



Statens vegvesen



# Håndbok N400 Bruprosjektering

## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

Thomas Reed



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Generelt

- *Alle konstruksjonsdeler skal utformes med sikte på god og hensiktsmessig vannavrenning.*
  - Geometrikrav som sikrer god vannavrenning er gitt i kapittel 4.
  - Detaljering, utstyr etc. som sikrer god vannavrenning er gitt i kapittel 12.
  - Materialkapitlene (7–9) gir materialspesifikke krav som skal sikre god vannhåndtering.
- *Det skal være god tilgjengelighet til alle eksponerte flater slik at inspeksjon og vedlikehold kan gjennomføres på en sikker og effektiv måte.*
  - Geometrikrav som sikrer tilfredsstillende tilkomst er gitt i kapittel 4.



Statens vegvesen

## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fuger, lagre og ledd – generelle krav

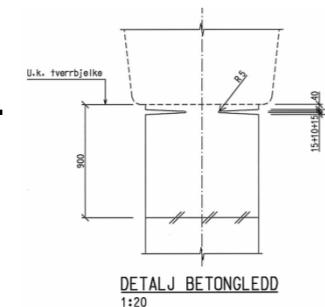
- Minimering av antall fuger skal prioriteres foran en minimering av antall lagre.
- To fuger uten bevegelige deler skal prioriteres foran én fuge med bevegelige deler.
- Dersom det ikke legges til rette for utskifting av ledd og lagre i henhold til punkt 12.4.1 skal disse ha samme dimensjonerende brukstid som hovedbærekonstruksjonen.



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Forbindelse mellom over- og underbygning <sup>1/2</sup>

- *Forbindelsen skal være monolittisk eller ved lagre eller ledd.*
  - Kan benyttes asfaltmembran for platebruer i betong eller med tverrspent tredekke dersom spennvidde  $< 10$  meter og oppleggsflate i hele brubredde.
  - Betongledd – geometri og armeringsføring er utformet slik at det ikke overføres bøyemoment. Punkt 7.9.12 angir videre at betongledd skal ha gjennomgående rustfri armering.
- *Det skal ikke bygges inn strekkfunksjon i lagre. Negative lagerkrefter skal heller ikke opptas med overlager.*
  - Kan unngås med lokal ballastering, justering av lagerplassering eller justering av spennvidder.

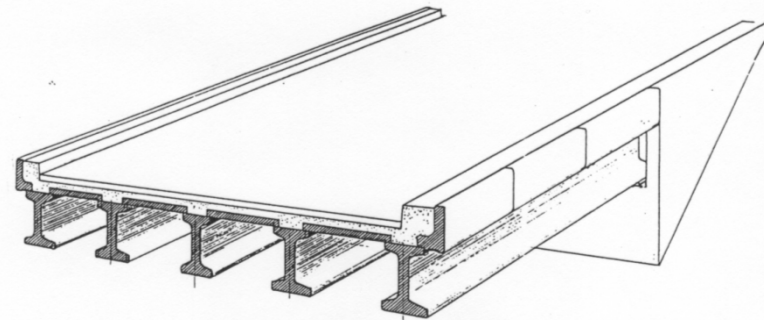




## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Forbindelse mellom over- og underbygning <sup>2/2</sup>

- Brubredde  $\leq 15$  m: Ikke mer enn 2 vertikallagre per akse.
  - Kan suppleres med 3. lager som kun ivaretar sidestyrings- eller fastholdningsfunksjon.
- Prefabrikerte/plasstøpte betongbjelkebruer med 3 eller flere bjelker per spenn: Bjelkeender støpes sammen med tverrbærer slik at to lagre er tilstrekkelig.
  - Gjelder også for stålbjelker, plateelementer i betong og bjelke- eller plateelementer i tre.





## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Forbindelse mellom over- og underbygning <sup>2/2</sup>

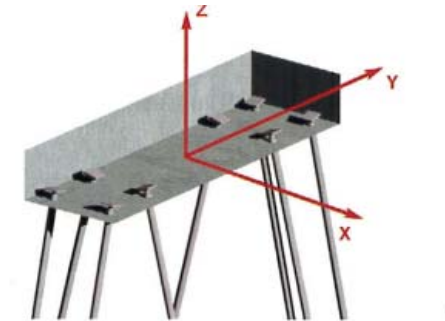
- For søyler/skiver fundamentert på enkeltpel eller plan pelegruppe skal det ikke benyttes glidelagre eller deformasjonslagre.
  - Kravet er noe strengt og gjelder primært i bløt grunn.
  - Kravet er uavhengig av peletype. (Det hjelper ikke å ha en momentstiv peletype i bløt grunn, siden grunnen da er det svakeste leddet.)
  - Problemet er forskyvning av søyle/pel på grunn av konsolideringsmekanismer og kryp i grunnen.



