

<b>1 HENSIKT OG OMFANG</b> .....	<b>2</b>
<b>2 DIMENSJONERENDE MATERIALFASTHET</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Betongkonstruksjonsdelen</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 Konstruksjonsfasthet .....	3
<b>2.2 Stålkonstruksjonsdelen</b> .....	<b>3</b>
2.2.1 Valg av stålkvalitet .....	3
2.2.2 Materialfasthet .....	3
<b>3 DIMENSJONERING</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1 Generelt</b> .....	<b>4</b>
3.1.1 Deformasjonslaster .....	4
<b>3.2 Bruddgrensetilstanden</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3 Bruksgrensetilstanden</b> .....	<b>4</b>
<b>3.4 Utmattingsgrensetilstanden</b> .....	<b>5</b>
3.4.1 Betongkonstruksjonsdelen .....	5
3.4.2 Stålkonstruksjonsdelen .....	5
3.4.3 Lineær skadeteori.....	5
3.4.4 Forenklet metode.....	6
3.4.4.1 Utmattingsfaktor $\lambda$ .....	6
3.4.4.2 Spennviddefaktor $\lambda_1$ .....	7
3.4.4.3 Trafikkfaktor $\lambda_2$ .....	8
3.4.4.4 Levetidsfaktor $\lambda_3$ .....	8
3.4.4.5 Sporfaktor $\lambda_4$ .....	8
<b>4 ARMERINGSREGLER</b> .....	<b>9</b>
<b>5 KONSTRUKSJONSREGLER</b> .....	<b>10</b>
<b>6 UTFØRELSE</b> .....	<b>11</b>
<b>6.1 Generelt</b> .....	<b>11</b>
6.1.1 Betongkonstruksjonsdelen .....	11
6.1.2 Stålkonstruksjonsdelen .....	11
<b>6.2 Materialer</b> .....	<b>11</b>
6.2.1 Konstruksjonsstål .....	11
6.2.2 Skruer og muttere.....	11
6.2.3 Dybler.....	11
<b>6.3 Stålarbeider</b> .....	<b>12</b>
6.3.1 Toleranser .....	12
6.3.2 Kontrollklasser .....	12
6.3.3 Overflatebehandling.....	12

## 1 HENSIKT OG OMFANG

Dette kapitlet omhandler prosjektering av stålkonstruksjoner og samvirkekonstruksjoner i stål og betong for bruer.

Stålkonstruksjoner skal dimensjoneres i henhold til NS 3472 med referanser, med tillegg, endringer og presiseringer som gitt i denne delen.

Samvirkekonstruksjoner i stål og betong skal dimensjoneres i henhold til NS 3476 med referanser, med tillegg, endringer og presiseringer som gitt i denne delen.

I tilfelle anvisningene nedenfor fører til mildere krav enn tilsvarende i NS 3472, NS 3473 og NS 3476, gjelder kravene i standardene.

Beregning av lastvirkninger skal baseres på forutsetninger og beregningsmodeller som ivaretar konstruksjonsdelenes virkemåte i den aktuelle grensetilstanden.

I det følgende behandles samvirkekonstruksjoner i stål og betong. Reglene for stål i samvirkekonstruksjoner gjelder også for bruer utført som stålkonstruksjoner alene.

## 2 DIMENSJONERENDE MATERIALFASTHET

### 2.1 Betongkonstruksjonsdelen

Dimensjonerende materialfasthet for betong og armering bestemmes i henhold til NS 3473 punkt 10.4. Reduserte materialkoeffisienter i henhold til NS 3473 punkt 10.4.3 (gitt i parentes i tabell 4) benyttes ikke.

#### 2.1.1 Konstruksjonsfasthet

I samvirkekonstruksjoner for jernbanebruer skal ikke lavere fasthetsklasse enn C45 etter NS 3473, tabell 5 benyttes.

### 2.2 Stålkonstruksjonsdelen

#### 2.2.1 Valg av stål kvalitet

Stålkvalitet (stålsort) velges i henhold til NS 3472 , Tabell 3 og 4.

Normalt benyttes stål kvalitet S355N etter NS-EN 10113. Se tabell 3 og 4 i NS3472.

