

MEMO 526	Dato: 21.10.2013	Sign.: sss
BSF – BEREGNING AV ARMERING, T-FORBINDELSE BJELKE-BJELKE	Siste rev.: 14.02.2020	Sign.: sss
DIMENSJONERING	Dok. nr.: K4-10/526	Kontr.: ps

BSF - BEREGNING AV ARMERING, T-FORBINDELSE BJELKE-BJELKE

INNHold

DEL 1	GUNNLEGGENDE FORUTSETNINGER OG ANTAGELSER	3
1.1	GENERELT	3
1.2	STANDARDER	3
1.3	KVALITETER	4
1.4	DIMENSJONER OG TVERRSNITTSVERDIER	4
1.5	LAST	6
1.6	TOLERANSER	7
DEL 2	DIMENSJONERINGSPRINSIPPER – ARMERING AV BSF BJELKEKASSE	8
2.1	BJELKEKASSE - LIKEVEKT	8
2.2	BJELKEKASSE - VERTIKAL OPPHENGSGSARMERING	10
2.3	BJELKEKASSE - HORIZONTALFORANKRING	11
2.4	HOVEDBJELKE -TORSJON	12
DEL 3	- BSF 225	14
3.1	BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSGSARMERING	14
3.2	BJELKEKASSE – HORIZONTALFORANKRING	16
DEL 4	BSF 300	17
4.1	BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSGSARMERING	17
4.2	BJELKEKASSE – HORIZONTALFORANKRING	19
DEL 5	BSF 450	20
5.1	BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSGSARMERING	20
5.2	BJELKEKASSE - HORIZONTALFORANKRING	22

DEL 6	- BSF 700	23
6.1	BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSAARMERING	23
6.2	BJELKEKASSE - HORIZONTALFORANKRING	25
DEL 7	- BSF 1100	26
7.1	BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSAARMERING	26
7.2	BJELKEKASSE - HORIZONTALFORANKRING	28

DEL 1 GUNNLEGGENDE FORUTSETNINGER OG ANTAGELSER

1.1 GENERELT

Dette memoet viser BSF brukt som bjelke-bjelkeforbindelse der en sekundærbjelke henges inn i sidekant på en hovedbjelke. Det benyttes standard BSF bjelkekasse i sidekant av hovedbjelken. Armering av bjelke med BSF-kniv er gitt i memo 521. Memoet viser derfor kun et eksempel på armering for å henge punktlasten fra BSF bjelkekassen opp til overkant av hovedbjelken. Hovedbjelkens armering for de totale tverrsnittkreftene i lastpunktet er ikke behandlet.

Bjelketverrsnitt og sekundærbjelkens opphengingspunkt i lengderetning av hovedbjelken vil variere. Dette kan gi ulike varianter av kraftgang i hovedbjelken og den nøyaktige lastbærende virkemåten må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Denne vil kunne variere avhengig av geometrien i forbindelsen og det kan oppstå forhold ved kraftoverføringen som ikke er dekket av eksempelberegningene.

Den valgte kraftmodellen med tilhørende beregninger og forankringsarmering, er derfor kun å betrakte som et eksempel som illustrerer en mulig dimensjoneringsmodell. Endelig valg av kraftmodell og tilhørende detaljering og dokumentasjon av armering i hovedbjelken, må alltid gjøres av ansvarlig prosjekterende, basert på bjelkens geometri og totale belastning.

Dersom det velges andre løsninger merk følgende:

- Forankringsarmeringens plassering rundt halvrundstålet må være som vist i dette memo. Dette for at armeringens tyngdepunkt skal stemme overens med knivens angrepspunkt.

Utover dette skal selvsagt EC2 benyttes som overordnet design dokument for detaljering av armeringen i hovedbjelken. Informasjonen som finnes her og i memoene forutsetter at dimensjoneringsen av elementene og bruken av enhetene i konstruktive elementer gjennomføres av en konstruktør med kunnskap om relevante standarder og virkemåten til betongkonstruksjoner.

1.2 STANDARDER

Beregningene er utført i henhold til:

- Eurocode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.

Følgende verdier er benyttet for de nasjonalt bestemte parameterne (NDP-er):

Parameter	γ_c	γ_s	α_{cc}	α_{ct}
Verdi	1,5	1,15	0,85	0,85

Tabell 1: NDP-er i EC2.

1.3 KVALITETER

Betong B35/45: $f_{ck} = 35,0$ MPa

EC2, Tabell 3.1

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \times 35 / 1,5 = 19,8 \text{ MPa}$$

EC2, Pkt. 3.15

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \times f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 0,85 \times 2,2 / 1,5 = 1,24 \text{ MPa}$$

EC2, Pkt. 3.16

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,24 = 2,79 \text{ MPa}$$

EC2, Pkt. 8.4.2

(NB: for enkelhets skyld er gode heftbetingelser er antatt ved beregning av heftspenning. Dette er ikke nødvendigvis alltid rett, og forholdene må vurderes i hvert tilfelle. EC2 indikerer dårlige heftforhold ved forankring i toppen av bjelken)

Armering 500C (EN 1992-1-1, App. C): $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435$ MPa EC2, Pkt 3.2.

Merk: Armering av annen stål kvalitet kan benyttes dersom beregningen tar høyde for faktisk flytespenning ($f_y \leq 500$ MPa). Samtidig må materialets bøybarhet være tilstrekkelig til at armeringen kan tilpasses rundt halvrundstålet.

1.4 DIMENSJONER OG TVERRSNITTSVERDIER

ENHET	HALVRUNDSTÅL			HORISONTAL FORANKRING ¹	INNVENDIGE ÅPNING I UTSPARINGSKASSE (BREDDE×HØYDE×DYBDE)
	D [mm]	L [mm]	Stålkv.		
BSF225- BJELKEKASSE	Ø76	100	S355	2×M12, 8.8+ mutter, L=tilpasses & st.pl.50×50×8, S355	35mm×215mm×80mm
BSF300- BJELKEKASSE	Ø76	100	S355	2×M12, 8.8+ mutter, L=tilpasses & st.pl.50×50×8, S355	35mm×255mm×80mm
BSF450- BJELKEKASSE	Ø76	100	S355	1×M20, 8.8+ mutter, L=tilpasses & st.pl.90×90×12, S355	50mm×270mm×92,5mm
BSF700- BJELKEKASSE	Ø175	140	S355	2×M20, 8.8+ mutter, L=tilpasses & st.pl.160×90×12, S355	60mm×310mm×105mm
BSF1100- BJELKEKASSE	Ø175	200	S355	2×M24, 8.8+ mutter, L=tilpasses & st.pl.110×110×15, S355	80mm×390mm×140mm

Tabell 2: Dimensjoner – BSF bjelkekasse.

¹ Se også Tabell 3. Lengde på forankring tilpasses bjelketverrsnittet. OBS: Forankringsplaten som brukes på BSF700 er designet kun for kraften på 210kN, ikke strekk kapasiteten for 2 stk M20 gjengestenger.

NOMINELL DIAMETER	M12		M16		M20		M24	
Ekvivalent diameter: \varnothing_{eq} [mm]	10,4		14,1		17,7		21,2	
Spenningsareal: A_s [mm ²]	84		157		245		353	
Strekkapasitet (8.8): $F_{cap} = f_{yd} \times A_s$ [kN]	48		90		141		203	
Nøkkelvidde: NV [mm]	19		24		30		36	
Nødv. dim. av rektangulær st.pl. til forankring av F_{cap} : ² $b_{req} \geq [F_{cap}/f_{cd} + \varnothing \times \varnothing_{nom}^2/4]^{0.5}$ [mm] Valgt b×b	≈50,4 Valgt 50×50		69 Valgt 70×70		86 Valgt 90×90		103 Valgt 110×110	
Netto trykkareal til forankring: $A_{net} = A_{steel\ plate} - \pi \times \varnothing_{nom}^2/4$ [mm ²]	2387		4699		7786		11648	
Betongspenning: $\varnothing_c = F_{cap}/A_{net}$ [MPa]	20,1		19,1		18,1		17,4	
Nødvendig tykkelse av stålplate, S355: ¹⁾ $a = (2^{0.5} \times b - NV)/2 \rightarrow t_1 \geq a \times (\varnothing_c/f_{yd})^{0.5}$ [mm] $c = b/2 - NV/2 \rightarrow t_2 \geq 3^{0.5} \times c \times (\varnothing_c/f_{yd})^{0.5}$ [mm] $t > [t_1, t_2]$	a=25,9 c=15,5	t ₁ =6,5 t ₂ =6,7	a=37,5 c=23	a=60 c=37	t ₁ =13,9 t ₂ =14,9	t ₁ =11,5 t ₂ =12,3	a=60 c=37	t ₁ =13,9 t ₂ =14,9
	Valgt t=8mm		Valgt t=10mm		Valgt t=12mm		Valgt t=15mm	
Standard høyde på mutter: (H) [mm]	10,0		13,0		16,0		21,5	
Inngrepslengde i blindhull:	S355	18mm	24mm	36mm	36mm			

Tabell 3: Dimensjoner – gjengestenger og stålplater.