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Forbindelse mellom over- og underbygning <sup>2/2</sup>

- Plan pelegruppe: Alle pelene er plassert i ett plan (y-retning)
- Romlig pelegruppe: Peler i både x- og y-retning.
- For søyle fundamentert på romlig, frittstående pelegruppe skal det ved bruk av glidelager anordnes sikring mellom bruoverbygning og søyle som i ulykkesituasjon hindrer ukontrollert forskyvning av søyle. (Brudetalj?)





Statens vegvesen

## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer

- Karakteriseres ved at de er uten fugekonstruksjon, bruoverbygningen avsluttes direkte mot vegfylling, og belegningen føres kontinuerlig over bruende.



Foto: Gaute Nordbotten





## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer

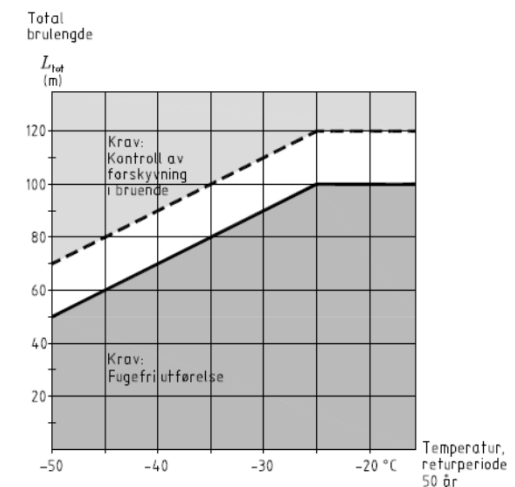
- Med hensyn til overbygningens opplagring, skilles det mellom:
  - bruer med forskyvelig opplagring i begge ender, fastholdt i området nær brumidte
  - bruer med én forskyvelig og én fastholdt ende
- Krav til fugefri utførelse er i *håndbok N400* differensiert avhengig av brulengde og temperaturvariasjoner.
- Ved forskyvningskontroll regnes forskyvninger fra temperatur, trafikk og vind. Disse kontrolleres mot anbefalte grenser for forskyvning i bruende.



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer

- Bruer med total lengde ( $L_{tot}$ ) opp til heltrukket linje i figur 3.1 skal utføres fugefritt i begge ender. Fastholdning forutsettes i området nær brumidte.
- For brulengder opp til den stiplede linjen i figur 3.1, og dersom brua for øvrig er innenfor begrensningene i punkt 3.4.5, stilles det ikke krav til kontroll av forskyvninger.
- For fugefrie bruer med total lengde i området over stiplede linje i figur 3.1, eller dersom forutsetninger i punkt 3.4.5 ikke er oppfylt, skal det gjøres en kontroll av forskyvninger av bruenden(e).
- For bruer med fastholdning i én ende halveres kravene til maksimal total brulengde ( $L_{tot}$ ) i figur 3.1.