#### 2.2.2 Materialfasthet

Dimensjonerende materialfasthet for stålkonstruksjonene bestemmes i henhold til NS 3472 punkt 10.4.

Ved kontroll i bruddgrensetilstanden settes materialkoeffisienten  $\gamma_{M1} = 1,15$ . For øvrig brukes faktorer som gitt i pkt. 10.4.2 i NS3472. For andre grensetilstander settes materialkoeffisienten  $\gamma_M = 1,0$  der ikke annet er sagt.

Normverdier for materialfastheter for S355N etter NS-EN 10113. er gitt i NS 3472, tabell 3.

### 3 DIMENSJONERING

#### 3.1 Generelt

Karakteristiske laster er gitt i kapittel 5, avsnitt 4. Lastkoeffisienter for de forskjellige grensetilstandene er gitt i kapittel 5, avsnitt 3.2.

Avstivede platefelt og rørknutepunkt bør beregnes i henhold til Oljedirektoratet "Veiledning om utforming, beregning og dimensjonering av stålkonstruksjoner i petroleumsvirksomheten".

Normalt forlanges lastvirkninger beregnet etter elastisitetsteori. Skjærforbindelsene skal dimensjoneres for fullt samvirke og plasseres i samsvar med spenningsfordeling etter elastisitetsteorien.

##### 3.1.1 Deformasjonslaster

Ved beregning av dimensjonerende lastvirkninger skal det tas hensyn til

- kryp og svinn
- setninger
- byggemåte
- tidsforløp

Den ferdige konstruksjon skal minimum kontrolleres for to tilstander

- en like etter at brua er åpnet for toglast
- en etter at all krypning, svinn og relaksasjon har funnet sted

Ved valg av parametere for kryp og svinn kan det normalt antas 70 % relativ fuktighet for bruas overbygning, og 80 % relativ fuktighet for søyler over vann.

For krav til totalsetninger og differensialsetninger vises det til kapittel 6, avsnitt 4.3. For bruer som er særlig ømfindtlige for setninger, som kontinuerlige bruer, skal kravene revurderes i samråd med Jernbaneverket og geoteknisk rådgiver.

#### 3.2 Bruddgrensetilstanden

Det henvises til NS 3472 og NS 3476.

#### 3.3 Bruksgrensetilstanden

##### Dimensjoneringsforutsetninger

For beregning av snittkrefter for rissviddekontroll i bruksgrensetilstanden, skal elastisitetsmodulen settes til  $E_{ck}$  for urisnet tværsnitt og  $0,6E_{ck}$  for opprisset tværsnitt.

Oppsprukket tverrsnitt defineres ved at strekkspenninger i overkant av betongdekket for laster i bruksgrensetilstanden overskrider spenningen

$$1,4 \cdot k_w \cdot f_{tn}$$

hvor  $k_w$  er en koeffisient som avhenger av tverrsnittets totalhøyde  $h$  iht. NS 3473.

$$k_w = 1,5 - h/h_1$$

hvor  $h_1 = 1,0$  m.

For beregning av vridningsstivhet anvendes redusert  $E$  - modul for betong i brudekket. Følgende verdier bør benyttes:  $0,04 E_{ck}$  i bruddgrensetilstanden og  $0,4 E_{ck}$  i bruksgrensetilstanden.

#### Beregning av kapasitet av platefelt

$k$  - faktor velges iht. NS 3472 pkt. 12.4. Ved valg av  $k$  - faktor skal platefelt forutsettes leddlagret langs kantene.

### **3.4 Utmattingsgrensetilstanden**

#### **3.4.1 Betongkonstruksjonsdelen**

Det henvises til kapittel 7, avsnitt 3.4.

#### **3.4.2 Stålkonstruksjonsdelen**

Det henvises til NS 3472, kapittel 13.

Alternative metoder for kontroll av utmattingsgrensetilstanden kan benyttes dersom disse dokumenteres.

Spenningsvidder skal som hovedregel baseres på hovedspenninger. For kontroll av kilsveiser og delvis gjennombrante sveiser henvises til NS3472 pkt. 13.2.2.2.

#### **3.4.3 Lineær skadeteori**

Det henvises til NS 3472 punkt 13.3.2 (Delskadeteori).