²⁾ En illustrasjon og bakgrunn for formlene fins i memo "BSF - Dokumentasjon av stålenheter". De valgte/opplistede dimensjonene er basert på betongkvaliteter og parameter som gitt i avsnittene 1.2 og 1.3. OBS: Forankringsplaten som brukes på BSF700 er designet kun for kraften på 210kN, ikke strekk kapasiteten for 2 stk M20 gjengestenger.

1.5 LAST

Bruddgrenselast vertikalt: F_v = se Tabell 4.

Bruddgrenselast horisontalt – i lengderetning: $F_H=0\text{kN}$ (se merknader under)

Bruddgrenselast horisontalt – på tvers: $F_T=0\text{kN}$

***Merknader:**

- BSF - enhetenes bruksområde er bæring av vertikallast.
- Betydelige horisontalkrefter på enheten kan oppstå dersom påførte deformasjoner (pga. svinn, temperaturvariasjoner etc.) i betongelementet fastholdes. Når opptredende horisontalkraft overstiger friksjonen vil kniven gli og kraften reduseres. Statisk friksjonsfaktor for stål mot stål er antatt i området (0,2-0,5). Maksimal friksjonskraft pga gradvis økende påførte deformasjoner vil være forbundet med vertikallast i bruksgrense. Enhetens ståldeler og forankring av disse i betongelementet er dimensjonert for den følgende ugunstige lastkombinasjonen:

$$\text{Vertikalkraft } 1,0F_v + \text{Horisontalkraft } 0,3F_v$$

- I noen tilfeller vil overføring av statisk global horisontalkraft via enheten være ønskelig. Størrelsen på mulig kraftoverføring vil begrenses av minimum friksjonsfaktor og samtidig minimum opptredende vertikallast. Dette gir usikkerhet i kapasitet, og det er anbefalt og heller alltid å overføre horisontalkraft med passende armering gjennom skjøten. I tilfelle horisontalkraften er dynamisk er kapasitet for overføring av slik kraft alltid lik null. Det skal aldri antas at dynamiske krefter kan overføres på friksjon.
- Horisontalforankring av bjelkekassen forutsetter minimum betongkvalitet C35/45 i bjelke.

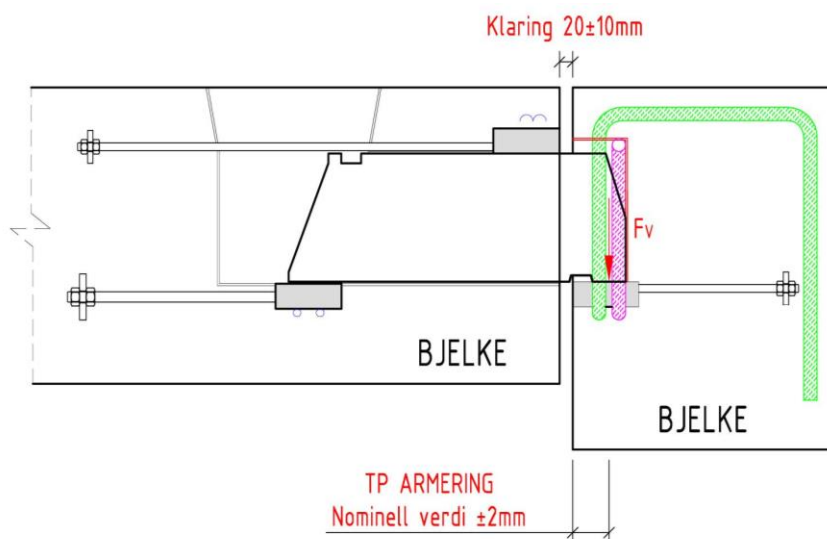
ENHET	VERTIKAL BRUDDLAST F_v [kN]	LASTER PÅ BJELKEKASSE	
		VERT. $1,0F_v$ [kN]	HOR. $0,3F_v$ [kN]
BSF225	225	225	67,5
BSF300	300	300	90
BSF450	450	450	135
BSF700	700	700	210
BSF1100	1100	1100	330

Tabell 4: Dimensjonerende laster.

1.6 TOLERANSER

Nominell klaring mellom enden av sekundærbjelke og sidekant på hovedbjelke er 20mm med en toleranse på ± 10 mm. Toleransen håndteres med utkragingen av kniven fra bjelken. Dersom klaringen er 30mm, skives kniven 10mm lenger ut og vice versa dersom klaringen bare er 10mm. Dette sikrer at lastpunktet inne i bjelkekassen alltid blir det samme. Kniven skal alltid skyves ut slik at den bunner i bjelkekassens bakplate.

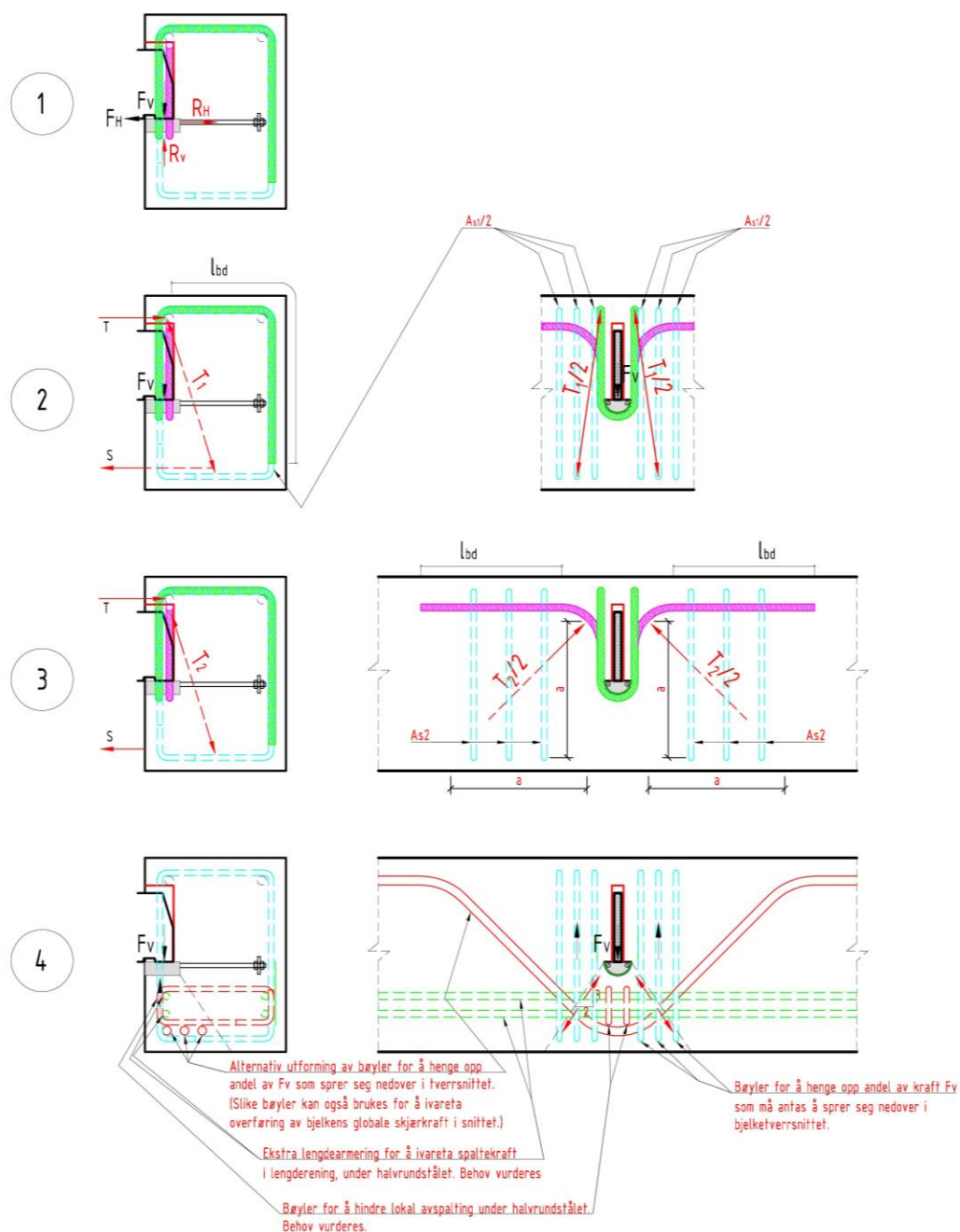
Toleranser på plassering av forankringsarmering til bjelkekassen er ± 2 mm. (TP = tyngdepunkt)



Figur 1: Toleranser.

DEL 2 DIMENSJONERINGSPRINSIPPER – ARMERING AV BSF BJELKEKASSE

2.1 BJELKEKASSE - LIKEVEKT



Figur 2: Eksempel på kraftgang.