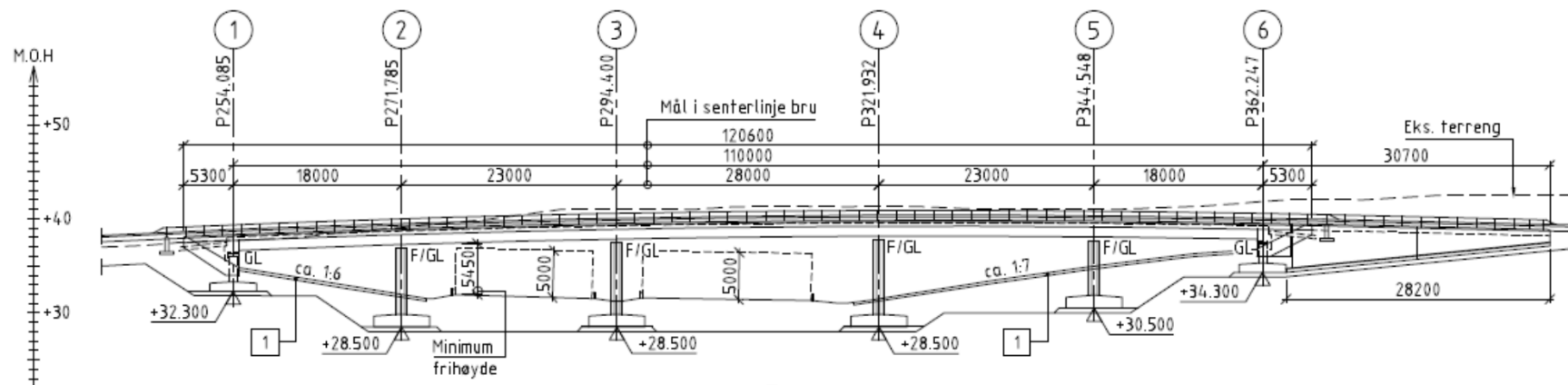




## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer

- I dette kurset gjennomgås teksten ved bruk av et eksempel utarbeidet av Aas-Jakobsen Trondheim.
- Forutsetninger:
  - Fugefri betongplatebru
  - Totallengde,  $L_{\text{tot}} = 110 \text{ m}$
  - Horisontalradius  $h_r = 200 \text{ m}$

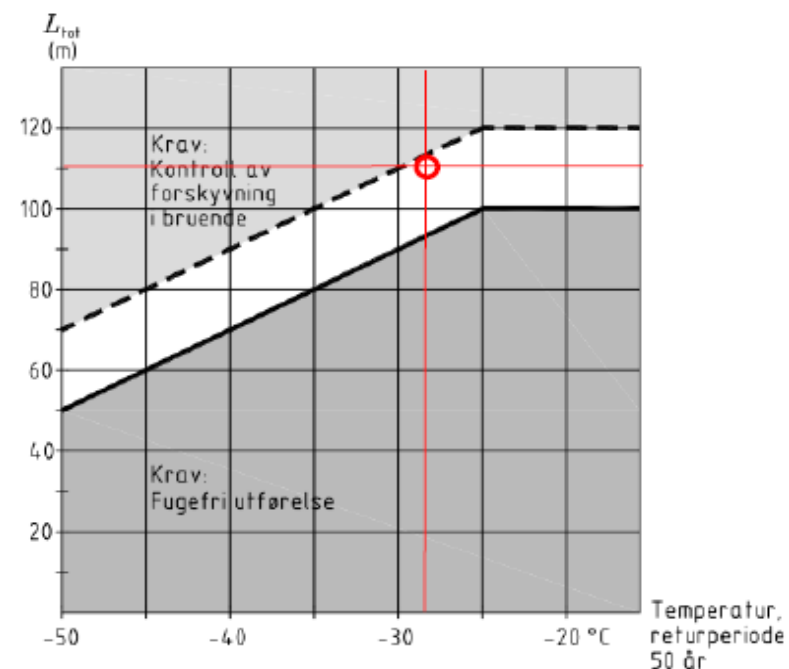




## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer – Eksempel <sup>1/6</sup>

- Input:
  - $L_{\text{tot}} = 110 \text{ m}$
  - Minimumstemperatur, 50-års returperiode:  $-28^\circ \text{C}$
- Av figur 3.1 – benyttes fugefri utførelse dersom krav i 3.4.5 er oppfylt.
- Punkt 1) –  $R_h \geq 300 \text{ m}$  er ikke oppfylt.
  - » Det må gjennomføres forskyvningskontroll.

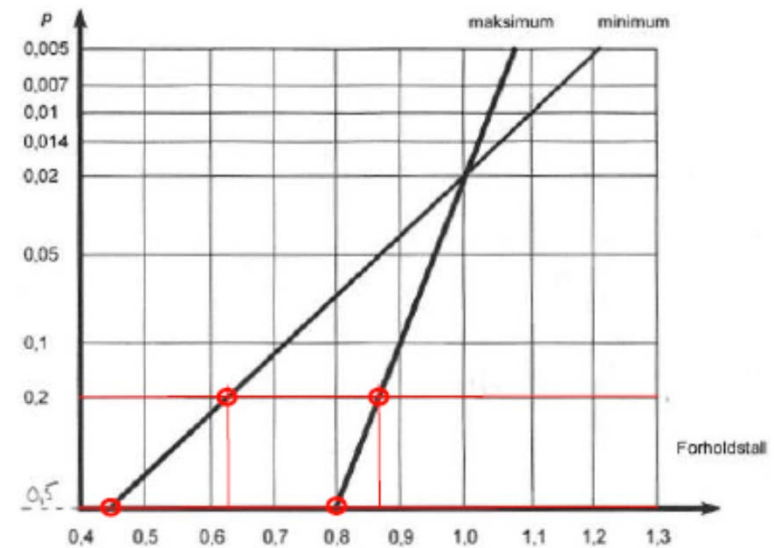




## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer – Eksempel 2/6

- Forskyvninger pga temperatur:
  - Korreksjon for returperiode i henhold til *NS-EN 1991-1-5 tillegg A.2.*
  - Forholdstall for maksimums- og minimumstemperatur hentes fra figur A.1.
  - Ukesvariasjoner beregnes basert på returperiode på 5 år ( $\rho = 0,20$ ).