Utnyttelsesgraden  $\eta$  i NS 3472 punkt 13.3.2 settes lik 1,0.

Antall lastvekslinger skal multipliseres med faktor som er gitt i NS 3490 Tabell J.3.

Utmattingsberegningene baseres på blandet trafikk med trafikkvolum  $20 \cdot 10^6$  tonn/år, jf. kapittel 5, avsnitt 11.

Toglaster skal inkludere dynamisk faktor i henhold til kapittel 5, avsnitt 5.3.

I spesielle tilfeller der vind og eventuelt bølger kan forventes å bidra til utmattingslastene skal disse laster også inkluderes.

### 3.4.4 Forenklet metode

For bruer der spenningsvekslingene domineres av toglast kan utmatting kontrolleres etter forenklet metode:

Kravene i ligning 8.1 skal tilfredsstilles:

$$\gamma_{Ff} \cdot \lambda \cdot \Phi_2 \cdot SCF \cdot \Delta\sigma_{LM71} \leq \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf} \quad (8.1)$$

$\lambda$  = faktor, se nedenfor

$\Phi_2$  = dynamisk faktor, se kap. 5, avsnitt 5.3

$\gamma_{Ff}$  = partiell sikkerhetsfaktor for utmattingsbelastning

$\Delta\sigma_{LM71}$  = spenningsvidde som skyldes Lastmodell 71

$\Delta\sigma_C$  = spenningsvidde i henhold til relevant SN-kurve ved  $2 \cdot 10^6$  spenningsvekslinger, se NS-EN 1993-1-9.

$\gamma_{Mf}$  = partiell sikkerhetsfaktor for utmattings-fasthet = 1,15 (1,25 for detaljer som ikke kan inspiseres i driftsfasen)

SCF = spenningskonsentrasjonsfaktor.

SN-kurvene inkluderer en del lokale effekter i sveisen (inkludert sveisens kjerneeffekt), jf. NS-EN 1993-1-9 punkt 7. Spenningskonsentrasjonsfaktoren (SCF) skal ta vare på effekter som ikke er inkludert i SN-kurvene, og som normalt ikke er inkludert i globale beregningsmodeller.

Spenningskonsentrasjonsfaktorer skal dokumenteres enten med henvisninger til litteratur, eller ved hjelp av lokale beregninger.

Hvis en sveiseforbindelse får vekslende spenninger fra både en global og en lokal bærevirkning, for eksempel gurt i fagverk som også får lokal bøyning fra toglast mellom knutepunktene, skal denne kombinerte effekten tas vare på ved ligning 8.2:

$$\lambda_L \cdot \Phi_{2,L} \cdot \Delta\sigma_{T,L} + \lambda_G \cdot \Phi_{2,G} \cdot \Delta\sigma_{T,G} \quad (8.2)$$

indeks L = effekt av lokal bærevirkning

indeks G = effekt av global bærevirkning

#### 3.4.4.1 Utmattingsfaktor $\lambda$

Faktoren beregnes etter ligning 8.3:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{maks} \quad (8.3)$$

$\lambda_1$  = spennviddefaktor

$\lambda_2$  = trafikkfaktor, avhengig av trafikkvolum

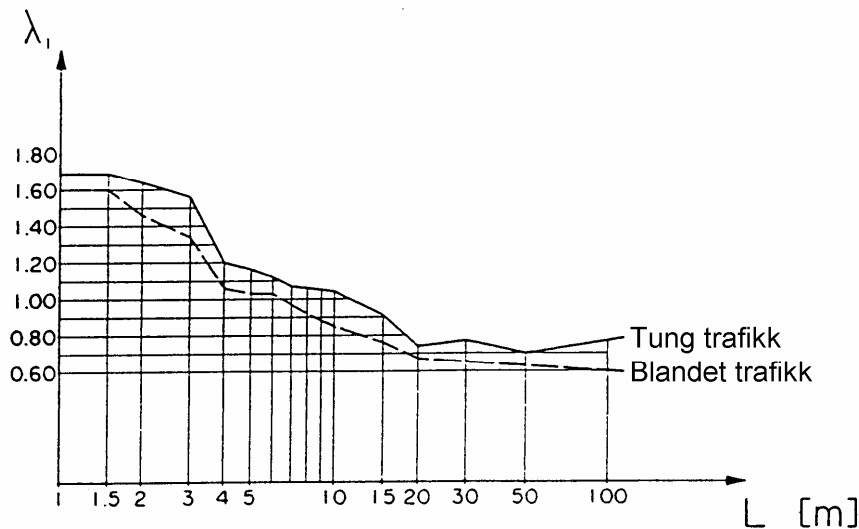
$\lambda_3$  = levetidsfaktor, avhengig av bruas dimensjonerende brukstid

