1993-1-1, annek BB 1.2.



Figur 2.1 – Boltelinjer

## 3 Samlinger med bolte, nitter eller charnière-dorne

### 3.1 Bolte, møtrikker og underlagsskiver

#### 3.1.1 Generelt

(1) Alle bolte, møtrikker og underlagsskiver skal opfylde kravene i 1.2.4 Referencestandarder: Gruppe 4.

(2) Reglerne i denne standard gælder for de bolteklasse, der er anført i tabel 3.1.

(3) Flydespændingen  $f_{yb}$  og trækstyrken  $f_{ub}$  for bolteklasse 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8 og 10.9 er anført i tabel 3.1. Disse værdier benyttes som karakteristiske værdier i beregningerne.

**Tabel 3.1 – Nominelle værdier af flydespænding  $f_{yb}$  og trækstyrke  $f_{ub}$  for bolte**

Bolteklasse	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

### 3.1.2 Forspændte bolte

(1) Kun bolte i klasse 8.8 og 10.9, der opfylder kravene i 1.2.4 Referencestandarder: Gruppe 4 til forspændt højstyrkesamling med bolte med kontrolleret tilspænding i overensstemmelse med kravene i 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7, må anvendes som forspændte bolte.

## 3.3 Ankerbolte

(1) Følgende materialer kan anvendes til ankerbolte:

- Ståltyper i overensstemmelse med 1.2.1 Referencestandarder: Gruppe 1
- Ståltyper i overensstemmelse med 1.2.4 Referencestandarder: Gruppe 4
- Ståltyper til armeringsstænger i overensstemmelse med EN 10080

forudsat at flydespændingen ikke overstiger 640 N/mm<sup>2</sup> for forskydningspåvirkede ankerbolte og ikke overstiger 900 N/mm<sup>2</sup> i andre tilfælde.

## 3.4 Kategorier af boltesamlinger

### 3.4.1 Forskydningspåvirkede samlinger

(1) Forskydningspåvirkede boltesamlinger bør dimensioneres som en af følgende:

#### a) Kategori A: Dornsamlinger

I denne kategori anvendes bolte fra klasse 4.6 til og med klasse 10.9. Der kræves ingen forspænding, og der er ingen særlige krav til kontaktflader. Den regningsmæssige forskydningslast må hverken overstige den regningsmæssige overlappingsbæreevne efter 3.6 eller den regningsmæssige hulrandsbæreevne efter 3.6 og 3.7.

#### b) Kategori B: Dornfriktionssamlinger

I denne kategori anvendes forspændte bolte i overensstemmelse med 3.1.2(1). Der må ikke forekomme glidning i anvendelsesgrænsetilstanden. Den regningsmæssige forskydningslast i anvendelsesgrænsetilstanden må ikke overstige den regningsmæssige friktionsmodstand efter 3.9. Den regningsmæssige forskydningslast i brud-grænsetilstanden må hverken overstige den regningsmæssige overlappingsbæreevne efter 3.6 eller den regningsmæssige hulrandsbæreevne efter 3.6 og 3.7.

#### c) Kategori C: Friktionssamlinger

I denne kategori anvendes forspændte bolte i overensstemmelse med 3.1.2(1). Der må ikke forekomme glidning i brudgrænsetilstanden. Den regningsmæssige forskydningslast må hverken overstige den regningsmæssige friktionsbæreevne efter 3.9 eller den regningsmæs-

sige hulrandsbæreevne efter 3.6 og 3.7. Derudover skal den regningsmæssige plastiske bæreevne af nettotværsnittet gennem boltehuller  $N_{\text{net,Rd}}$ , (se 6.2 i EN 1993-1-1) for en trækpåvirket samling kontrolleres i brudgrænsetilstanden.

Dimensioneringskontrol af disse samlinger er sammenfattet i tabel 3.2.

### 3.4.2 *Trækpåvirkede samlinger*

(1) Trækpåvirkede boltesamlinger dimensioneres som en af følgende:

a) **Kategori D: Ikke forspændt**

I denne kategori anvendes bolte fra klasse 4.6 til og med klasse 10.9. Der kræves ikke forspænding. Denne kategori bør ikke anvendes, hvor samlingerne hyppigt påvirkes af varierende træklaster. De kan imidlertid anvendes i samlinger, der er dimensioneret til at modstå normal vindlast.

b) **Kategori E: Forspændt**

I denne kategori anvendes forspændte 8.8 og 10.9 bolte med kontrolleret tilspænding i overensstemmelse med 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7.

Dimensioneringskontrol af disse samlinger er sammenfattet i tabel 3.2.

**Tabel 3.2 – Kategorier af boltesamlinger**

Kategori	Kriterier	Bemærkninger
<b>Forskydningspåvirkede samlinger</b>		
<b>A</b> dornsamlinger	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Der kræves ikke forspænding. Bolteklasse 4.6 til 10.9 kan anvendes.
<b>B</b> dornfriktionssamlinger	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Forspændte 8.8 eller 10.9 bolte skal anvendes. For friktionssamlinger i anvendelsesgrænsetilstand se 3.9.
<b>C</b> friktionssamlinger	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Forspændte 8.8 eller 10.9 bolte skal anvendes. For friktionssamlinger i brudgrænsetilstand se 3.9. $N_{net,Rd}$ se 3.4.1(1) c).
<b>Trækpåvirkede samlinger</b>		
<b>D</b> ikke forspændt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Der kræves ikke forspænding. Bolteklasse 4.6 til 10.9 kan anvendes. $B_{p,Rd}$ se tabel 3.4.
<b>E</b> forspændt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Forspændte 8.8 eller 10.9 bolte skal anvendes. $B_{p,Rd}$ se tabel 3.4.
Den regningsmæssige trækkraft $F_{t,Ed}$ skal omfatte en eventuel kraft fra modholds kræfter, se 3.11. Bolte, der påvirkes både af forskydningskraft og trækkraft, skal også opfylde kriterierne i tabel 3.4.		

### 3.5 Placering af huller til bolte og nitter

(1) Mindste og største indbyrdes afstande samt ende- og kantafstande for bolte og nitter er anført i tabel 3.3.

(2) For mindste og største indbyrdes afstande samt ende- og kantafstande for konstruktioner, der påvirkes af udmattelseslast, se EN 1993-1-9.

**Tabel 3.3 – Mindste og største indbyrdes afstande, ende- og kantafstande**

Afstande og indbyrdes afstande, se figur 3.1	Mindste	Størst <sup>1) 2) 3)</sup>		
		Konstruktioner af stål efter EN 10025, undtagen stål efter EN 10025-5		Konstruktioner af stål efter EN 10025-5
		Stål udsat for udendørs klima eller andre korrosionspåvirkninger	Stål ikke udsat for udendørs klima eller andre korrosionspåvirkninger	Stål anvendt ubeskyttet
Endeafstand $e_1$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Den største af 8t eller 125 mm
Endeafstand $e_2$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Den største af 8t eller 125 mm
Afstand $e_3$ i aflange huller	$1,5d_0^{4)}$			
Afstand $e_4$ i aflange huller	$1,5d_0^{4)}$			
Afstand $p_1$	$2,2d_0$	Den mindste af 14t eller 200 mm	Den mindste af 14t eller 200 mm	Den mindste af 14t <sub>min</sub> eller 175 mm
Afstand $p_{1,0}$		Den mindste af 14t eller 200 mm		
Afstand $p_{1,i}$		Den mindste af 28t eller 400 mm		
Afstand $p_2^{5)}$	$2,4d_0$	Den mindste af 14t eller 200 mm	Den mindste af 14t eller 200 mm	Den mindste af 14t <sub>min</sub> eller 175 mm

1) Maksimumværdier for indbyrdes afstande, kant- og endeafstande er ubegrænsede undtagen i følgende tilfælde:

- for trykpåvirkede elementer for at undgå lokal foldning og for at forhindre korrosion i udsatte elementer (de største værdier er angivet i tabellen)
- for udsatte trækpåvirkede elementer for at forhindre korrosion (de største værdier er angivet i tabellen).

