

MEMO 524

BSF - BEREGNING AV ARMERING,
PARVISE ENHETER
DIMENSJONERING

Dato: 21.10.2013

Siste rev.: 14.02.2020

Dok. nr.: K4-10/524

Sign.: sss

Sign.: sss

Kontr.: ps

BSF - BEREGNING AV ARMERING, PARVISE ENHETER

INNHold

DEL 1	GUNNLEGGENDE FORUTSETNINGER OG ANTAGELSER	3
DEL 2	DIMENSJONERINGSPRINSIPPER - ARMERING AV BSF I PAR	4
2.1	BJELKE	4
2.2	SØYLE	6
DEL 3 - BSF 225 BRUKT I PAR		9
3.1	BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT	9
3.2	BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING	9
3.3	ARMERING AV BJELKEENDE	11
3.3.1	SKJÆRARMERING I BJELKEENDE	11
3.3.2	SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE	12
3.3.3	HORISONTALARMERING I BJELKEENDE	12
3.3.4	ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE	13
3.4	SØYLE	14
3.4.1	ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN	14
DEL 4	- BSF 300 BRUKT I PAR	15
4.1	BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT	15
4.2	BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING	16
4.3	ARMERING AV BJELKEENDE	16
4.3.1	SKJÆRARMERING I BJELKEENDE	16
4.3.2	SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE	17
4.3.3	HORISONTALARMERING I BJELKEENDE	18

4.3.4	ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE	18
4.4	SØYLE	19
4.4.1	ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN	19
DEL 5	- BSF 450 BRUKT I PAR	20
5.1	BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT.....	20
5.2	BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING.....	21
5.3	ARMERING AV BJELKEENDE.....	21
5.3.1	SKJÆRARMERING I BJELKEENDE.....	21
5.3.2	SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE.....	22
5.3.3	HORISONTALARMERING I BJELKEENDE	22
5.3.4	ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE	23
5.4	SØYLE	24
5.4.1	ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN	24
DEL 6	- BSF 700 BRUKT I PAR	25
6.1	BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT.....	25
6.2	BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING.....	26
6.3	ARMERING AV BJELKEENDE.....	26
6.3.1	SKJÆRARMERING I BJELKEENDE.....	26
6.3.2	SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE.....	27
6.3.3	HORISONTALARMERING I BJELKEENDE	28
6.3.4	ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE	28
6.4	SØYLE	29
6.4.1	ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN	29
DEL 7	- BSF 1100 BRUKT I PAR	30
7.1	BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT.....	30
7.2	BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING.....	31
7.3	ARMERING AV BJELKEENDE.....	31
7.3.1	SKJÆRARMERING I BJELKEENDE.....	31
7.3.2	SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE.....	32
7.3.3	HORISONTALARMERING I BJELKEENDE	33
7.3.4	ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE	34
7.4	SØYLE	35
7.4.1	ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN	36

DEL 1 GUNNLEGGENDE FORUTSETNINGER OG ANTAGELSER

Dette memoet bygger videre på memo 521 hvor alt grunnlag og forutsetninger finnes. Alle relevante kontroller/beregninger som er angitt i memo 521 må gjennomføres også ved bruk av BSF i par. Disse gjentas ikke, men antas kjent og forstått.

Dette memoet viser kun de ekstra kontroller som må utføres ved bruk av BSF i par. Beregningene og den dertil hørende armering er å betrakte som et eksempel som illustrerer dimensjoneringsmodellen. Siden bjelkegeometri og betongkvalitet vil variere fra tilfelle til tilfelle kan det være aspekter ved lastoverføringen som ikke er dekket i dette memoet.