$\lambda_4$  = sporfaktor, faktor avhengig av antall spor (lik 1,0 dersom ett spor)

$\lambda_{maks}$  = 1,4, (Største verdi av  $\lambda$  som kan anvendes)

3.4.4.2 Spennviddefaktor  $\lambda_1$

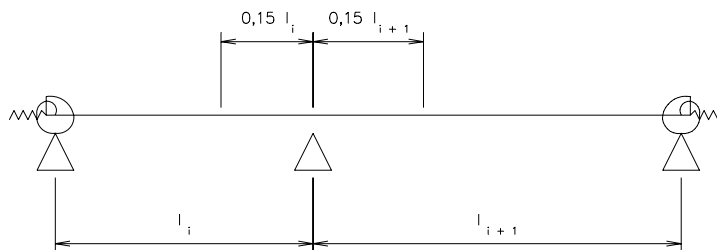
Spennviddefaktoren,  $\lambda_1$ , som funksjon av spennvidde er gitt i figur 8.1. Normalt benyttes omslutningsdiagram for blandet trafikk.



Figur 8.1  $\lambda_1$  som funksjon av spennvidde  $L$

Spennvidden skal antas som følger:

- For fritt opplagte bruer benyttes spennvidden
- For kontinuerlige bruer benyttes ved kontroll over opplegg, innenfor områdene  $0,15 l_i$  og  $0,15 l_{i+1}$ , middellengden av  $l_i$  og  $l_{i+1}$ , se figur 8.2. Ved kontroll i felt, utenfor lengdene  $0,15 l_i$  og  $0,15 l_{i+1}$ , benyttes den aktuelle spennvidde.
- For tverrbærere benyttes summen av senteravstandene mellom den aktuelle tverrbærer og nabotverrbærerne



Figur 8.2 "Spennvidde" for kontinuerlige bruer

3.4.4.3 Trafikkfaktor  $\lambda_2$ 

Tabell 8.1

Trafikkfaktor  $\lambda_2$ 

Trafikkvolum	5	10	15	20	25	30	35	40	50
$\lambda_2$	0,72	0,83	0,90	0,96	1,00	1,04	1,07	1,10	1,15

Trafikkvolum er gitt i  $10^6$  tonn/år.

Trafikkvolum  $20 \cdot 10^6$  tonn/år skal forutsettes dersom ikke særskilt volum er spesifisert for den aktuelle brua, jf. kap. 5, avsnitt 11.

3.4.4.4 Levetidsfaktor  $\lambda_3$ 

Tabell 8.2

Levetidsfaktor  $\lambda_3$ 

Dimensjonerende brukstid (år)	50	60	70	80	90	100
$\lambda_3$	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	1,00

100 års levetid skal forutsettes dersom ikke annet er oppgitt.

3.4.4.5 Sporfaktor  $\lambda_4$ 

For bruer med enkeltspor er  $\lambda_4$  lik 1,0. For dobbeltsporede bruer kan  $\lambda_4$  tas fra tabell 8.3. Tabellen forutsetter at det i 12 % av tilfellene passerer tog på begge spor samtidig.

Tabell 8.3

Sporfaktor  $\lambda_4$ 

$\Delta\sigma_1 / \Delta\sigma_{1+2}$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
$\lambda_4$	1,00	0,91	0,84	0,77	0,72	0,71

$\Delta\sigma_1$  = spenningsvidde på grunn av Lastmodell 71 i ugunstigste spor i forhold til den detaljen som kontrolleres

$\Delta\sigma_{1+2}$  = spenningsvidde i den samme detaljen forutsatt Lastmodell 71 i begge spor



## **4 ARMERINGSREGLER**

Armeringsreglene i NS 3473 punkt 17 gjelder generelt.