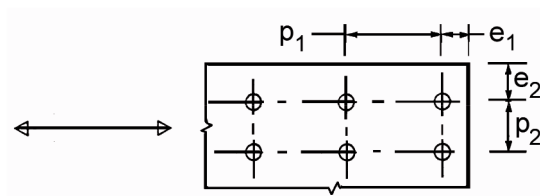
2) Den lokale foldningsmodstandsevne i den trykpåvirkede plade mellem samlingselementerne bør beregnes i henhold til EN 1993-1-1 med  $0,6 p_1$  som fri søjlelængde. Det er ikke nødvendigt at kontrollere lokal foldning mellem samlingselementer, hvis  $p_1/t$  er mindre end 9ε. Kantafstanden bør ikke overstige kravene til lokal foldning for en udragende komponent i de trykpåvirkede elementer, se EN 1993-1-1. Endeafstanden påvirkes ikke af dette krav.

3)  $t$  er tykkelsen af den tyndeste ydre fastgjorte del.

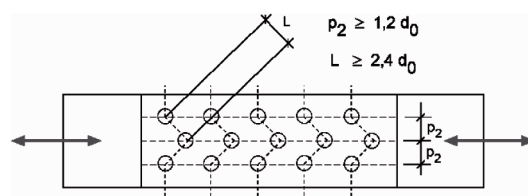
4) Dimensionsgrænser for aflange huller er angivet i 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7.

5) For forskudte rækker af samlingselementer kan en mindste linjeafstand på  $p_2 = 1,2d_0$  anvendes, forudsat at minimumafstanden  $L$  mellem to vilkårlige samlingselementer er større end eller lig med  $2,4d_0$ , se figur 3.1b).

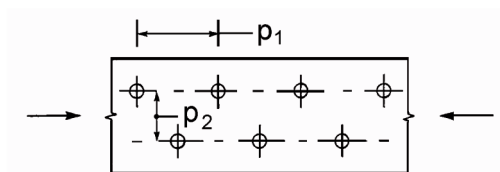




a) Symboler for indbyrdes afstand mellem samlingselementer

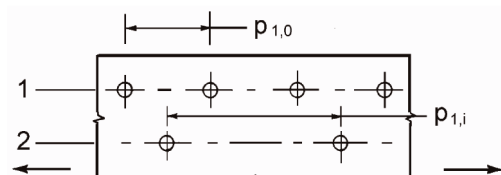


*Forskudte rækker af samlingselementer*  
 b) Symboler for forskudt indbyrdes afstand



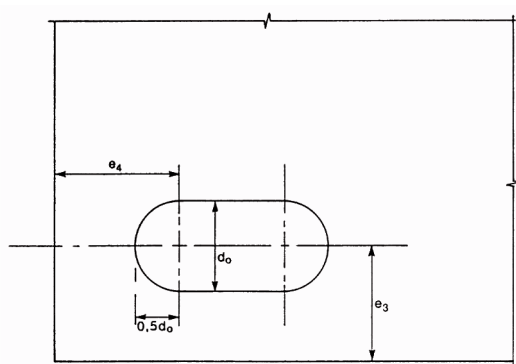
$p_1 \leq 14 t \text{ og } \leq 200 \text{ mm}$   $p_2 \leq 14 t \text{ og } \leq 200 \text{ mm}$

c) Forskudt indbyrdes afstand i trykpåvirkede elementer



$p_{1,0} \leq 14 t \text{ og } \leq 200 \text{ mm}$   $p_{1,i} \leq 28 t \text{ og } \leq 400 \text{ mm}$   
 1 ydre række 2 indre række

d) Forskudt indbyrdes afstand i trækpåvirkede elementer



e) Ende- og kantafstande for aflange huller

**Figur 3.1 – Symboler for ende- og kantafstande og indbyrdes afstand mellem samlingselementer**

### 3.6 Regningsmæssig bæreevne af samlingselementer

#### 3.6.1 Bolte og nitter

(1) Den regningsmæssige bæreevne for et samlingselement, der påvirkes af forskydnings- og/eller træklast, er angivet i tabel 3.4.

(2) For forspændte bolte i overensstemmelse med 3.1.2(1) sættes den regningsmæssige forspænding  $F_{p,Cd}$ , der skal anvendes ved dimensioneringsberegninger, til:

$$F_{p,Cd} = 0,7 f_{ub} A_s / \gamma_{M7} \quad (3.1)$$

NOTE – Se noten til tabel 3.2, hvis der ikke anvendes forspænding ved beregningerne.

(3) Den regningsmæssige bæreevne for træk og for forskydning gennem den gevindskårne del af en bolt i tabel 3.4 må kun anvendes for bolte, der er fremstillet i overensstemmelse med 1.2.4 Referencestandard: Gruppe 4. For bolte med skåret gevind, fx ankerbolte eller trækstænger fremstillet af rund stålstang med gevind i overensstemmelse med EN 1090, bør de relevante værdier fra tabel 3.4 anvendes. For bolte med skåret gevind, hvor gevindet ikke er i overensstemmelse med EN 1090, bør de relevante værdier fra tabel 3.4 multipliceres med en faktor på 0,85.

(4) Den regningsmæssige overklipningsbæreevne  $F_{v,Rd}$  i tabel 3.4 må kun anvendes, når boltene bruges i huller med nominelle mellemrum, der ikke overstiger mellemrummene for normale bolte som specificeret i 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7.

(5) M12- og M14-bolte kan også anvendes i 2 mm frigangshuller, forudsat at boltegruppens regningsmæssige hulrandsbæreevne er mindre end eller lig med boltegruppens regningsmæssige overklipningsbæreevne. Derudover for bolte af klasse 4.8, 5.8, 6.8, 8.8 og 10.9 bør den regningsmæssige overklipningsbæreevne  $F_{v,Rd}$  regnes til 0,85 gange værdien i tabel 3.4.

(6) Pasbolte skal beregnes som bolte i normale huller.

(7) En pasbolts gevind må ikke indgå i forskydningsplanet.

(8) Længden af en pasbolts gevinddel, der indgår i hulrandslængden, må ikke overstige 1/3 af pladens tykkelse, se figur 3.2.

(9) Den hultolerance, der anvendes for pasbolte, skal være i overensstemmelse med 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7.

(10) I overlapsamlinger med kun én række bolte, se figur 3.3, skal boltene forsynes med underlagsskiver både under hoved og under møtrik. Den regningsmæssige hulrandsbæreevne  $F_{b,Rd}$  for hver bolt skal begrænses til:

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 f_u d t / \gamma_{M2} \quad (3.2)$$

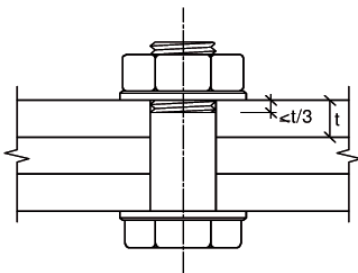
NOTE – Der må ikke anvendes enkeltninger i overlapsamlinger.

(11) For bolte af klasse 8.8 eller 10.9 skal anvendes hærdede underlagsskiver til overlapsamlinger med kun én bolt eller én række af bolte.

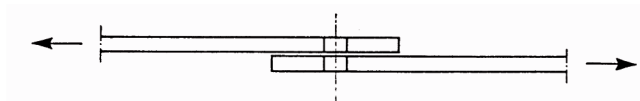
(12) Når bolte eller nitter, der overfører last ved forskydning og hulrand, passerer gennem mellemlægsplader med en samlet tykkelse  $t_p$  større end en tredjedel af den nominelle diameter  $d$ , se figur 3.4, skal den regningsmæssige overlipningsbæreevne  $F_{v,Rd}$  beregnet som specificeret i tabel 3.4 multipliceres med en reduktionsfaktor  $\beta_p$  givet ved:

$$\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_p} \quad \text{men } \beta_p \leq 1 \quad (3.3)$$

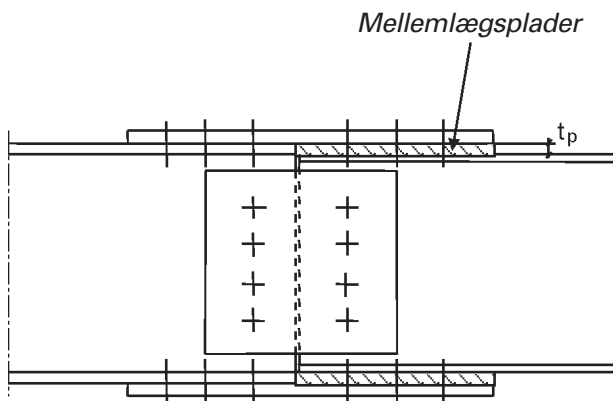
(13) For dobbelte forskydningssamlinger med mellemlægsplader på begge sider af den stødte plade skal  $t_p$  regnes til den tykkeste mellemlægsplades tykkelse.