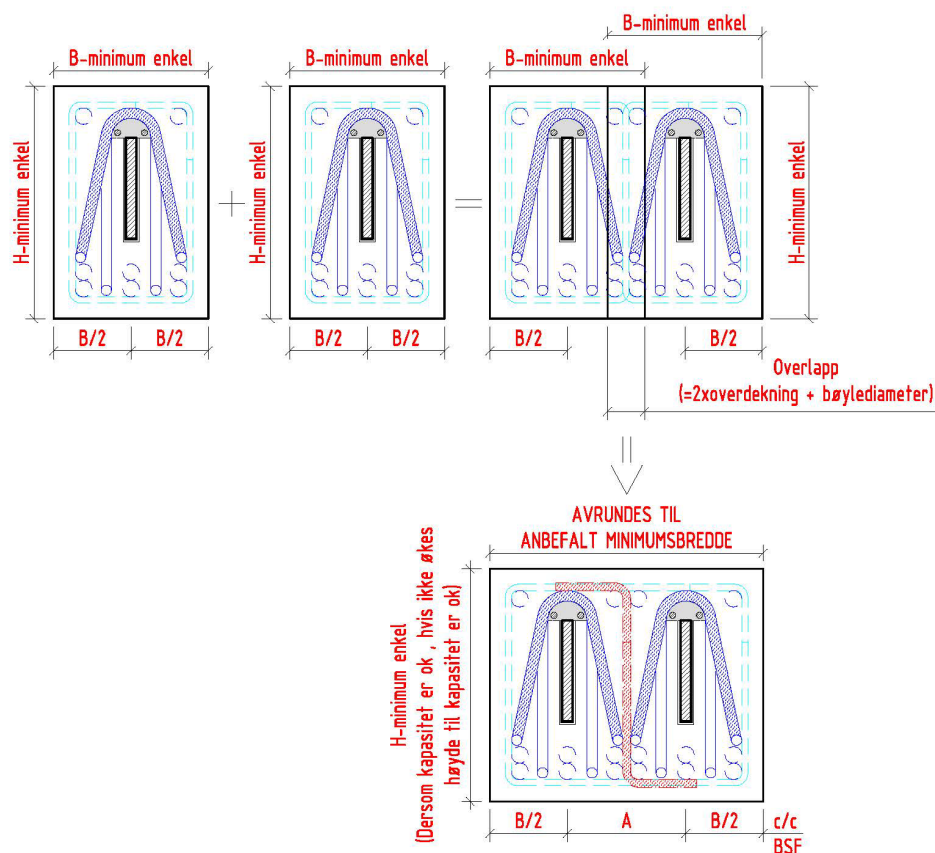
Informasjonen som finnes her forutsetter at dimensjoneringen av elementene og bruken av enhetene i konstruktive elementer gjennomføres under overoppsyn av en konstruktør med kunnskap om virkemåten til betongkonstruksjoner og kjennskap til relevante standarder.

DEL 2 DIMENSJONERINGSPRINSIPPER - ARMERING AV BSF I PAR

2.1 BJELKE

Se også tilsvarende kapittel i memo 521.

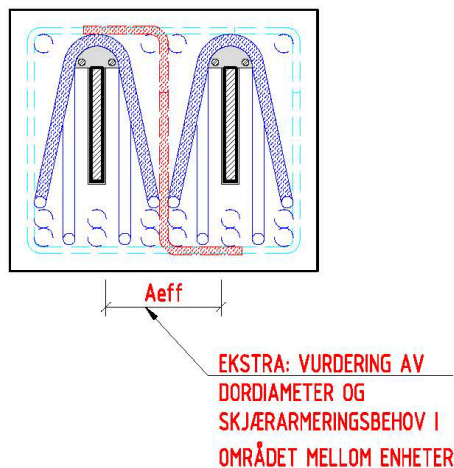
Ved bestemmelse av anbefalt minimumsbjelke for bruk av parvise enheter benyttes tankegangen som vist i Figur 1. Det tas utgangspunkt i anbefalt minimums bjelkedimensjoner for en enkel enhet. Minimumshøyde for parvise enheter vil i utgangspunktet være den samme som for en enkel enhet dersom man har dobbel bjelkebredde. For å kunne utnytte full kapasitet for parvise enheter med minimum bjelkebredde må imidlertid bjelkehøyden økes. Dette skyldes at minimumsbredde for parvise enheter ikke er satt lik den dobbelte av bredden for en enkel enhet. Nødvendig bjelkehøyde vil fremgå fra beregningen. For bredden er det viktig at det er tilstrekkelig avstand mellom enhetene til at forankringsjernene får plass. Avstanden A velges slik at det er plass til forankringsbøylene med samme spredning som ved bruk av en enhet, samt plass til en skjærarmeringsbøyle mellom enhetene. Anbefalt minimumverdi for A finnes under kapittel for hver enkel enhet.



Figur 1: Prinsipiell fremgangsmåte ved bestemmelse av anbefalt minimum bjelkedimensjon og avstand mellom enheter.

Følgende ekstra kontroller i bjelken må utføres ved bruk av doble enheter:

Ved bruk av to enheter som vist i Figur 2 vil bjelkekassene dele tverrsnittet vertikalt og skape et eget område i midten av tverrsnittet. Kraftgangen i dette området skal kontrolleres spesielt. Halvparten av forankringskraften i hver av de to enhetene føres ned i området mellom enhetene. Den totale kraften som føres ned sentralt i bjelken blir dermed lik kraften fra en enhet.