Kraftgangen antas som følger, se Figur 2:

1) Vertikalkraft: Føres inn i opphengsbøyler som skal plasseres sentrisk om lastpunktet $\Rightarrow R_v = F_v$. Opphengsbøylene dimensjoneres for å bære hele lasten. Bøylene bøyes innover i tverrsnittet og eventuelt utover i lengderetning av bjelken.

Horisontalkraft: Overføres til, og forankres i, gjengestenger skrudd i halvrundstålet $\Rightarrow R_H = F_H$. Momentet som oppstår pga. den lille vertikalavstanden mellom underkant kniv og senter på gjenstengene neglisjeres. Lengde av gjengestang tilpasses bjelketverrsnitt, men det må kontrolleres for kjeglebrudd ved kort forankring. Beregning for dette angis ikke her.

2) Antatt kraftmodell for å føre lasten F_v inn til bjelkesenteret (skisse 2, fig.2, forutsetter torsjonslås mellom hovedbjelke og sekundærbjelke) viser en trykkdiagonal (T_1) rettet fra øvre venstre hjørne ned mot bjelkens senter. Dette vil kreve strekkarmering i underkant bjelke med kapasitet til å ta imot horisontalkraften i denne diagonalen. Rimeligheten i kraftmodellen må vurderes i hvert enkelt tilfelle. For normale bjelketverrsnitt vil horisontalkomponenten være mindre enn vertikalkomponenten men ved f.eks. lave/brede bjelker vil horisontalkomponenten i trykkdiagonalen kunne bli større enn vertikalkomponenten. Andre kraftmodeller bør da vurderes.

Avhengig av hvor stor andel av opphengsbøylene som er ført innover i tverrsnittet vil en tilsvarende andel av kraften i trykkdiagonalen «stå mot» bøyen på disse opphengsbøylene. Dette tilsier at forankringslengde for opphengsbøylene skal regnes fra enden av bøyen i dette hjørnet. Resterende del av trykkraften i diagonalen vil «stå mot» hjørne på skjærbøylene.

3) Bøyler som bøyes i lengderetning av bjelken vil spre kraft utover i denne retning (T_2). Dette krever jevnt fordelt armering A_{s2} innenfor en avstand a til hver side av enheten med tilstrekkelig kapasitet til å løfte kraften opp til overkant bjelke igjen.

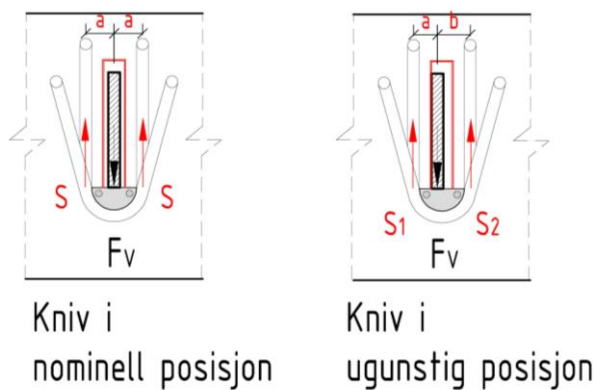
4) Ved høye bjelker kan en andel av kraften passere opphengsbøylene og spre seg videre nedover i bjelken. Bøyler innenfor en avstand $2/3H$ (H =høyde under enhet) til hver side av enheten regnes virksomme til å fange denne kraften og løfte den til toppen av bjelken igjen, se Figur 2, skisse 4 (kun et snitt pr bøyler kan regnes med). Eventuelt kan en alternativ bøyler som vist (rød) legges inn for å ta imot kraft som kan tenkes å spre seg under enheten.

Som en samlet vurdering av effektene fra punkt 2-4 over anbefales alltid å legge inn ekstra skjærbøyler inntil enheten med et samlet tverrsnittsareal (Kun ett snitt pr bøyler regnes med til dette arealet) tilsvarende arealet for opphengsarmeringen. Halvparten av bøylene legges på hver side av enheten, innenfor avstand $2/3H$ (H =høyde under enhet).

Bøyler og lengdearmering rett under enheten for å ivareta spaltekraft i lengderetning av bjelken, samt forhindre avskalling rett under halvrundstålet bør inkluderes.

2.2 BJELKEKASSE - VERTIKAL OPPHENGSGSARMERING

1) Nødvendig tverrsnittsareal på opphengsarmering (og bøyer) blir:



Figur 3: Plassering av kniv inni bjelkekasse i hovedbjelke.

Kraftgangen blir som følger:

Vertikalkraft:

Forankringsarmering for vertikalkraften skal plasseres ved lastpunktet. $\Rightarrow R_v = F_v$.

Beregner reaksjonskraften når kniven er plasseres eksentrisk i utsparingen:

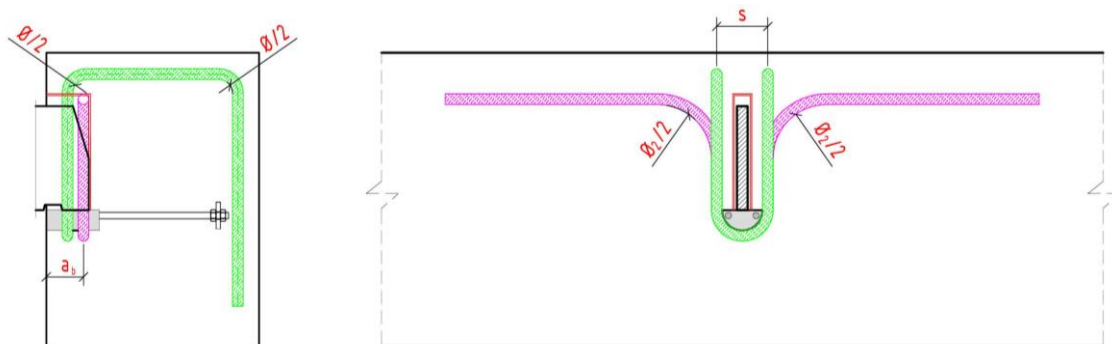
$$S_1 = F_v \cdot \left[\frac{b}{a+b} \right]$$

$$S_2 = F_v \cdot \left[\frac{a}{a+b} \right]$$

Horisontalkraft:

Overføres til, og forankres i, gjengestenger gjenget i halvrundstålet $\Rightarrow R_H = F_H$. Momentet som oppstår pga. den lille vertikavstanden mellom underkant kniv og senter gjenstenger neglisjeres.

2) Minimum dordiameter - Bøying av opphengsarmering - EC2, pkt 8.3:



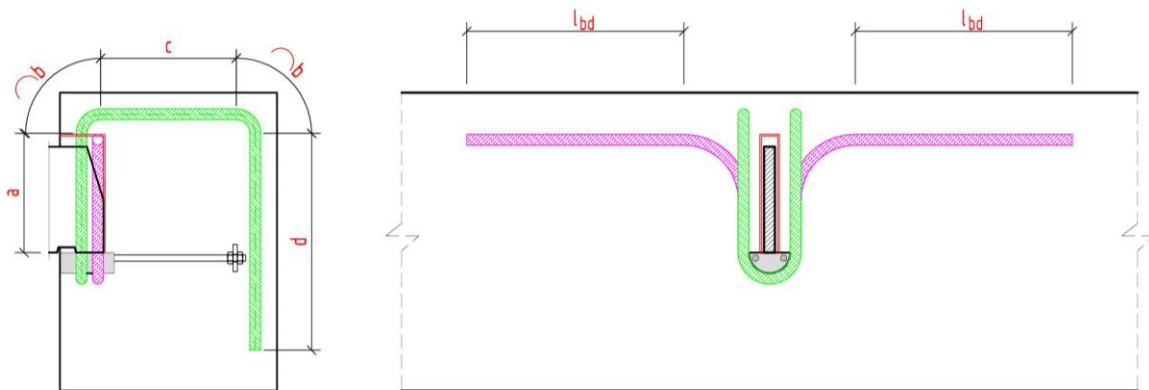
Figur 4: Bøying av armering.

Jern som bøyes innover i tverrsnittet: $\varnothing = F \times \left[\frac{1/(s/2) + 1/(2\varnothing)}{f_{cd}} \right]$

Jern som føres ut i lengderetning av bjelken: $\varnothing_2 = F \times \left[\frac{1/a_b + 1/(2\varnothing)}{f_{cd}} \right]$

I tillegg kontrolleres mot EC2, pkt.8.3: $\varnothing_{\min}=64\text{mm}$ for $\varnothing 16\text{mm}$ og 175mm for $\varnothing > 25\text{mm}$
 ⇒ Velger passende dordiameter

3) Forankring av opphengsarmering - EC2, pkt. 8.4.3 og 8.4.4:



Figur 5: Forankring av opphengsarmering.

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$$

Antar: $\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 = 1,0$

$$l_{bd} = l_{b,reqd} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

Det må kontrolleres at bøyene har nok forankringslengde. For bøyene som føres inn i tverrsnittet er tilgjengelig forankringslengde beregnet som: $l_{bd}=c+b+d$, se Figur 5 og vurderinger gitt i avsnitt 2.1. Ekstra behov for tverrarmering i forankringsområdet utover bjelkens lengdearmring må vurderes.