**Figur 3.2 – Gevinddel af skaft i hulrandslængden for pasbolte**



**Figur 3.3 – Overlapsamling med én række bolte**



**Figur 3.4 – Samlingselementer gennem mellemlægsplader**

**Tabel 3.4 – Regningsmæssig bæreevne af forskydnings- og/eller trækpåvirkede samlingselementer**

Brudform	Bolte	Nitter
Overklipningsbæreevne pr. forskydningsplan	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <ul style="list-style-type: none"><li>– hvor forskydningsplanet går gennem boltens gevinddel (<math>A</math> er boltens spændingsareal <math>A_s</math>):<ul style="list-style-type: none"><li>– for klasse 4.6, 5.6 og 8.8: <math>\alpha_v = 0,6</math></li><li>– for klasse 4.8, 5.8, 6.8 og 10.9: <math>\alpha_v = 0,5</math></li></ul></li><li>– hvor forskydningsplanet går gennem boltens skaftdel uden gevind (<math>A</math> er boltens bruttotværsnit): <math>\alpha_v = 0,6</math></li></ul>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Hulrandsbæreevne 1), 2), 3)	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ <p>hvor <math>\alpha_b</math> er den mindste af <math>\alpha_d</math>; <math>\frac{f_{ub}}{f_u}</math> eller 1,0</p> <p>i kraftens retning:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– for endebolte: <math>\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}</math>; for indre bolte: <math>\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}</math></li></ul> <p>vinkelret på kraftens retning:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– for kantbolte: <math>k_1</math> er den mindste af <math>2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7</math>, <math>1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7</math> og 2,5</li><li>– for indre bolte: <math>k_1</math> er den mindste af <math>1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7</math> eller 2,5</li></ul>	
Trækbæreevne 2)	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>hvor <math>k_2 = 0,63</math> for undersænkede bolte ellers <math>k_2 = 0,9</math>.</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Gennemlokningsbæreevne	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Kontrol er ikke nødvendig
Kombineret forskydning og træk	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	

1) Hulrandsbæreevnen  $F_{b,Rd}$  for bolte:

- i huller i overstørrelse er 0,8 gange hulrandsbæreevnen for bolte i normale huller
- i aflange huller, hvor hullets længdeakse er vinkelret på kraftens retning, er 0,6 gange hulrandsbæreevnen for bolte i runde, normale huller.

2) For undersænkede bolte:

- skal hulrandsbæreevnen  $F_{b,Rd}$  baseres på en pladetykkelse  $t$  lig med tykkelsen af den fastgjorte plade minus den halve undersænkedybde
- for bestemmelse af trækbæreevnen  $F_{t,Rd}$  bør vinklen og undersænkedybden være i overensstemmelse med 1.2.4 Reference-standarder: Gruppe 4, i andre tilfælde justeres trækbæreevnen  $F_{t,Rd}$  tilsvarende.

3) Når lasten på en bolt ikke er parallel med pladekanten, kan hulrandsbæreevnen eftervises separat for de boltelastkomponenter, der er parallelle med og vinkelret på enden af pladen.

### 3.7 Gruppe af samlingselementer

(1) Den regningsmæssige bæreevne af en gruppe af samlingselementer kan sættes til summen af hvert samlingselements regningsmæssige hulrandsbæreevne  $F_{b,Rd}$ , forudsat at hvert samlingselements regningsmæssige overlappingsbæreevne  $F_{v,Rd}$  er større end eller lig med den regningsmæssige hulrandsbæreevne  $F_{b,Rd}$ . Ellers skal den regningsmæssige bæreevne af en gruppe af samlingselementer sættes til antallet af samlingselementer multipliceret med bæreevnen af samlingselementet med den mindste regningsmæssige bæreevne.

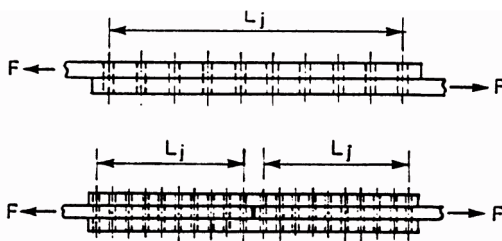
### 3.8 Lange samlinger

(1) Når afstanden  $L_j$  mellem centre af endesamlingselementer i en samling målt i kraftens retning (se figur 3.7) er større end  $15d$ , bør alle samlingselementers samlede regningsmæssige overlappingsbæreevne  $F_{v,Rd}$  beregnet i henhold til tabel 3.4 reduceres ved at multiplicere bæreevnen med en faktor  $\beta_{Lf}$  givet ved:

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15d}{200d} \quad (3.5)$$

men  $\beta_{Lf} \leq 1,0$  og  $\beta_{Lf} \geq 0,75$

(2) Bestemmelsen i 3.8(1) gælder ikke, når kraftoverførslen er jævnt fordelt over samlingens længde fx overførsel af forskydningskraft mellem en profils krop og flange.



Figur 3.7 – Lange samlinger

### 3.9 Friktionssamlinger med 8.8 eller 10.9 bolte

#### 3.9.1 Regningsmæssig friktionsbæreevne

(1) Den regningsmæssige friktionsbæreevne af en forspændt bolt af klasse 8.8 eller 10.9 bør sættes til:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,C} \quad (3.6a)$$

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3,ser}} F_{p,C} \quad (3.6b)$$

hvor

$k_s$  er angivet i tabel 3.6

$n$  er antallet af friktionsplaner

$\mu$  er friktionskoefficienten bestemt enten ved specifikke prøvninger af friktionsfladen i overensstemmelse med 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7 eller, hvor det er relevant, som angivet i tabel 3.7.

(2) For bolte af klasse 8.8 og 10.9 i overensstemmelse med 1.2.4 Referencestandarder: Gruppe 4 med kontrolleret tilspænding i overensstemmelse med 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7 sættes forspændingskraften  $F_{p,C}$ , der skal anvendes i ligning (3.6), til:

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s \quad (3.7)$$

**Tabel 3.6 – Værdier af  $k_s$**

Beskrivelse	$k_s$
Bolte i normale huller.	1,0
Bolte i huller i overstørrelse eller i korte aflange huller med hullets akse vinkelret på kraftens retning.	0,85
Bolte i lange aflange huller med hullets akse vinkelret på kraftens retning.	0,7
Bolte i korte aflange huller med hullets akse parallelt med kraftens retning.	0,76
Bolte i lange aflange huller med hullets akse parallelt med kraftens retning.	0,63

**Tabel 3.7 – Friktionskoefficient  $\mu$  for forspændte bolte**

Klasse af friktionsflade (se 1.2.7 Referencestandard: Gruppe 7)	Friktionskoefficient $\mu$
A	0,5
B	0,4
C	0,3
D	0,2

NOTE 1 – Kravene til prøvning og inspektion er angivet i 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7.

NOTE 2 – En eventuel anden overfladebehandling bør klassificeres på grundlag af prøvelegemer, der er repræsentative for den overflade, som anvendes i konstruktionen, ved hjælp af proceduren i 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7.

NOTE 3 – Definitionerne af klasser af friktionsflader er indeholdt i 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7.

NOTE 4 – For malede overfladebehandlinger kan der forekomme tab af forspænding over tid.

### 3.9.2 *Kombineret træk og forskydning*

(1) Hvis en friktionssamling påvirkes af en trækraft  $F_{t,Ed}$  eller  $F_{t,Ed,ser}$ , foruden forskydningskraften  $F_{v,Ed}$  eller  $F_{v,Ed,ser}$ , som kan forårsage glidning, skal den regningsmæssige friktionsmodstand pr. bolt sættes til følgende:

$$\text{for en kategori B-samling: } F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s n \mu (F_{p,C} - 0,8 F_{t,Ed,ser})}{\gamma_{M3,ser}} \quad (3.8a)$$

$$\text{for en kategori C-samling: } F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu (F_{p,C} - 0,8 F_{t,Ed})}{\gamma_{M3}} \quad (3.8b)$$

(2) Hvis en kontaktkraft på tryksiden i en momentsamling opvejer den påførte trækraft, er reduktion af friktionsmodstanden ikke nødvendig.

## 3.10 *Fradrag for huller til samlingselementer*

### 3.10.2 *Blokforskydningsbæreevne*

(1) Blokforskydning består i forskydningsbrud i rækken af bolte langs hele hulgruppens forskydningspåvirkede side ledsaget af trækbrud langs linjen af boltehuller på den trækpåvirkede side af boltegruppen. Figur 3.8 viser blokforskydning.