## 5 KONSTRUKSJONSREGLER

Konstruksjonsreglene i NS 3472 og NS 3473 gjelder generelt.

Bru som er klargjort for trafikk skal ha riktig vertikal- og horisontalkurvatur etter at all krypning, svinn og relaksasjon har funnet sted, men uten toglast.

Ved utforming av bruer skal det legges vekt på

- vedlikeholdsvennlige konstruksjoner
- god vannavrenning
- unngå vannlommer (horisontale flater bør unngås)
- god tilgjengelighet for inspeksjon og vedlikehold av eksponerte flater og lagre
- hulrom, som rør, hulprofiler, trapesstivere og lignende, skal lukkes og utføres som lufttette konstruksjoner
- lukkede stivere inne i avfuktede kasser behøver ikke å utføres lufttett. Det skal imidlertid sørges for avrenning.

I beregningene skal det tas hensyn til egenlast, kryp og svinn, relaksasjon og byggemetode slik at brudekket beregningsmessig ligger på teoretisk linje etter langtidsdeformasjoner. Ved spesifisering av overhøyder på tegninger skal toleranser for bygging reflekteres.

Overgang mellom flens og stegplater med forskjellig tykkelse skal utføres med helning maksimalt 1:5. Breddeendring av flenser skal utføres med helning maksimalt 1:10.

Rottehull (små hulrom) bør unngås, og skal om nødvendig lukkes.

Stivere på stegplater plasseres så langt mulig på innsiden, slik at de ikke er synlige fra bruas utside.

Kraftoverførende kilsveis skal utføres med minimum a-mål lik 4 mm for platetykkelser opp til 25 mm, 5 mm for tykkere plater.

## 6 UTFØRELSE

### 6.1 Generelt

Den prosjekterende skal sørge for at all nødvendig informasjon om materialer, utførelse og kontroll overbringes til den utførende via tegninger og beskrivelser. Som generell beskrivelse benyttes Statens vegvesens håndbok 025 og 026, Prosesskodene.

#### 6.1.1 Betongkonstruksjonsdelen

Det henvises til kapittel 7.

#### 6.1.2 Stålkonstruksjonsdelen

Det henvises til Statens vegvesens håndbok 026, kode 85.

### 6.2 Materialer

#### 6.2.1 Konstruksjonsstål

Konstruksjonsstål skal leveres i henhold til Statens vegvesens håndbok 026.

I konstruksjonsdeler med strekk på tvers av valseretningen skal det benyttes stål som er sertifisert for slik belastning (Z-kvalitet). Ref. NS-EN 1993-1-10 og NS-EN 10164.

Forholdet mellom strekkfasthet og flytegrense skal være større eller lik 1,2 uansett stål kvalitet.

#### 6.2.2 Skruer og muttere

Materialer i skruer og muttere i bærende forbindelser skal leveres i henhold til Statens vegvesens håndbok 026, kode 85.

Høyere fasthetsklasse enn 8,8 skal ikke benyttes.

#### 6.2.3 Dybler

Dybler skal leveres i henhold til Statens vegvesens håndbok 026, kode 85.14.

## 6.3 Stålarbeider

### 6.3.1 Toleranser

Toleranser for fabrikasjon og montering av bruer skal være i henhold til Statens Vegvesens håndbok 026, Prosesskode 2.

### 6.3.2 Kontrollklasser

Kontrollen deles i 3 klasser, 1, 2 og 3, avhengig av konstruksjonstype og arbeidsprosess, jf. Statens vegvesens håndbok 026 og NS 3490.

Kontrollklasse 1: Begrenset kontroll  
Kontrollklasse 2: Normal kontroll  
Kontrollklasse 3: Utvidet kontroll

Kontrollklasse skal velges i samsvar med Statens vegvesens håndbok 026 og NS 3490.

For sveiseforbindelser hvor utmatting er dimensjonerende skal kontrollklasse 2 erstattes med kontrollklasse 3. Dette skal angis i den *spesielle beskrivelsen*.

Kontrollklasse for sveiser skal påføres tegninger sammen med sveisesymbolene.

### 6.3.3 Overflatebehandling

For overflatebehandling vises til kap. 9 Overflatebehandling av stålkonstruksjoner.