2.3 BJELKEKASSE - HORISONTALFORANKRING

Bjelkekassen forankres for en horisontalkraft på $F_H=0,3F_V$. Kniven vil kun være i kontakt med halvrundstålet i front. Her overføres horisontalkraften ved friksjon mellom kniv og halvrundstål. Halvrundstålet forankres med gjengestenger skrudd inn i oppgjengede hull.

Nødvendig dimensjon på gjengestenger, stålplater og gjengelengder i halvrundstål finnes fra Tabell 3. Lengden tilpasses bjelketverrsnitt. Behov for kontroll av kjeglebrudd (utrivning av kjegle) må vurderes ved kort forankringsdybde.

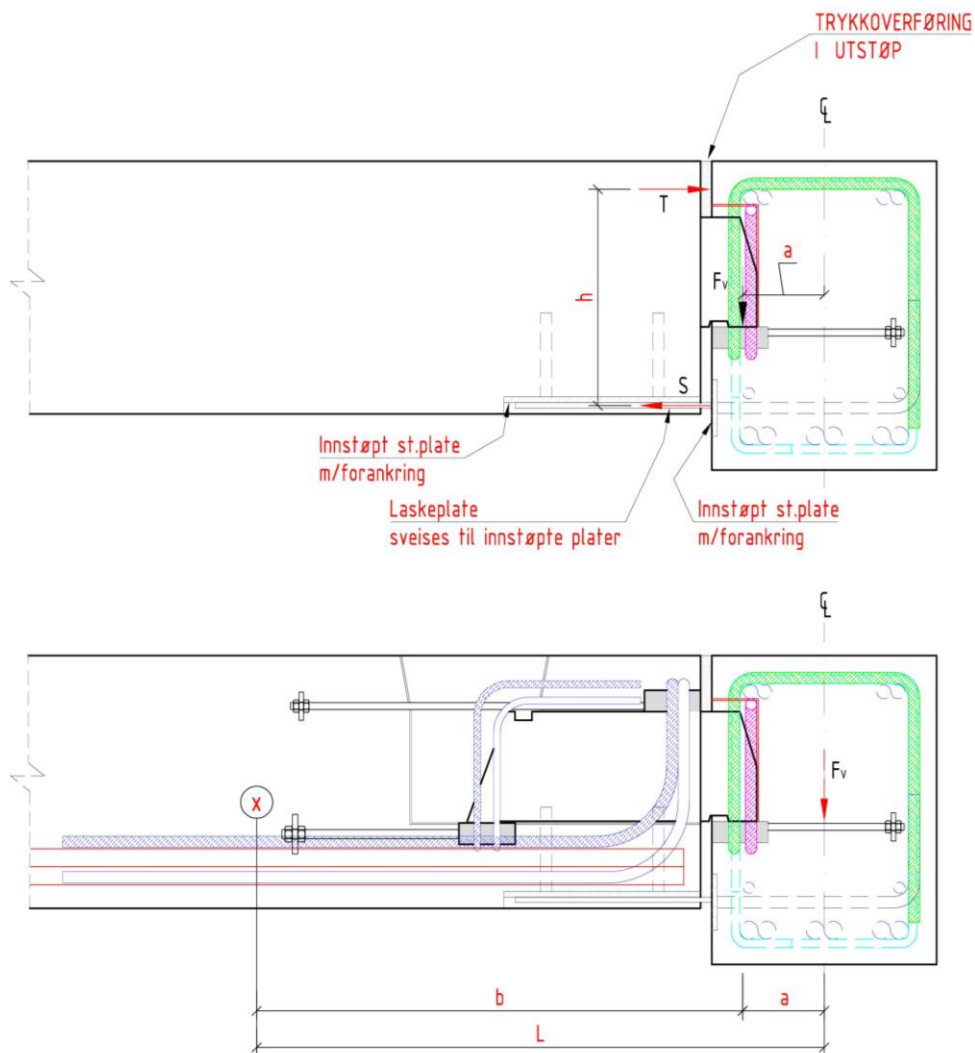
2.4 HOVEDBJELKE -TORSJON

Lastpunktet fra sekundærbjelken vil sjelden/aldri vere i tyngdepunktet av hovedbjelkens tverrsnitt. Eksentrisk last gir torsjon på hovedbjelken. Det anbefales alltid å etablere forbindelser mellom sekundærbjelke og hovedbjelke som låser dette torsjonsmomentet. Hvis ikke dette gjøres må hovedbjelken og oppleggene dimensjoneres for torsjon. Man må også ha klart for seg hvor og hvordan kreftene føres videre i konstruksjonen derifra.

Nødvendig strekk og trykkraft i overgangen mellom sekundær- og hovedbjelken for å låse torsjonsmomentet blir, se Figur 6:

$$S=T=F_v \cdot x_a/h$$

Detaljerings av disse forbindelsene må gjøres i hvert enkelt tilfelle basert på geometri og kreftenes størrelse. Det finnes mange mulige løsninger. Figur 6 viser en løsning hvor strekkraften ivaretas med innstøpte st.plater i lavt nede i sekundær og hovedbjelke, samt en påsveist laskeplate. Trykkoverføring i toppen ivaretas med utstøping. (Merk: Vist løsningen er ikke detaljert og er kun ment som en illustrasjon)



Figur 6: Torsjonslåsing av hovedbjelke.

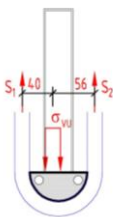
Merk:

- Teoretisk spennvidde for sekundærbjelken øker når man innfører torsjonslås i overgangen til hovedbjelken. Spennvidde for sekundærbjelken skal da regnes til hovedbjelkens senterlinje. Eventuelt kan man ved dimensjonering av sekundærbjelken påføre et moment i bjelkeenden lik, (se Figur 6):
 $M = F_v \times a$
- Av første punkt følger at forankring av hovedarmeringen i sekundærbjelken i hvilket som helst punkt (x) skal kontrolleres for en strekkraft i underkantarmering lik, (se Figur 6):
 $S = M/z = F_v \times L/z$ (Ikke bare $F_v \times b/z$)
 (Eksempel på beregning av forankring av hovedarmering i normal situasjon for BSF er gitt i memo 521.)

DEL 3 - BSF 225

3.1 BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSAARMERING

(Merk: I dette eksempelet er antatt gode heffforhold ved beregning av f_{bd} . Det må vurderes om dette er tilfelle i overkant av bjelken, se EC2, pkt 8.4.2 (2))



Figur 7: Bjelkekasse med kniv i ugunstig posisjon.

1) Nødvendig tverrsnittsareal på opphengsarmering blir:

$$S_1 = F_V \cdot \left[\frac{b}{a+b} \right] = 225kN \cdot \left[\frac{56}{40+56} \right] = 131kN$$

$$A_s = \frac{S_1}{f_{yd}} \cdot 2 = \frac{131kN}{435Mpa} \cdot 2 = 603mm^2$$

$$2\text{Ø}16\text{Bøyer} = 201mm^2 \times 4 = 804mm^2$$

$$\text{Kapasitet til valgt armering: } 804mm^2 \times 435MPa = 349kN$$

Trykkdiagonal T₁:

$$A_{s1} = A_s$$

$$\text{Ekstra skjærbøyer i hovedbjelke inntil enheten: } 3+3 \text{ bøyer } \text{Ø}12 = 113mm^2 \times 6 = 678mm^2$$

Trykkdiagonal T₂:

$$A_{s2} = \frac{S_1/2}{f_{yd}} = \frac{131kN/2}{435Mpa} = 151mm^2$$

Kontroller at skjærarmering i hovedbjelke, innenfor avstand a, har tilstrekkelig kapasitet til å ivareta dette behovet.