(2) For en symmetrisk boltegruppe, der påvirkes af koncentrisk last, er den regningsmæssige blokforskydningsbæreevne  $V_{eff,1,Rd}$  givet ved:

$$V_{eff,1,Rd} = f_u A_{nt}/\gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) f_y A_{nv}/\gamma_{M0} \quad (3.9)$$

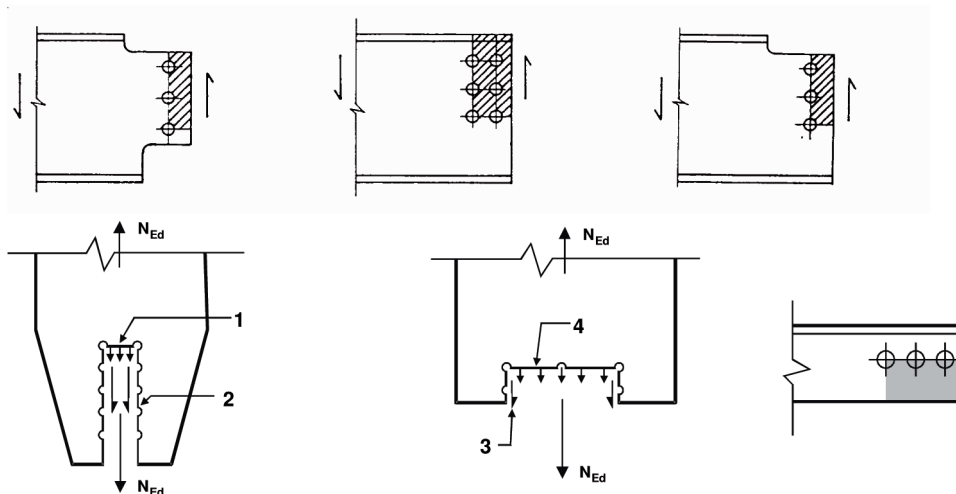
hvor

$A_{nt}$  er det trækpåvirkede nettoareal

$A_{nv}$  er det forskydningspåvirkede nettoareal.

(3) For en boltegruppe, der påvirkes af excentrisk last, er den regningsmæssige blokforskydningsbæreevne  $V_{eff,2,Rd}$  givet ved:

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 f_u A_{nt}/\gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) f_y A_{nv}/\gamma_{M0} \quad (3.10)$$



- 1 lille trækraft  
 2 stor forskydningskraft  
 3 lille forskydningskraft  
 4 stor trækraft

**Figur 3.8 – Blokforskydning**

### 3.10.3 Vinkelprofiler fastgjort ved én flig og andre trækpåvirkede ikke-symmetrisk fastgjorte elementer

(1) Excentriciteten i samlinger, se 2.7(1), og virkningerne af boltenes indbyrdes afstand og kantafstand skal tages i betragtning ved bestemmelse af den regningsmæssige bæreevne af:

- ikke-symmetriske elementer
- symmetriske elementer, der er usymmetrisk fastgjort, fx vinkelprofiler fastgjort ved én flig.

I DS/EN 1993-1-8 er angivet beregningsregler for bæreevnen af vinkelprofiler med samlingselementer i kun den ene flig.

### 3.11 Modholdskræfter

(1) Hvor der kræves samlingselementer for at optage en påført trækraft, skal disse dimensioneres til også at optage tillægskraften fra eventuelle modholdskræfter.

### 3.12 Fordeling af kræfter mellem samlingselementer i brudgrænsetilstanden

(1) Når en samling påføres et moment, kan fordelingen af snitkræfter være enten lineær (dvs. proportional med afstanden fra rotationscentret) eller plastisk (dvs. en hvilken som helst forde-



**DS/EN 1993-1-8 FU:2013**

ling i ligevægt kan accepteres, forudsat at komponenternes bæreevne ikke overskrides, og at komponenternes har tilstrækkelig sejhed).

(2) Den elastisk lineære fordeling af snitkræfter anvendes i følgende tilfælde:

- når der anvendes bolte i en kategori C-friktionssamling
- i forskydningssamlinger, hvor et samlingselements regningsmæssige overklipningsbæreevne  $F_{v,Rd}$  er mindre end den regningsmæssige hulrandsbæreevne  $F_{b,Rd}$
- hvor samlinger påvirkes af stød, svingende og/eller skiftende last (undtagen vindlast).

(3) Når en samling kun påvirkes af koncentrisk forskydning, kan lasten antages at være jævnt fordelt mellem samlingselementerne, forudsat at samlingselementerne er af samme størrelse og klasse.

### **3.13 Samlinger med charnièreorne**

#### **3.13.1 Generelt**

(1) Charnièreorne skal sikres, hvis der er risiko for, at de kan løsne sig.

(2) Charnièresamlinger kan, hvor der ikke kræves rotation, dimensioneres som enkeltboltesamlinger, forudsat at dornens længde er mindre end 3 gange dens diameter, se 3.6.1. I alle andre tilfælde skal foretages en nøjere beregning.

I DS/EN 1993-1-8 er givet detaljerede beregningsregler for charnièresamlinger.

## **4 Svejsesamlinger**

### **4.1 Generelt**

(1) Bestemmelserne i dette kapitel gælder for svejselige konstruktionsstål i overensstemmelse med EN 1993-1-1 og for materialetykkelser på 4 mm og derover. Bestemmelserne gælder også for samlinger, hvor svejsemetallets mekaniske egenskaber er forenelige med grundmetallets mekaniske egenskaber, se 4.2.

For svejsesømme i tyndere materiale henvises til EN 1993, del 1.3, og for svejsesømme i bærende rørprofiler i materialer med tykkelse 2,5 mm og derover er vejledning indeholdt i kapitel 7 i denne standard.

(3) Der kræves normalt kvalitetsniveau C i henhold til EN ISO 5817, medmindre andet er specificeret. Hyppigheden af inspektion af svejsesømme specificeres i overensstemmelse med reglerne i 1.2.7 Referencestandarder: Gruppe 7. Svejsesømmes kvalitetsniveau vælges i overensstemmelse med EN ISO 5817. For kvalitetsniveauet af svejsesømme i udmattelsespåvirkede konstruktioner, se EN 1993-1-9.

(4) Udrivningsbrud skal undgås.

(5) Vejledning om udrivningsbrud er angivet i EN 1993-1-10.

## 4.2 Svejsematerialer

(1) Alle svejsematerialer skal opfylde kravene i de relevante standarder specificeret i 1.2.5 Referencestandarder: Gruppe 5.

(2) Den specificerede flydespænding, trækstyrke, brudforlængelse og mindste Charpy V-slagsejhedsværdi for tilsatsmaterialet bør svare til eller være bedre end værdierne specificeret for grundmaterialet.

NOTE – Det er generelt sikkert at vælge elektroder af højere kvalitet end nødvendigt for de ståltyper, der anvendes.

## 4.3 Geometri og dimensioner

### 4.3.1 *Type af svejsesøm*

(1) Denne standard omfatter dimensionering af kantsømme, slidssømme, stumpsømme, prop-sømme og sømme med tragtformet kel. Stumpsømme kan være enten stumpsømme med fuld gennemsvejsning eller stumpsømme med delvis gennemsvejsning. Både slidssømme og prop-sømme kan være enten i cirkulære huller eller i aflange huller.

(2) De mest almindelige typer samlinger og svejsesømme er vist i EN 12345.

### 4.3.2 *Kantsømme*

#### 4.3.2.1 *Generelt*

(1) Kantsømme kan anvendes til samling af dele, hvor de overflader, der sammensvejses, danner en vinkel mellem 60° og 120°.

(2) Vinkler mindre end 60° er også tilladt. I sådanne tilfælde betragtes svejsesømmen som en stumpsøm med delvis gennemsvejsning.

(3) For vinkler større end 120° bestemmes kantsømmes bæreevne ved prøvning i overensstemmelse med EN 1990, annek D: Dimensionering understøttet af prøvning.

(4) Kantsømme, der slutter ved enderne eller siderne af dele, bør forløbe kontinuerligt og i fuld størrelse omkring hjørnet i en længde på mindst to gange svejsesømmens sidelinje, medmindre adgangsforholdene eller samlingens konfiguration gør dette umuligt i praksis.

NOTE – Ved afbrudte sømme gælder denne regel kun for den sidste afbrudte kantsøm ved hjørner.