*NS-EN 1991-1-5 Figur A.1*



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer – Eksempel <sup>3/6</sup>

*Beregner forskyvninger ved hver bruende med initialtemperatur på +10 °C:*

Returperiode 50 år ( $\rho = 0,02$ ):

Forskyvning høyeste temp.:	$d_{max.temp} = + 6,5 \text{ mm}$
Forskyvning laveste temp.:	$d_{min.temp} = - 23,5 \text{ mm}$
Forskyvning totalt:	$d_{temp} = d_{max.temp} - d_{min.temp} = 30,0 \text{ mm}$

Returperiode 5 år ( $\rho = 0,20$ ):

Korreksjonsfaktor høyeste temp.:	$f_{max.temp} = 0,86$
Korreksjonsfaktor laveste temp.:	$f_{min.temp} = 0,63$
Forskyvning høyeste temp.:	$d_{p,max.temp} = 6,5 \text{ mm} \cdot 0,86 = + 5,6 \text{ mm}$
Forskyvning laveste temp.:	$d_{p,min.temp} = 23,5 \text{ mm} \cdot 0,63 = - 14,8 \text{ mm}$
Forskyvning totalt:	$d_{p,temp} = d_{p,max.temp} - d_{p,min.temp} = 20,4 \text{ mm}$

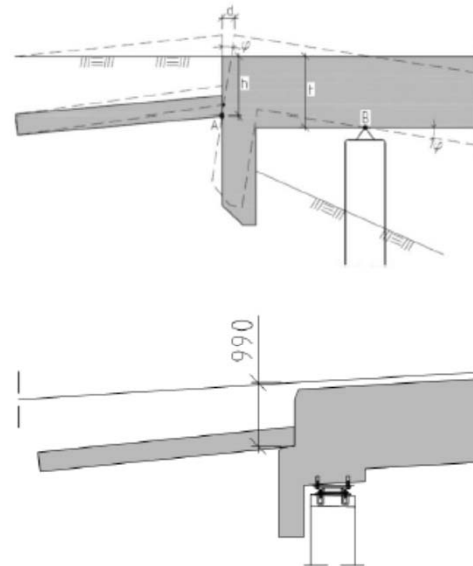


## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer – Eksempel <sup>4/6</sup>

#### Forskyvninger fra trafikk ( $d_{traf}$ )

Iht. pkt. 3.4.6.3 skal forskyvning i bruende kontrolleres for ugunstigst plasserte trafikklaster (inkludert evt. effekt av tilhørende sentrifugallast) med lastfaktor 0,7.



Figur 1-5 – Forskyvninger/rotasjoner fra trafikklaster og beregning av  $d_{traf}$

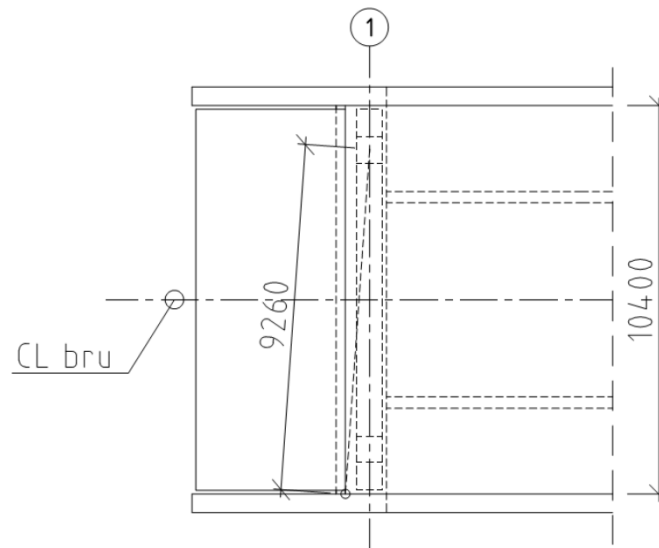
Beregning av rotasjon om teoretisk oppleggsakse (B på figuren) og fastholding ved overgangsplate gir følgende formel for beregning av  $d_{traf}$  (sprekk i belegningen):

Rotasjon i lager fra trafikklaster LM1:	$\varphi \approx 0.0008 \text{ rad} = 0,046^\circ$
Avstand fra underkant overgangsplate til overkant veg:	$h_2 = 990 \text{ mm}$
Forskyvning fra trafikklaster:	$d_{traf} = 0,7 \cdot h_2 \cdot \tan \varphi = -0,6 \text{ mm}$