2) Minimum dordiameter - Bøying av forankringsarmering - EC2, pkt 8.3:

Jern som bøyes innover i tverrsnittet:

$$\varnothing = \frac{S_1}{2} \times \left(\frac{\frac{1}{s/2} + \frac{1}{2\varnothing}}{f_{cd}} \right) = \frac{131kN}{2} \times \left(\frac{\frac{1}{96mm/2} + \frac{1}{2 \times 16mm}}{19,8MPa} \right) = 173mm$$

$$\text{Minimum: } 4 \times \varnothing = 4 \times 16 = 64mm$$

⇒ Velger: $\varnothing = 80mm$ og bøyer rundt topparmering i bjelken (minimum $\varnothing 16$ topparmering)

Jern som bøyes ut i bjelkens lengderetning:

$$\varnothing_2 = \frac{S_1}{2} \times \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\varnothing} \right) = \frac{131kN}{2} \times \left(\frac{1}{70mm} + \frac{1}{2 \times 16mm} \right) = 151mm$$

⇒ Velger: $\varnothing_2=200mm$

3) Forankring av armering, EC2 pkt 8.4.3 og 8.4.4:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,reqd} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$\text{Største spenning i armering: } \sigma_{sd} = \frac{131kN}{402mm^2} = 326MPa$$

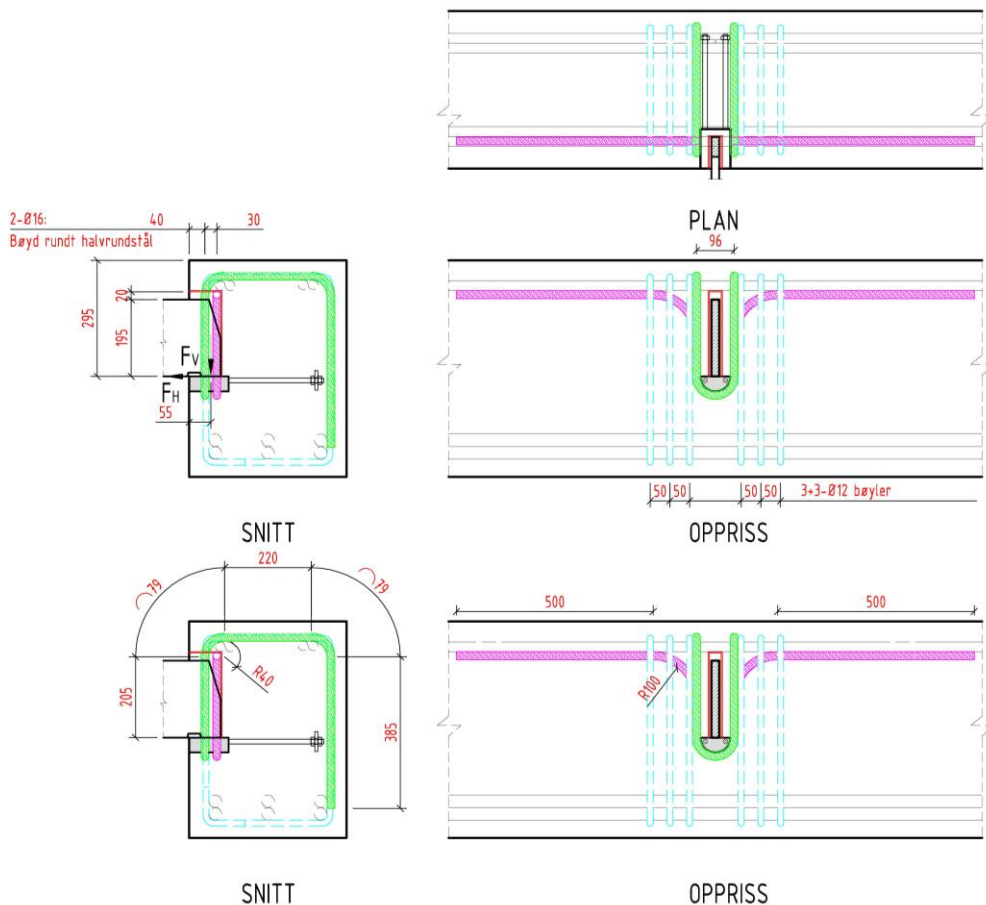
$$l_{b,reqd} = \frac{16}{4} \times \frac{326}{2,79} = 467mm$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \times l_{b,reqd}; 10 \times \varnothing; 100mm) = 160mm$$

$$l_{bd} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 467mm = 467mm$$

⇒ Bøyle som bøyes ut i lengderetning av bjelken: Velger: $l=500mm$

⇒ Bøyle som bøyes inn i tverrsnittet: $220mm + 79mm + 385mm = 684mm > 467mm \Rightarrow OK!$



Figur 8: Illustrasjon.

Merk: Figuren illustrerer kun opphengsarmering og de nødvendige ekstra skjærbøylor inntil enheten. Bjelken må selvsagt skjærarmeres for opptredende skjærkraft i alle punkter. Det er ikke tatt stilling til øvrig armering angitt i avsnitt 2.1 (behov for tverrarmering i forankringslengden av opphengsbøylor, behov for innstikksbøylor og lengdearmering rett under enheten etc.). Dette er forhold som må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

3.2 BJELKEKASSE – HORIZONTALFORANKRING

Horisontalforankring av halvrundstål: $R_H = 0,3 \times F_v = 67,5 \text{ kN}$:

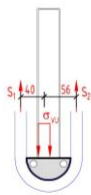
Velger: 2xM12 gjengestenger, 8.8 med mutter & stålplate = $48 \text{ kN} \times 2 = 96 \text{ kN}$

Behov for kontroll av kjeglebrudd (utrivning av kjegle) må vurderes ved kort forankringsdybde.

DEL 4 BSF 300

4.1 BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSSARMERING

(Merk: I dette eksempelet er antatt gode heftforhold ved beregning av f_{bd} . Det må vurderes om dette er tilfelle i overkant av bjelken, se EC2, pkt 8.4.2 (2))



Figur 9: Bjelkekasse med kniv i ugunstig posisjon.

1) Nødvendig tverrsnittsareal på opphengsarmring blir:

$$S_1 = F_V \cdot \left[\frac{b}{a+b} \right] = 300kN \cdot \left[\frac{56}{40+56} \right] = 175kN$$

$$A_s = \frac{S_1}{f_{yd}} \cdot 2 = \frac{175kN}{435MPa} \cdot 2 = 804mm^2$$

$$2\emptyset 16B\ddot{y}ler = 201mm^2 \times 4 = 804mm^2$$

$$\text{Kapasitet til valgt armering: } 804mm^2 \times 435MPa = 349kN$$

Trykkdiagonal T₁:

$$A_{s1} = A_s$$

$$\text{Ekstra skjærb\ddot{y}ler i hovedbjelke inntil enheten: } 4+4 \text{ b\ddot{y}ler } \emptyset 12 = 113mm^2 \times 8 = 904mm^2$$

Trykkdiagonal T₂:

$$A_{s2} = \frac{S_1/2}{f_{yd}} = \frac{175kN/2}{435MPa} = 201mm^2$$

Kontroller at skjærarmring i hovedbjelke, innenfor avstand a, har tilstrekkelig kapasitet til å ivareta dette behovet.

2) Minimum dordiameter - bøyning av opphengsarmring - EC2, pkt. 8.3:

Jern som bøyes innover i tverrsnittet:

$$\emptyset = \frac{S_1}{2} \times \left(\frac{\frac{1}{s/2} + \frac{1}{2\emptyset}}{f_{cd}} \right) = \frac{175kN}{2} \times \left(\frac{\frac{1}{96mm/2} + \frac{1}{2 \times 16mm}}{19,8MPa} \right) = 231mm$$

$$\text{Minimum: } 4 \times \emptyset = 4 \times 16 = 64mm$$

⇒ Velger: $\emptyset = 80mm$ og bøyer rundt topparmring i bjelken (minimum $\emptyset 16$ topparmring)

Jern som bøyes ut i bjelkens lengderetning:

$$\varnothing_2 = \frac{S_1}{2} \times \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\varnothing} \right) = \frac{175kN}{2} \times \left(\frac{1}{70mm} + \frac{1}{2 \times 16mm} \right) = 201mm$$

⇒ Velger: $\varnothing_2=200mm$

3) Forankring av opphengsarmering, EC2 pkt 8.4.3 og 8.4.4:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,reqd} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