(5) Kontinuerlige hjørneforløb bør angives på tegningerne.

(6) For excentricitet af usymmetriske kantsømme, se 4.12.

#### 4.3.2.2 *Afbrudte kantsømme*

(1) Afbrudte kantsømme bør ikke anvendes under korrosive forhold.

I DS/EN 1993-1-8, 4.3.2.2 er angivet retningslinjer for udformning af afbrudte svejsesømme, og i 4.9(7) er anført beregningsregler.

### **4.3.3 Slidssømme**

- (1) Slidssømme bestående af kantsømme i cirkulære eller aflange huller må kun anvendes til at overføre forskydning eller til at modvirke foldning eller adskillelse af overlappende dele.
- (2) Diameteren af et cirkulært hul eller bredden af et aflangt hul i en slidssøm bør ikke være mindre end fire gange tykkelsen af den del, hvori hullet befinder sig.
- (3) Enderne af aflange huller bør være halvcirkulære, undtagen ved ender, der strækker sig til kanten af den pågældende del.
- (4) Midt til midt-afstanden mellem slidssømme bør ikke overstige den værdi, der er nødvendig for at modvirke lokal foldning, se tabel 3.3.

### **4.3.4 Stumpsømme**

- (1) En stumpsøm med fuld gennemsvajsning defineres som en svejsesøm, hvori der er fuld gennemsvajsning og fuld sammensmeltning af svejse- og grundmetal i hele samlingens tykkelse.
- (2) En stumpsøm med delvis gennemsvajsning defineres som en svejsesøm med en samlet gennemsvajsning, der er mindre end grundmaterialets fulde tykkelse.
- (3) Afbrudte stumpsømme bør ikke anvendes.
- (4) For excentricitet af ensidige stumpsømme med delvis gennemsvajsning, se 4.12.

### **4.3.5 Propsømme**

- (1) Propsømme kan anvendes til:
  - at overføre forskydning
  - at modvirke foldning eller adskillelse af overlappende dele
  - at forbinde komponenterne i sammensatte elementermen bør ikke anvendes til at optage en ydre påført trækraft.
- (2) Diameteren af et cirkulært hul eller bredden af et aflangt hul i en propsøm bør være mindst 8 mm større end tykkelsen af den del, hvori hullet befinder sig.
- (3) Enderne af aflange huller bør enten være halvcirkulære eller have hjørner, der er afrundede med en radius, der ikke er mindre end tykkelsen af den del, hvori hullet befinder sig, undtagen ved ender, der strækker sig til kanten af den pågældende del.

(4) Tykkelsen af en propsøm i et grundmateriale, der er op til 16 mm tykt, bør være lig med grundmaterialets tykkelse. Tykkelsen af en propsøm i grundmateriale, der er over 16 mm tykt, bør være mindst halvdelen af grundmaterialets tykkelse og ikke mindre end 16 mm.

(5) Midt til midt-afstanden mellem propsømme bør ikke overstige den værdi, der er nødvendig for at modvirke lokal foldning, se tabel 3.3.

## 4.5 Regningsmæssig bæreevne af kantsømme

### 4.5.1 Længde af svejsesømme

(1) En kantsøms effektive længde  $l_{\text{eff}}$  sættes lig med længden med fuld sømtykkelse. Denne kan sættes til svejsesømmens samlede længde reduceret med to gange det effektive a-mål. Hvis svejsesømmen har fuld størrelse i hele længden, inkl. start og afslutninger, er det ikke nødvendigt at reducere den effektive længde for hverken start eller afslutning af sømmen.

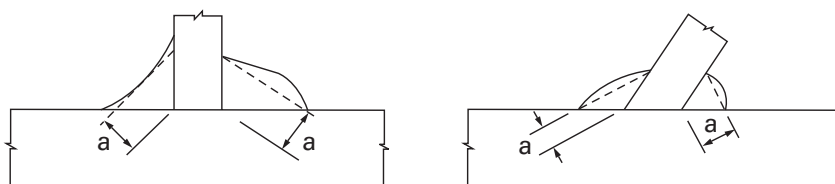
(2) En kantsøm med en effektiv længde mindre end 30 mm eller mindre end 6 gange a-målet, idet den største værdi gælder, bør ikke regnes at optage last.

### 4.5.2 Effektivt a-mål

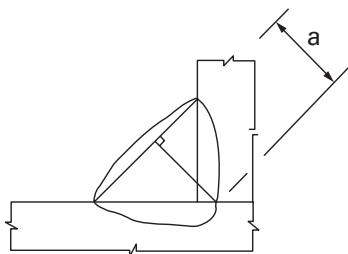
(1) En kantsøms a-mål er højden af den største trekant (med lige eller ulige sider), der kan indskrives i svejsefladerne og svejseoverfladen, målt vinkelret på ydersiden af denne trekant, se figur 4.3.

(2) Det effektive a-mål må ikke være mindre end 3 mm.

(3) Ved bestemmelse af den regningsmæssige bæreevne af en kantsøm med indtrængning kan der tages hensyn til halssnittets ekstra tykkelse, se figur 4.4, forudsat at det forudgående dokumenteres ved prøvning, at den krævede indtrængning kan opnås, og at den er ensartet.



Figur 4.3 – a-mål for en kantsøm



**Figur 4.4 – a-mål for en kantsøm med indtrængning**

### 4.5.3 *Kantsømmes regningsmæssige bæreevne*

#### 4.5.3.1 Generelt

(1) Den regningsmæssige bæreevne af en kantsøm bestemmes ved hjælp af retningsmetoden i 4.5.3.2 eller den forenklede metode i 4.5.3.3.

#### 4.5.3.2 Retningsmetode

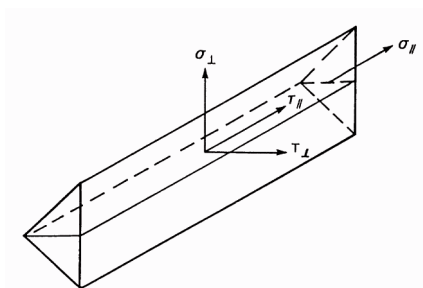
(1) Ved denne metode opløses kræfterne, der overføres af en længdeenhed af svejsesømmen, i komponenter parallelt med og på tværs af svejsesømmens længdeakse og vinkelret på og på tværs af halssnittets plan.

(2) Det regningsmæssige areal af halssnittet  $A_w$  sættes til  $A_w = \sum a \ell_{\text{eff}}$ .

(3) Det regningsmæssige areal af halssnittet antages at være placeret koncentreret i roden.

(4) Der forudsættes en ensartet spændingsfordeling på svejsesømmens halssnit, hvilket giver følgende normal-spændinger og forskydningsspændinger vist i figur 4.5:

- $\sigma_{\perp}$  er normalspændingen vinkelret på halssnittet
- $\sigma_{\parallel}$  er normalspændingen parallelt med svejsesømmens akse
- $\tau_{\perp}$  er forskydningsspændingen (i halssnittets plan) vinkelret på svejsesømmens akse
- $\tau_{\parallel}$  er forskydningsspændingen (i halssnittets plan) parallelt med svejsesømmens akse.



**Figur 4.5 – Spændinger i en kantsøms halssnit**

(5) Normalspændingen  $\sigma_{\parallel}$  parallelt med akseu tages ikke i betragtning ved eftervisning af svej-sesømmens regningsmæssige bæreevne.

(6) Kantsømmens regningsmæssige bæreevne vil være tilstrækkelig, hvis følgende betingelser begge er opfyldt:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad \text{og} \quad \sigma_{\perp} \leq 0,9 f_u / \gamma_{M2} \quad (4.1)$$

hvor

$f_u$  er den nominelle trækstyrke af den svageste del i samlingen

$\beta_w$  er den relevante korrelationsfaktor taget fra tabel 4.1.

(7) Svejsesømme mellem dele af materialer med forskellig styrkeklasse dimensioneres ud fra egenskaberne for materialet med den laveste styrkeklasse.

**Tabel 4.1 – Korrelationsfaktor  $\beta_w$  for kantsømme**

Standard og stålqualitet			Korrelationsfaktor $\beta_w$
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S 420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0

**4.5.3.3 Forenklet metode til bestemmelse af kantsømmes regningsmæssige bæreevne**

(1) Som alternativ til 4.5.3.2 kan en kantsøms regningsmæssige bæreevne forudsættes tilstrækkelig, hvis resultanten af alle kræfter pr. længdeenhed overført af sømmen i ethvert punkt af længden opfylder følgende kriterium:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (4.2)$$

hvor

$F_{w,Ed}$  er den regningsmæssige værdi af kraften pr. længdeenhed på svejsesømmen

$F_{w,Rd}$  er svejsesømmens regningsmæssige bæreevne pr. længdeenhed.