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer – Eksempel <sup>5/6</sup>



Beregning av forskyvning grunnet rotasjon om ensidig lager ved ensidig vindlast:

Rotasjon om ensidig lager fra vindlast:  $\beta = -0.00013 \text{ rad} \approx 0,007^\circ$

Lengste avstand til bruende:  $l = 9260 \text{ mm}$

Forskyvning fra ensidig vindlast:  $d_v = 0,7 \cdot l \cdot \tan \beta = 0,8 \text{ mm}$

Vinden kan snu  $180^\circ$  og dette medfører at overbygningen kan rotere omtrent like mye i begge retninger. Total forskyvning fra vindlast kan derfor bli opptil det dobbelte av forskyvning fra ensidig vindlast:

Forskyvning fra vindlast:  $d_{vind} = 2 \cdot d_v = 1,6 \text{ mm}$





## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Fugefrie bruer – Eksempel 6/6

#### Kombinasjon av forskyvninger

Iht. pkt. 3.4.6.5 skal summen av alle samtidig opptredende forskyvninger,  $\delta_{komb}$ , multipliseres med en kombinasjonsfaktor på 0,7.

Antar at forskyvninger fra temperatur, trafikk og vind kan opptre samtidig:

$$\text{Forskyvning fra temperatur: } d_{p,temp} = 20,4 \text{ mm}$$

$$\text{Forskyvning fra trafikklast: } d_{traf} = 0,6 \text{ mm}$$

$$\text{Forskyvning fra vindlast: } d_{vind} = 1,6 \text{ mm}$$

$$\text{Kombinasjon av forskyvninger: } d_{komb} = 0,7 (d_{p,temp} + d_{traf} + d_{vind}) = 15,8 \text{ mm}$$

#### Grenser for forskyvning i bruende

Ettersom forskyvninger fra trafikklast og vindlast er betydelig mindre enn forskyvninger for temperaturlast benyttes temperaturlast alene for sammenligning med veiledende grenseverdier gitt i pkt. 3.4.6.6.

$$\text{Forskyvninger i bruende: } d_{komb} = d_{p,temp} \approx 20 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm}$$

Dette medfører at forskyvningene i bruende havner i området som medfører lav risiko for oppsprekking og hvor kjørekomforten er lite påvirket. Velger derfor å benytte fugefri løsning for brua.



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Bruer med fugekonstruksjon

- Fuge plasseres ved landkar. Egne regler gjelder for hengebruer, bevegelige bruer og ferjekaibruer.
- Ved brulengde  $< 500$  m og ikke mulighet til fugefri utførelse skal det prosjekteres med fastholdning i lengderetning i én ende og fuge i motsatt ende.
  - Fastholdt ende: Deformasjoner kontrolleres mot krav i 3.4.6. To-fugeløsning velges dersom deformasjonskrav overskrides.
  - Fundamenteringsforhold kan også være begrensende for én-fugeløsning.
- For bruer med lavbrekk:
  - Fugekonstruksjon minst 10 m fra lavbrekket
  - Høydeforskjell mellom lavbrekk og fuge  $\geq 20$  mm målt inntil kantdrager.



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Funksjonskrav for bruer <sup>1/2</sup>

- Nedbøyning:
  - $\Delta \leq L/350$ , der L er lengden av det betraktede spennet.
  - Kontrollen gjøres med karakteristisk trafikklaster alene (lastfaktor 1,0)
  - For hengebruer gjelder egne regler i kapittel 13.
- Overhøyder:
  - Nedbøyning på grunn av permanente laster kompenseres med overhøyde.
  - Kontrollen gjøres i SLS, *tilnærmet permanent*. (se også 7.9.7) Kombinasjonsfaktor  $\psi_2 = 0$  for variable laster.
  - For overgangsbruer skal det kontrolleres at krav til fri høyde/bredde i punkt 4.1 og 4.2 er tilfredsstillt. Kontrollen gjøres i SLS, *ofte forekommende*.



## Kapittel 3: Generelle konstruksjonskrav

### Funksjonskrav for bruer <sup>2/2</sup>

- Lokale deformasjoner i fugekonstruksjon:
  - Vegbruer:  $\Delta \leq 10$  mm, men ikke overstige leverandørens krav
  - Gang- og sykkelbruer:  $\Delta \leq 7$  mm, men ikke overstige leverandørens krav
  - Kontrollen utføres for trafikk alene med lastfaktor 0,7.
- Svingninger:
  - Leses av den enkelte ved behov.