Største spenning i armering: $\sigma_{sd} = \frac{175kN}{402mm^2} = 435MPa$

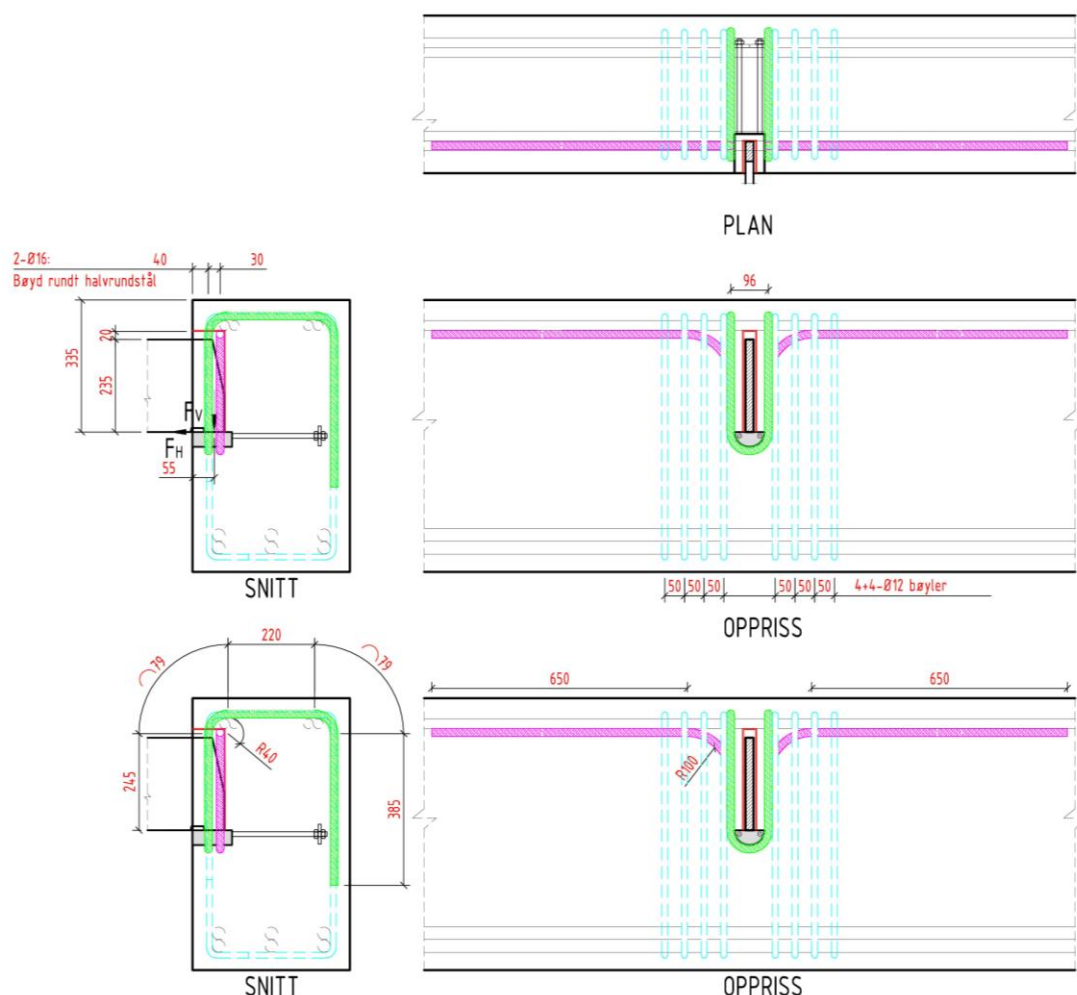
$$l_{b,reqd} = \frac{16}{4} \times \frac{435}{2,79} = 624mm$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \times l_{b,reqd}; 10 \times \varnothing; 100mm) = 160mm$$

$$l_{bd} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 624mm = 624mm$$

⇒ Bøyle som bøyes ut i lengderetning av bjelken: Velger: $l=650mm$

⇒ Bøyle som bøyes inn i tverrsnittet: $220mm+79mm+385mm=684mm > 624mm \Rightarrow OK!$



Figur 10: Illustrasjon.

Merk: Figuren illustrerer kun opphengsarmering og de nødvendige ekstra skjærbøyler inntil enheten. Bjelken må selvsagt skjærarmes for opptredende skjærkraft i alle punkter. Det er ikke tatt stilling til øvrig armering angitt i avsnitt 2.1 (behov for tverrarmering i forankringslengden av opphengsbøyler, behov for innstikksbøyler og lengdearmering rett under enheten etc.). Dette er forhold som må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

4.2 BJELKEKASSE – HORIZONTALFORANKRING

Horizontalforankring av halvrundstål: $R_H=0,3 \times F_v=90\text{kN}$:

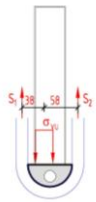
Velger: 2xM12 gjengestenger, 8.8 med mutter & stålplate = $48\text{kN} \times 2=96\text{kN}$

Behov for kontroll av kjeglebrudd (utrivning av kjegle) må vurderes ved kort forankringsdybde.

DEL 5 BSF 450

5.1 BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENGSSARMERING

(Merk: I dette eksempelet er antatt gode heftforhold ved beregning av f_{bd} . Det må vurderes om dette er tilfelle i overkant av bjelken, se EC2, pkt 8.4.2 (2))



Figur 11: Bjelkekasse med kniv i ugunstig posisjon.

1) Nødvendig tverrsnittsareal på opphengsarmering blir:

$$S_1 = F_V \cdot \left[\frac{b}{a+b} \right] = 450kN \cdot \left[\frac{58}{38+58} \right] = 272kN$$

$$A_s = \frac{S_1}{f_{yd}} \cdot 2 = \frac{272kN}{435MPa} \cdot 2 = 1250mm^2$$

$$A_s^{*}) = \frac{S_1}{f_{yd}} \cdot 2 = \frac{272kN}{454MPa} \cdot 2 = 1198mm^2$$

*) Brukt: $f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{s2,red}} = \frac{500}{1,1} = 454MPa$ siden ugunstige toleranser er inkludert i beregningen.->ok!.

$$3\emptyset 16 \text{ Bøyler} = 201mm^2 \times 6 = 1206mm^2$$

$$\text{Kapasitet til valgt armering: } 1206mm^2 \times 435MPa = 524kN$$

Trykkdiagonal T₁:

$$A_{s1} = A_s$$

Ekstra skjærbøyler i hovedbjelke inntil: 3+3 doble bøyler $\emptyset 12 = 113mm^2 \times 6 \times 2 = 1356mm^2$

Trykkdiagonal T₂:

$$A_{s2} = \frac{S_1/3}{f_{yd}} = \frac{272kN/3}{435MPa} = 208mm^2$$

Kontroller at skjærarmering i hovedbjelke, innenfor avstand a, har tilstrekkelig kapasitet til å ivareta dette behovet.

2) Minimum dordiameter - bøyning av opphengsarmering - EC2, pkt. 8.3:

Jern som bøyes innover i tverrsnittet:

$$\emptyset = \frac{S_1}{3} \times \left(\frac{\frac{1}{s/2} + \frac{1}{2\emptyset}}{f_{cd}} \right) = \frac{272kN}{3} \times \left(\frac{\frac{1}{90mm/2} + \frac{1}{2 \times 16mm}}{19,8MPa} \right) = 367mm$$

Minimum: $4 \times \emptyset = 4 \times 16 = 64mm$

⇒ Velger: $\emptyset = 450mm$ for en stang.

⇒ Velger: $\emptyset = 80mm$ og bøyer en stang rundt topparmering i bjelken (minimum $\emptyset 16$ topparmering)

Jern som bøyes ut i bjelkens lengderetning:

$$\varnothing_2 = \frac{S_1}{3} \times \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\varnothing} \right) = \frac{272kN}{3} \times \left(\frac{1}{62,5mm} + \frac{1}{2 \times 16mm} \right) = 216mm$$

⇒ Velger: $\varnothing_2=250mm$

3) Forankring av armering, EC2 pkt 8.4.3 og 8.4.4:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,reqd} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$\text{Største spenning i armering: } \sigma_{sd} = \frac{272kN}{603mm^2} = 451MPa$$

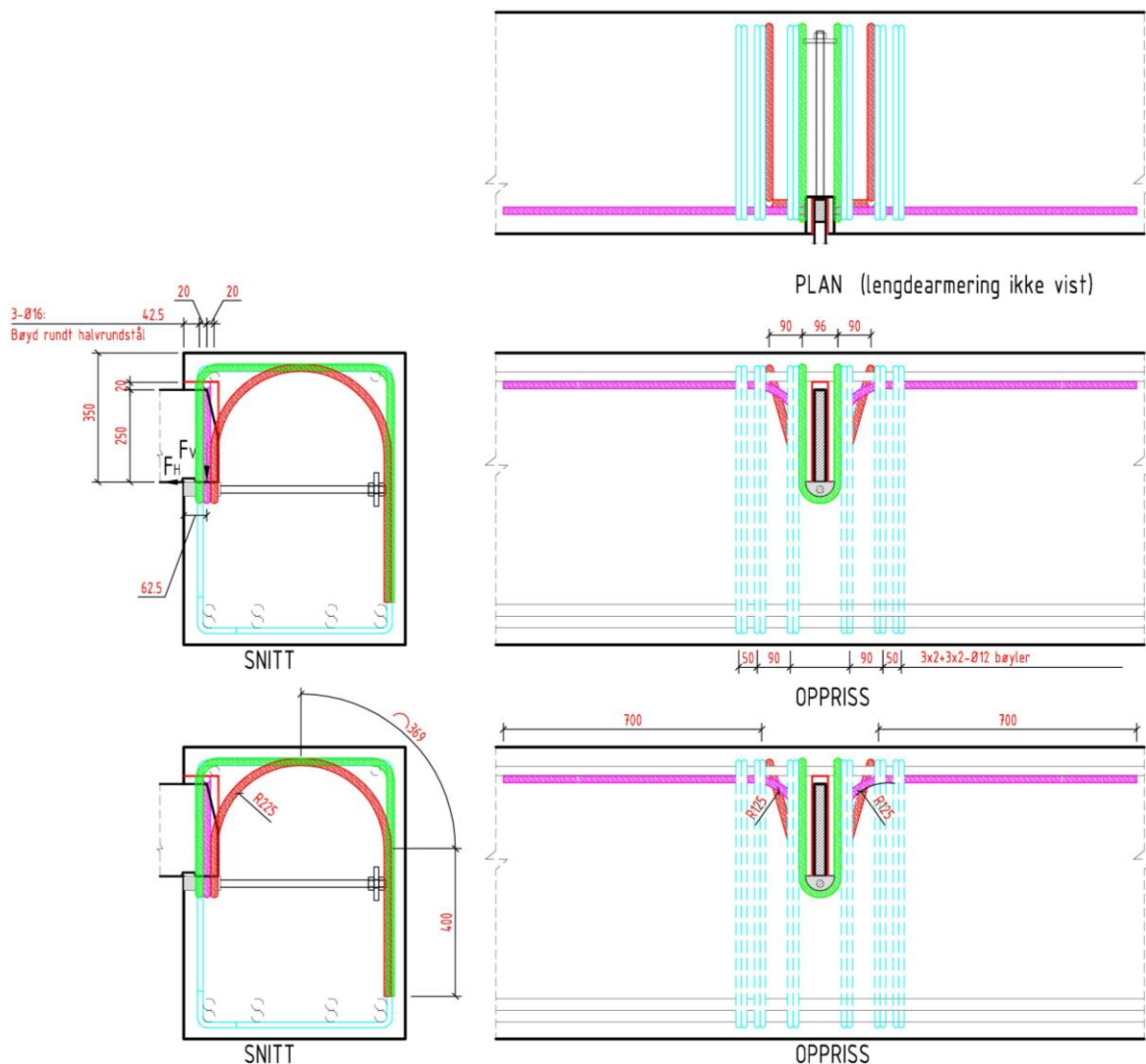
$$l_{b,reqd} = \frac{16}{4} \times \frac{451}{2,79} = 647mm$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \times l_{b,reqd}; 10 \times \varnothing; 100mm) = 160mm$$