(2) Uafhængigt af retningen af halssnittets plan i forhold til den påførte kraft kan svejsesømmens regningsmæssige bæreevne pr. længdeenhed  $F_{w,Rd}$  bestemmes af:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a \quad (4.3)$$

hvor

$f_{vw,d}$  er svejsesømmens regningsmæssige forskydningsstyrke.

(3) Svejsesømmens regningsmæssige forskydningsstyrke  $f_{vw,d}$  bør bestemmes af:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (4.4)$$

hvor

$f_u$  og  $\beta_w$  er defineret i 4.5.3.2(6).

**4.7 Stumpsømmes regningsmæssige bæreevne****4.7.1 Stumpsømme med fuld gennemsvajsning**

(1) Den regningsmæssige bæreevne af en stumpsøm med fuld gennemsvajsning sættes lig med den regningsmæssige bæreevne af den svageste del i samlingen, forudsat at svejsesømmen er udført med et passende svejsemateriale, der vil give trækprøvelegemer af svejsesømmen med både en mindste flydespænding og en mindste trækstyrke, som ikke er mindre end værdierne specificeret for grundmaterialet.

**4.7.2 Stumpsømme med delvis gennemsvajsning**

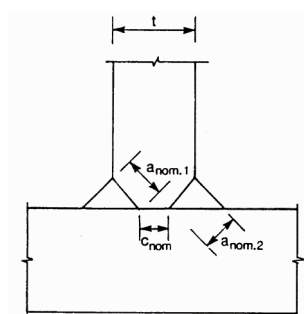
(1) Den regningsmæssige bæreevne af en stumpsøm med delvis gennemsvajsning bestemmes ved hjælp af metoden for en kantsøm med indtrængning i 4.5.2(3).

(2) Halssnittet i en stumpsøm med delvis gennemsvajsning må ikke sættes større end den gennemsvajsningsdybde, der løbende kan opnås, se 4.5.2(3).

### 4.7.3 T-stumpsamlinger

(1) Den regningsmæssige bæreevne af en T-stumpsamling, der består af to stumpsømme med delvis gennemsvajsnings suppleret med overlejrede kantsømme, kan bestemmes som for en stumpsøm med fuld gennemsvajsnings (se 4.7.1), hvis halssnittets samlede nominelle tykkelse, eksklusiv den usvejste afstand, ikke er mindre end tykkelsen  $t$  af den del, der danner stammen af T-samlingen, forudsat at den usvejste afstand ikke er større end den mindste værdi af  $(t/5)$  eller 3 mm, se figur 4.6.

(2) Den regningsmæssige bæreevne af en T-stumpsøm, der ikke opfylder kravet i 4.7.3(1), bør bestemmes ud fra metoden for en kantsøm eller en kantsøm med indtrængning angivet i 4.5 afhængigt af gennemsvajsnings dybde. Halssnittets tykkelse bestemmes ifølge reglerne for kantsømme (se 4.5.2) eller stumpsømme med delvis gennemsvajsnings (se 4.7.2).



$$a_{\text{nom},1} + a_{\text{nom},2} \geq t$$

$c_{\text{nom}}$  er den mindste værdi af  $t/5$  eller 3 mm

**Figur 4.6 – Effektiv indtrængning af T-stumpsømme**

### 4.8 Propsømmes regningsmæssige bæreevne

(1) Den regningsmæssige bæreevne  $F_{w,Rd}$  af en propsøm (se 4.3.3) sættes til:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} A_w \quad (4.5)$$

hvor

$f_{vw,d}$  er den regningsmæssige forskydningsstyrke af en svejsesøm angivet i 4.5.3.3(3)

$A_w$  er det regningsmæssige halssnitareal og sættes lig med hullets areal.

### 4.9 Fordeling af kræfter

(1) Kraftfordelingen i en svejsesamling kan beregnes under antagelse af enten elastisk eller plastisk opførsel i overensstemmelse med 2.4 og 2.5.

(2) Det er tilladt at forudsætte en forenklet lastfordeling mellem svejsesømmene.



(3) Ved beregning af en svejsesøms bæreevne er det ikke nødvendigt at tage hensyn til egen-spændinger og spændinger, der ikke deltager i lastoverførslen. Dette gælder specielt for normal-spændingen parallelt med en svejsesøms akse.

(4) Svejsesamlinger skal dimensioneres til at have tilstrækkelig deformationsevne. Svejsesømmenes sejhed bør dog ikke lægges til grund.

(5) I samlinger, hvor der kan dannes flydeled, skal svejsesømmene dimensioneres til at have mindst samme regningsmæssige bæreevne som den svageste af de forbundne dele.

(6) I andre samlinger, hvor der kræves rotationskapacitet på grund af muligheden for kraftig tøjning, skal svejsesømmene have tilstrækkelig styrke til, at der ikke sker brud før flydning i det tilgrænsende grundmateriale.

#### **4.10 Fastgørelser til uafstivede flanger**

En bjælke-søjle-samling uden afstivninger i forlængelse af bjælkeflangerne vil have en vis – begrænset – momentbæreevne. I DS/EN 1993-1-8, 4.10 er givet beregningsregler for bestemmelse af denne bæreevne.

#### **4.11 Lange samlinger**

(1) I overlapsamlinger skal en kantsøms regningsmæssige bæreevne reduceres ved at multiplicere bæreevnen med en reduktionsfaktor  $\beta_{Lw}$  for at tage hensyn til virkningerne af en uensartet spændingsfordeling langs længden.

(2) Bestemmelserne i 4.11 gælder ikke, når spændingsfordelingen langs svejsesømmen svarer til spændingsfordelingen i det tilgrænsende grundmateriale, fx hvor en svejsesøm forbinder flangen med kroppen i en pladedrager.

(3) I overlapsamlinger, der er længere end  $150a$ , sættes reduktionsfaktoren  $\beta_{Lw}$  til  $\beta_{Lw,1}$ , givet ved:

$$\beta_{Lw,1} = 1,2 - 0,2L_j/(150a) \text{ men } \beta_{Lw,1} \leq 1,0 \quad (4.9)$$

hvor

$L_j$  er den samlede overlaplængde i kraftens retning.

(4) For kantsømme længere end 1,7 meter, som fastgør tværafstivninger i pladeelementer, sættes reduktionsfaktoren  $\beta_{Lw}$  til  $\beta_{Lw,2}$  givet ved:

$$\beta_{Lw,2} = 1,1 - L_w/17 \text{ men } \beta_{Lw,2} \leq 1,0 \text{ og } \beta_{Lw,2} \geq 0,6 \quad (4.10)$$

hvor

$L_w$  er svejsesømmens længde (i meter).

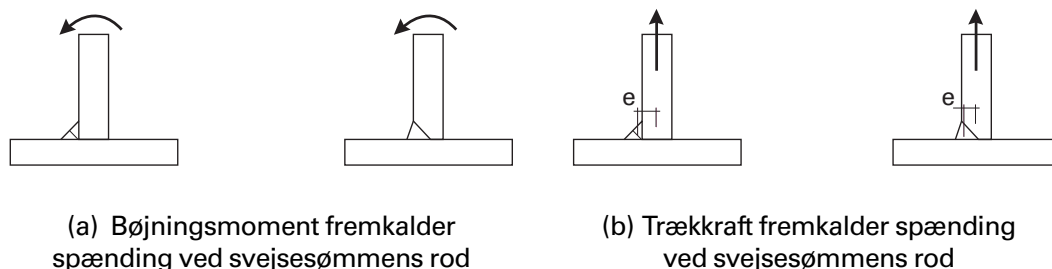
#### 4.12 Excentrisk belastede enkelte kantsømme eller ensidige stumpsømme med delvis gennemsvæjsning

(1) Lokal excentricitet bør så vidt muligt undgås.

(2) Lokal excentricitet (i forhold til angrebslinjen for den kraft, der skal optages) bør tages i betragtning i følgende tilfælde:

- Når et bøjningsmoment overført omkring svejsesømmens længdeakse fremkalder spænding i svejsesømmens rod, se figur 4.9(a).
- Når en trækraft vinkelret på svejsesømmens længdeakse medfører et bøjningsmoment, der resulterer i en trækraft ved svejsesømmens rod, se figur 4.9(b).