$$l_{bd} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 647mm = 647mm$$

⇒ Bøyle som bøyes ut i lengderetning av bjelken: Velger: $l=700mm$

⇒ Bøyle som bøyes inn i tverrsnittet: $369mm+400mm=769mm > 647mm \Rightarrow OK!$



Figur 12: Illustrasjon.

Merk: Figuren illustrerer kun opphengsarmering og de nødvendige ekstra skjærbøyler inntil enheten. Bjelken må selvsagt skjærrammeres for opptredende skjærkraft i alle punkter. Det er ikke tatt stilling til øvrig armering angitt i avsnitt 2.1 (behov for tverrarmering i forankringslengden av opphengsbøyler, behov for innstikksbøyler og lengdearmoring rett under enheten etc.). Dette er forhold som må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

5.2 BJELKEKASSE - HORIZONTALFORANKRING

Horisontalforankring av halvrundstål: $R_H=0,3 \times F_v=135\text{kN}$:

Velger: 1xM20 gjengestenger, 8.8 med mutter & stålplate = 141kN

Behov for kontroll av kjeglebrudd (utrivning av kjegle) må vurderes ved kort forankringsdybde.

Jern som bøyes ut i bjelkens lengderetning:

$$\varnothing_2 = \frac{S_1}{2} \times \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\varnothing} \right) = \frac{384kN}{2} \times \left(\frac{1}{91mm} + \frac{1}{2 \times 25mm} \right) = 300mm$$

⇒ Velger: $\varnothing_2=320mm$

3) Forankring av opphengsarmering, EC2 pkt 8.4.3 og 8.4.4:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,reqd} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$\text{Største spenning i armering: } \sigma_{sd} = \frac{384kN}{980mm^2} = 392MPa$$

$$l_{b,reqd} = \frac{25}{4} \times \frac{392}{2,79} = 878mm$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \times l_{b,reqd}; 10 \times \varnothing; 100mm) = 250mm$$

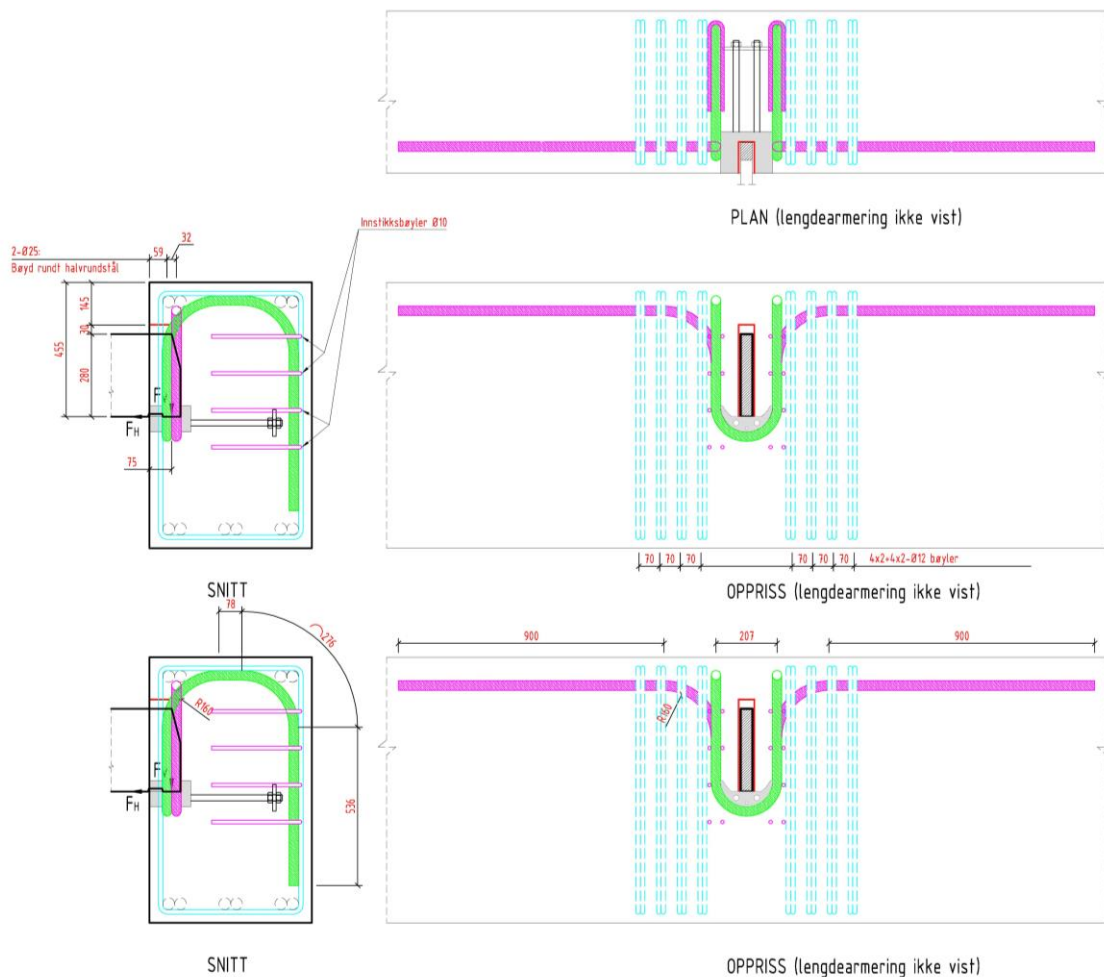
$$l_{bd} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 878mm = 878mm$$

⇒ Bøyle som bøyes ut i lengderetning av bjelken: Velger: $l=900mm$

⇒ Bøyle som bøyes inn i tverrsnittet: $78mm+276mm+536mm=890mm > 878mm \Rightarrow OK!$

Anbefaler alltid innstikksbøyle som tverrarmering i forankringsonen til $\varnothing 25$, se også EC2 pkt. 8.7.4

$$\sum A_{st} = A_s = 490mm^2 \Rightarrow 4\varnothing 10 = 4 \times 2 \times 78mm^2 = 624mm^2$$



Figur 14: Armering.

Merk: Figuren illustrerer kun opphengsarmering og de nødvendige ekstra skjærbøyler inntil enheten. Bjelken må selvsagt skjærarmeres for opptredende skjærkraft i alle punkter. Innstikksbøyler i forankringslengden av bøyd Ø25 anbefales alltid for denne enheten. Det er ikke tatt stilling til øvrig armering angitt i avsnitt 2.1. Dette er forhold som må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

6.2 BJELKEKASSE - HORIZONTALFORANKRING

Horizontalforankring av halvrunderstål: $R_H = 0,3 \times F_V = 210 \text{ kN}$:

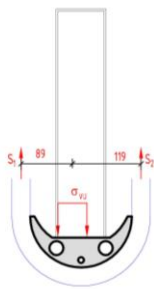
Velger: 2xM20 gjengestenger, 8.8 med mutter & stålplate = 210kN (begrenses av valgte stålplater)

Behov for kontroll av kjeglebrudd (utrivning av kjegle) må vurderes ved kort forankringsdybde.

DEL 7 - BSF 1100

7.1 BJELKEKASSE – VERTIKAL OPPHENG SARMERING

(Merk: I dette eksempelet er antatt gode heffforhold ved beregning av f_{bd} . Det må vurderes om dette er tilfelle i overkant av bjelken, se EC2, pkt 8.4.2 (2))



Figur 15: Bjelkekasse med kniv i ugunstig posisjon.

1) Nødvendig tverrsnittsareal på bøyer inntil enheten blir:

$$S_1 = F_V \cdot \left[\frac{b}{a+b} \right] = 1100kN \cdot \left[\frac{119}{89+119} \right] = 629kN$$

$$A_s = \frac{S_1}{f_{yd}} \cdot 2 = \frac{629kN}{435Mpa} \cdot 2 = 2892mm^2$$

$$3\emptyset 25 \text{ Bøyer} = 490mm^2 \times 6 = 2940mm^2$$

$$\text{Kapasitet til valgt armering: } 2940mm^2 \times 435MPa = 1279kN$$

Trykkdiagonal T_1 :

$$A_{s1} = A_s$$

$$\text{Ekstra skjærbøyer i hovedbjelke inntil enhet: } 4+4 \text{ doble bøyer } \emptyset 16 = 201mm^2 \times 8 \times 2 = 3216mm^2$$

Trykkdiagonal T_2 :

$$A_{s2} = \frac{S_1/3}{f_{yd}} = \frac{629kN/3}{435Mpa} = 482mm^2$$

Kontroller at skjærarmering i hovedbjelke, innenfor avstand a, har tilstrekkelig kapasitet til å ivareta dette behovet.

2) Minimum dordiameter - bøyning av opphengsarmering - EC2, pkt. 8.3:

Jern som bøyes innover i tverrsnittet:

$$\emptyset = \frac{S_1}{3} \times \left(\frac{\frac{1}{s/2} + \frac{1}{2\emptyset}}{f_{cd}} \right) = \frac{629kN}{3} \times \left(\frac{\frac{1}{100mm/2} + \frac{1}{2 \times 25mm}}{19,8MPa} \right) = 424mm$$

$$\text{Minimum: } 7 \times \emptyset = 7 \times 25 = 175m$$

$$\Rightarrow \text{Velger: } \emptyset = 500mm.$$

Jern som bøyes ut i bjelkens lengderetning:

$$\varnothing_2 = \frac{S_1}{3} \times \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\varnothing} \right) = \frac{629kN}{3} \times \left(\frac{1}{100mm} + \frac{1}{2 \times 25mm} \right) = 318mm$$

Minimum: $7 \times \varnothing = 7 \times 25 = 175m$

⇒ Velger: $\varnothing_2 = 500mm$

3) Forankring av opphengsarmering, EC2 pkt 8.4.3 og 8.4.4:

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,reqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,reqd} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$\text{Største spenning i armering: } \sigma_{sd} = \frac{629kN}{1470mm^2} = 428MPa$$

$$l_{b,reqd} = \frac{25}{4} \times \frac{428}{2,79} = 959mm$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \times l_{b,reqd}; 10 \times \varnothing; 100mm) = 250mm$$

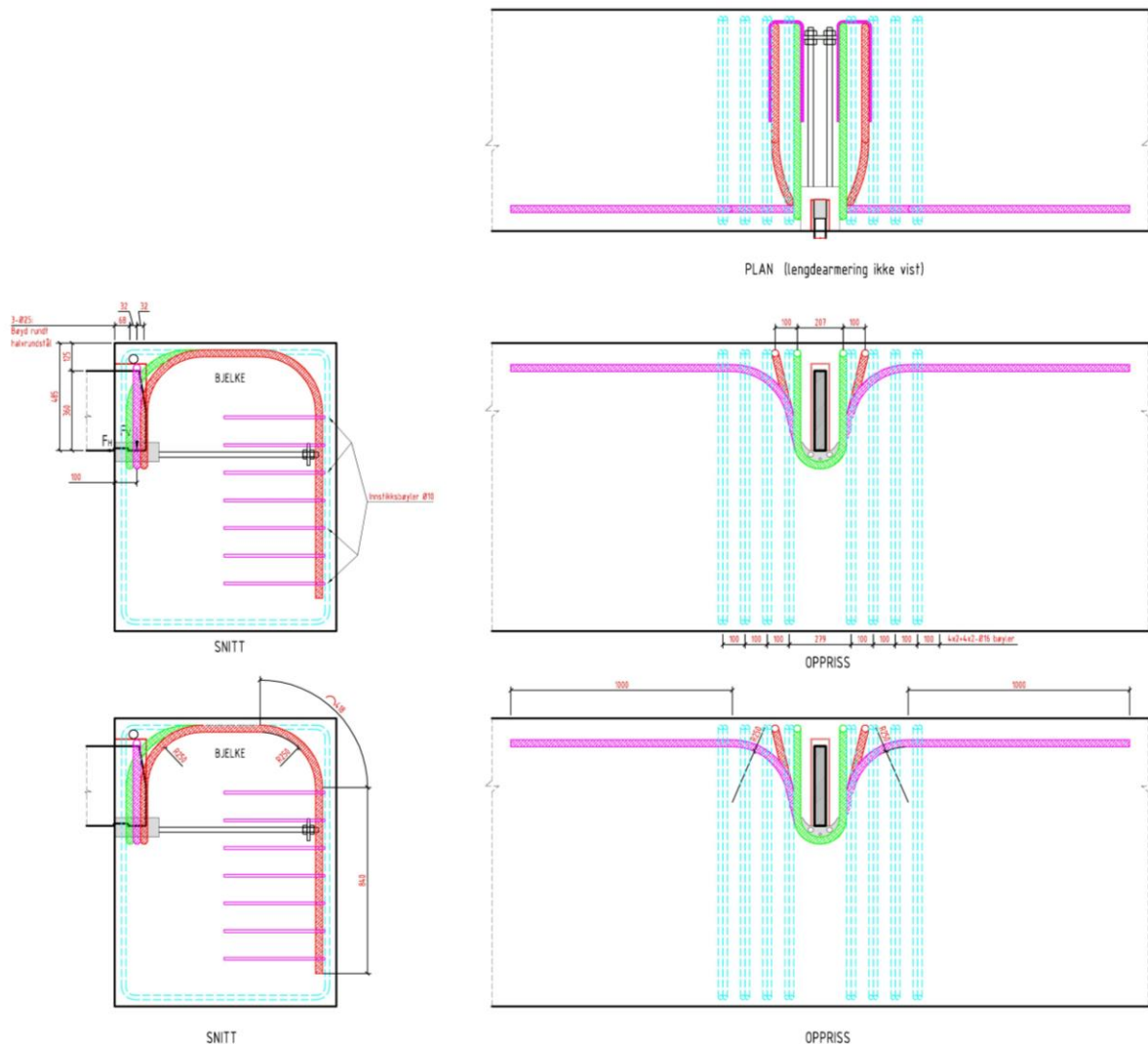
$$l_{bd} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 959mm = 959mm$$

⇒ Bøyle som bøyes ut i lengderetning av bjelken: Velger: $l = 1000mm$

⇒ Bøyle som bøyes inn i tverrsnittet: $418mm + 840mm = 1258mm > 959mm \Rightarrow OK!$

Anbefaler alltid innstikksbøyle som tverrarmering i forankringsonen til $\varnothing 25$, se også EC2 pkt. 8.7.4

$$\Sigma A_{st} = A_s = 980mm^2 \Rightarrow 7\varnothing 10 = 7 \times 2 \times 78mm^2 = 1092mm^2$$



Figur 16: Armering.

Merk: Figuren illustrerer kun opphengsarmering og de nødvendige ekstra skjærbøyler inntil enheten. Bjelken må selvsagt skjærarmeres for opptredende skjærkraft i alle punkter. Innstikksbøyler i forankringslengden av bøyld Ø25 anbefales alltid for denne enheten. Det er ikke tatt stilling til øvrig armering angitt i avsnitt 2.1. Dette er forhold som må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

7.2 BJELKEKASSE - HORISONTALFORANKRING

Horisontalforankring av halvrundstål: $R_H=0,3 \times F_V=330\text{kN}$:

Velger: 2xM24 gjengestenger, 8.8 med mutter & stålplate = 406kN

Behov for kontroll av kjeglebrudd (utrivning av kjegle) må vurderes ved kort forankringsdybde.

REVISJON	
Dato:	Beskrivelse:
21.10.2013	Første utgave.
30.06.2014	Endret halvrundstål BSF700. Oppdatert tabell 1.
20.08.2014	Endret plassering på M20 gjengestenger i halvrundstål BSF700 enhet. Endret plate til forankring av M20 gjengestenger.
13.01.2015	Endret nødvendig inngrepslengde for gjengestang i blindhull, tabell 4.
23.01.2015	Presisert i avsnitt 1.1 at dette memo kun er et eksempel hva angår kraftmodell, beregninger og armering. Korrigert figurer 6, 7,8 & 9
27.02.2015	Inkludert mutter på begge sider av stålplater på gjengestenger.
11.05.2016	Ny mal
14.02.2020	Inkludert BSF1100. Endret bjelkekasse (større toleranser) og oppdatert beregning av forankringsarmering.