(3) Det er ikke nødvendigt at tage hensyn til lokal excentricitet, hvis en svejsesøm indgår som en del af en gruppe af sømme omkring perimeteren af et bærende rørprofil.



**Figur 4.9 – Enkelte kantsømme og ensidige stumpsømme med delvis gennemsvæjsning**

#### 4.13 Vinkelprofiler fastgjort ved én flig

(1) I vinkelprofiler, der er fastgjort ved én flig, kan der tages hensyn til excentriciteten i svejste overlappende endesamlinger ved at regne med et effektivt tværsnitsareal og derefter behandle elementet som værende centralt belastet.

(2) For et ligefliget vinkelprofil eller et uligefliget vinkelprofil forbundet ved den længste flig kan det effektive areal sættes lig med bruttoarealet.

(3) For et uligefliget vinkelprofil forbundet ved den korteste flig sættes det effektive areal lig med bruttotværsnitsarealet af et ækvivalent ligefliget vinkelprofil med flige, der har samme længde som den korteste flig, ved bestemmelse af tværsnittets regningsmæssige bæreevne, se EN 1993-1-1. Ved bestemmelse af et trykpåvirket elements regningsmæssige bæreevne mht. udknækning, se EN 1993-1-1, skal det faktiske bruttotværsnitsareal anvendes.

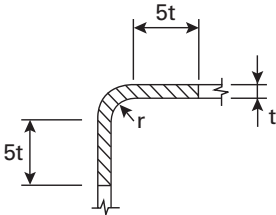
#### 4.14 Svejsning i koldformede zoner

(1) Svejsning kan udføres inden for en længde af  $5t$  på hver side af en koldformet zone, se tabel 4.2, forudsat at en af følgende betingelser er opfyldt:

- de koldformedede zoner er normaliserede efter koldformning, men inden svejsning
- $r/t$ -forholdet er i overensstemmelse med den relevante værdi i tabel 4.2.

**Tabel 4.2 – Betingelser for svejsning i koldformedede zoner og tilgrænsende materiale**

r/t	Tøjning som følge af koldformning (%)	Maksimumtykkelse (mm)		
		Generelt		Helberoliget Aluminiumberoliget stål (Al $\geq 0,02$ %)
		Overvejende statisk belastning	Hvor udmattelse er dominerende	
$\geq 25$	$\leq 2$	alle	alle	alle
$\geq 10$	$\leq 5$	alle	16	alle
$\geq 3,0$	$\leq 14$	24	12	24
$\geq 2,0$	$\leq 20$	12	10	12
$\geq 1,5$	$\leq 25$	8	8	10
$\geq 1,0$	$\leq 33$	4	4	6

NOTE – Koldformedede rør efter EN 10219, som ikke opfylder betingelserne i tabel 4.2, kan forudsættes at opfylde kravene, hvis disse profiler har en tykkelse, der ikke overstiger 12,5 mm, og som er Al-beroliget med en kvalitet J2H, K2H, MH, MLH, NH eller NLH, og som yderligere tilfredsstiller kravene  $C \leq 0,18$  %,  $P \leq 0,020$  % og  $S \leq 0,012$  %.

I andre tilfælde er svejsning inden for en afstand af 5t fra hjørnerne kun tilladt, hvis det ved forsøg kan eftervises, at svejsning er tilladt i det pågældende tilfælde.

## 5 Beregning, klassifikation og modellering

### 5.1 Global beregning

#### 5.1.1 Generelt

(1) Virkningerne af samlingernes virkemåde på fordelingen af snitkræfter i en konstruktion og på konstruktionens samlede deformation skal generelt tages i betragtning, men der kan ses bort fra disse virkninger, hvis de er tilstrækkelig små.

En samling kan være en ideel charnièresamling eller en ideel momentstiv samling. Men i praksis vil en samling oftest have en momentrotationskarakteristik, der repræsenterer en mellemting mellem disse to yderpunkter. I DS/EN 1993-1-8, kapitel 5 indføres en klassifikation af samlinger afhængigt af samlingernes rotationsstivhed.

## **6 Bærende samlinger i H- eller I-profiler**

### **6.1 Generelt**

#### **6.1.1 Grundlag**

(1) Dette kapitel indeholder beregningsmetoder til bestemmelse af samlingers bærende egenskaber i alle rammetyper. For at disse metoder kan anvendes, skal en samling modelleres som en samling af grundkomponenter, se 1.4(1).

I DS/EN 1993-1-8, kapitel 6 gives detaljerede beregningsregler for momentbæreevne og rotationsstivhed af alle typer af bjælke-søjle-samlinger og samlinger mellem søjle og fundament.

## **7 Samlinger i rørprofiler**

I DS/EN 1993-1-8, kapitel 7 gives detaljerede regler for beregning af bæreevnen af samlinger mellem rør indbyrdes, både cirkulære rør og firkanttrør, og mellem rør og I-formede profiler.



## DS/EN 1993-1-10 FU

### Materialesejhed og egenskaber i tykkelsesretningen

Ud over regler for valg af materiale med henblik på brudsejhed, se nedenfor under kapitel 2, gives i DS/EN 1993-1-10 også retningslinjer for valg af materiale med henblik på egenskaber i tykkelsesretningen. Dette kan være aktuelt ved påvirkning vinkelret på valseretningen.

## 2 Valg af materialer med henblik på brudsejhed

### 2.1 Generelt

(1) Ved valget af materialer til nye konstruktioner bør vejledningen i kapitel 2 anvendes. Vejledningen er ikke beregnet til at skulle dække bedømmelsen af materialer i brug. Reglerne bør anvendes til at udvælge en passende stål kvalitet fra de europæiske standarder for stålprodukter, som findes i EN 1993-1-1.

(2) Reglerne gælder for trækelementer, svejste elementer eller elementer udsat for udmattelses-spænding, hvori en del af spændingscyklussen er trækspænding.

NOTE – For elementer, som ikke er udsat for trækbelastning, svejsning eller udmattelse, kan reglerne være af konservativ karakter. I sådanne tilfælde kan evaluering ved anvendelse af brudmekanik være egnet, se 2.4. Brudsejhed behøver ikke være specificeret for elementer, som kun er udsat for tryk.

(3) Reglerne skal anvendes for egenskaberne for materialer specificeret med hensyn til sejheds-kvalitet i den relevante stålproduktstandard. Materialer af en mindre kritisk kvalitet må ikke anvendes, selvom prøvningsresultater viser overensstemmelse med den specificerede kvalitet.

### 2.2 Fremgangsmåde

(1) Stålkvaliteten bør vælges under hensyntagen til følgende:

(i) ståls materialeegenskaber:

- flydespænding afhængigt af materialetykkelsen  $f_y(t)$
- sejhedskvalitet udtrykt ved  $T_{27J}$  eller  $T_{40J}$

(ii) elementkarakteristika:

- elementform og -detaljer
- spændingskoncentrationer i henhold til detaljerne i EN 1993-1-9
- elementtykkelse ( $t$ )
- hensigtsmæssige forudsætninger vedrørende fabrikationsfejl (fx i form af gennemgående revner eller halvelliptiske overfladerevner)

(iii) dimensioneringstilstande:

- dimensioneringsværdi for laveste elementtemperatur
- maksimale spændinger fra permanente og påførte laster, som stammer fra dimensioneringstilstanden beskrevet nedenfor i (4)

**DS/EN 1993-1-10 FU:2013**

- egenspænding
- forudsætninger vedrørende eventuel revnevækst stammende fra udmattelsesbelastning mellem inspektionsintervaller
- tøjningshastighed  $\dot{\epsilon}$  fra eventuelle ulykkeslaster
- eventuel kolddeformationsgrad ( $\epsilon_{cf}$ ).

(2) Stålelementers tilladte tykkelse med hensyn til sprødbud bør tages fra kapitel 2.3 og tabel 2.1.

(3) Der kan anvendes alternative metoder til at fastlægge sejhedskravet som følger:

- Brudmekanisk metode:

I denne metode bør sejhedskravets dimensioneringsværdi ikke overstige sejhedsegenskabens dimensioneringsværdi.

- Numerisk evaluering:

Denne kan udføres ved anvendelse af et eller flere større prøveemner. For at opnå realistiske resultater bør modellerne konstrueres og påsættes laster på samme måde som den aktuelle konstruktion.

(4) Følgende dimensioneringsbetingelser bør anvendes:

(i) Laster bør være i overensstemmelse med følgende kombination:

$$E_d = E \{ A [T_{Ed}] "+" \sum G_K "+" \psi_1 Q_{K1} "+" \sum \psi_{2,i} Q_{Ki} \} \quad (2.1)$$

hvor den dominerende last  $A$  er referencetemperaturen  $T_{Ed}$ , som påvirker det pågældende elementmateriales sejhed, og som også kan føre til spænding som følge af begrænset bevægelighed.  $\sum G_K$  er de permanente laster, og  $\psi_1 Q_{K1}$  er den hyppige værdi af den variable last, og  $\psi_{2,i} Q_{Ki}$  er de kvasipermanente værdier af de ledsagende variable laster, som styrer spændingsniveauerne på materialet.

(ii) Kombinationsfaktorerne  $\psi_1$  og  $\psi_2$  bør være i overensstemmelse med EN 1990.

(iii) Den påførte maksimale spænding  $\sigma_{Ed}$  bør være den nominelle spænding ved begyndelsesstedet for det potentielle brud.  $\sigma_{Ed}$  bør beregnes som for anvendelsesgrænsetilstanden under hensyntagen til alle kombinationer af permanente og variable laster, som defineret i den egnede del af EN 1991.

NOTE 1 – Ovennævnte kombination anses for at svare til en ulykkeskombination, da det antages, at laveste temperatur, fejlstørrelse, fejlsted og materialeegenskab forekommer samtidig.

NOTE 2 –  $\sigma_{Ed}$  kan omfatte spændinger fra begrænset bevægelighed som følge af temperaturændringer.

NOTE 3 – Da den dominerende last er referencetemperaturen  $T_{Ed}$ , vil den maksimale påførte spænding  $\sigma_{Ed}$  generelt ikke overstige 75 % af flydespændingen.

(5) Referencetemperaturen  $T_{Ed}$  på det potentielle brudsted bør fastlægges ved anvendelse af følgende formel:

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_{\dot{\varepsilon}} + \Delta T_{\varepsilon_{cf}} \quad (2.2)$$

- hvor
- $T_{md}$  er laveste lufttemperatur med en specificeret gentagelsesperiode, se EN 1991-1-5
  - $\Delta T_r$  er en justering for strålingstab, se EN 1991-1-5
  - $\Delta T_\sigma$  er justeringen for spænding og flydespænding for materialet, revneimperfektioner og elementets form og dimensioner, se 2.4(3)
  - $\Delta T_R$  er et evt. sikkerhedstillæg beregnet til at afspejle forskellige pålidelighedsniveauer for forskellige anvendelser
  - $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$  er justeringen for en anden tøjningshastighed end referencetøjningshastigheden  $\dot{\varepsilon}_0$  (se ligning 2.3)
  - $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$  er justeringen for kolddeformationsgraden  $\varepsilon_{cf}$  (se ligning 2.4).

I Danmark er laveste lufttemperatur  $T_{md} = -31^\circ\text{C}$  (Nationalt anneks til DS/EN 1991-1-5)

$\Delta T_R = +0^\circ\text{C}$

$\Delta T_\sigma = +0^\circ\text{C}$  benyttes normalt

$\Delta T_\sigma = +30^\circ\text{C}$  benyttes for valsede profiler

$\Delta T_\sigma = +15^\circ\text{C}$  benyttes for valsede profiler bearbejdet med hulboring

$\Delta T_\sigma = -15^\circ\text{C}$  benyttes for tværgående stumpsømme udsat for høj belastning.

Der indføres en grænse  $T_{md} + \Delta T_r \geq T_{27J} - 40^\circ\text{C}$  for udmattelsespåvirkede konstruktioner.

Værdierne herover er i overensstemmelse med værdierne i det nationale anneks DS/EN 1993-1-10 DK NA:2011.

(6) Referencespændinger  $\sigma_{Ed}$  bør fastlægges ved anvendelse af en elastisk beregning under hensyntagen til sekundære virkninger fra deformationer.

## 2.3 Maksimale tilladte tykkelsesværdier

### 2.3.1 Generelt

(1) Tabel 2.1 angiver den maksimale tilladelige elementtykkelse for en stål kvalitet, sejhedskvaliteten udtrykt i KV-værdi, referencespændingsniveauet  $[\sigma_{Ed}]$  og referencetemperaturen  $[T_{Ed}]$ .

(2) Tabelværdierne er baseret på følgende forudsætninger:

- Værdierne opfylder pålidelighedskraverne i EN 1990 for materialets overordnede kvalitet.
- En referencetøjningshastighed  $\dot{\varepsilon}_0 = 4 \times 10^{-4}/\text{sec}$  er anvendt. Denne værdi dækker de dynamiske lastvirkninger for de fleste kortvarige og vedvarende dimensioneringstilstande. For andre tøjningshastigheder  $\dot{\varepsilon}$  (fx ved nedstyrtningslaster) kan tabelværdierne anvendes ved at reducere  $T_{Ed}$  ved fratrækning af  $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$  givet ved

$$\Delta T_{\dot{\varepsilon}} = \frac{1440 - f_y(t)}{550} \times \left( \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right)^{1,5} [^\circ\text{C}] \quad (2.3)$$



**DS/EN 1993-1-10 FU:2013**

- Ikke koldformet materiale med  $\varepsilon_{cf} = 0 \%$  er forudsat. Hvis der skal tages højde for kolddeformation af ikke-ældende stål, kan tabelværdierne anvendes ved at tilpasse  $T_{Ed}$  ved fratrækning af  $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$  hvor

$$\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = 3 \times \varepsilon_{cf} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.4)$$

### 2.3.2 *Fastlæggelse af maksimale tilladelige værdier for elementtykkelse*

(1) Tabel 2.1 angiver de maksimale tilladelige værdier for elementtykkelse i tre spændingsniveauer udtrykt som dele af den nominelle flydespænding:

$$\begin{aligned} \text{a) } \sigma_{Ed} &= 0,75 f_y(t) \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \text{b) } \sigma_{Ed} &= 0,50 f_y(t) \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \text{c) } \sigma_{Ed} &= 0,25 f_y(t) \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned} \quad (2.6)$$

hvor  $f_y(t)$  kan fastlægges enten ud fra

$$f_y(t) = f_{y,nom} - 0,25 \frac{t}{t_0} \quad [\text{N/mm}^2]$$

hvor  $t$  er pladetykkelsen i mm

$$t_0 = 1 \text{ mm}$$

eller regnet som  $R_{eH}$ -værdier ud fra de relevante stålstandarder.

Tabelværdierne er udtrykt som et valg mellem syv referencetemperaturer: +10, 0, -10, -20, -30, -40 og -50 °C.

**Tabel 2.1 – Maksimale tilladelige værdier for elementtykkelse  $t$  i mm**

Stål- kval.	Under- kval.	KV		ReferencetemperaturT <sub>Ed</sub> [°C]																												
		v.T [°C]	J <sub>min</sub>	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	
				σ <sub>Ed</sub> = 0,75 f <sub>y</sub> (t)							σ <sub>Ed</sub> = 0,50 f <sub>y</sub> (t)							σ <sub>Ed</sub> = 0,25 f <sub>y</sub> (t)														
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60								
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75								
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100								
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55								
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70								
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95								
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110								
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145								
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45								
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60								
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80								
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95								
	MN,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130								
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85								
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120								
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70								
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80								
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95								
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115								
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130								
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45								
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50								
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60								
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75								
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85								
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100								

NOTE 1 – Der kan ekstrapoleres lineært ved anvendelse af tabel 2.1. Til de fleste anvendelser kræves  $\sigma_{Ed}$ -værdier mellem  $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$  og  $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$ .  $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$  er angivet til interpoleringsformål. Ekstrapoleringer ud over yderværdierne er ikke gyldige.

NOTE 2 – Ved bestillinger af byggevarer fremstillet af S 690-stål bør prøvningstemperaturen  $T_{KV}$  være opgivet.

NOTE 3 – Tabel 2.1 er afledt for de garanterede KV-værdier i valseretningen.



ISBN 978-87-7310-835-2

## DANSK STANDARD

Fonden Dansk Standard  
Kollegievej 6  
2920 Charlottenlund  
Tlf. 39 96 61 01  
Fax 39 96 61 02  
ds@ds.dk  
www.ds.dk