Figur 2: Effektiv betongbredde mellom enheter.

1: Dordiameter på forankringsarmering:

På utsiden av enheten vil kreftene være som ved bruk av enkel enhet og nødvendig dordiameter vil være som beregnet i memo 521. Ekstra kontroll for området mellom BSF enhetene blir nødvendig siden effektiv betongbredde (A_{eff}) mellom enhetene er mindre enn effektiv minimum bjelkebredde angitt for enkel enhet, se Figur 2. Dette tilsier at midlere betongspenning blir større. Dette vil gjelde for forankringsbøyler både i fremkant og bakkant av enhetene. Formelverk for vurdering av dordiameter er som gitt i memo 521.

2: Skjærarmering/skjærtrykkbrudd.

Siden halvparten av kraften føres ned i midten av bjelken skal halvparten av skjærarmeringsbehovet plasseres mellom enhetene. Skjærtrykkbrudd skal også kontrolleres separat for området mellom enhetene.

For bred bjelke gjelder i tillegg EC2 pkt 9.2.2 (8). Anbefalt maksimal senteravstand mellom skjærarmering i tverretning: $s_{t,max}=0,75d$. Nasjonalt appendiks NA 9.2.2 gir $s_{t,max}=h'$.

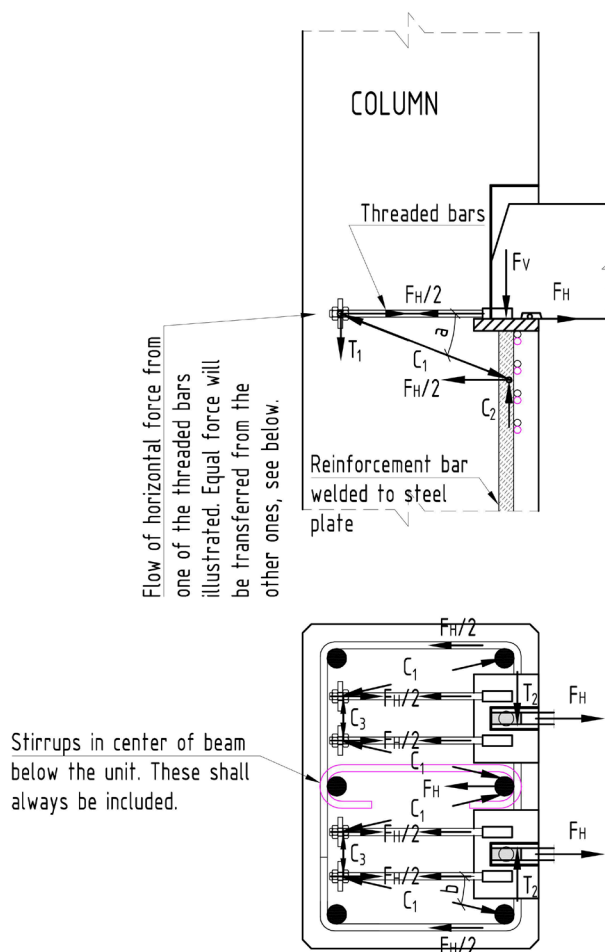
Eksemplene i dette memo vil ta utgangspunkt i anbefalt verdi 0,75d. Dersom dette kravet fører til at det ikke trengs sentrisk skjærarmoring bak enheten, anbefales likevel at det legges sentriske bøylor minst en lengde z bak enheten, eller på annen måte sikres at skjærkraften mellom enhetene blir overført ut til kantbøylene.

2.2 SØYLE

Se også tilsvarende kapittel i memo 521.

1: Ekstra bøylor i senter

Ved bruk av enkel BSF vil trykkdiagonalene C_1 fanges opp i hovedbøylene. Ved bruk av to BSF enheter ser man i Figur 3 at de to trykkdiagonalene C_1 som går mot senter av søylen samlet gir en horisontalkraft F_H mellom enhetene. (Tverrkraften vil balanseres). Denne kraften må ivaretas av bøylearmoring i dette området. Dette kan være f.eks. nåler eller smale lukkede bøylor. Søylen må også armeres for å føre kraften videre.



Figur 3: Prinsipiell kraftgang i søylen.

Nødvendig tverrsnittsareal på nåler/bøyer mellom enhetene (i underkant av platene):

$$A_s = \frac{F_H}{f_{yd}}$$

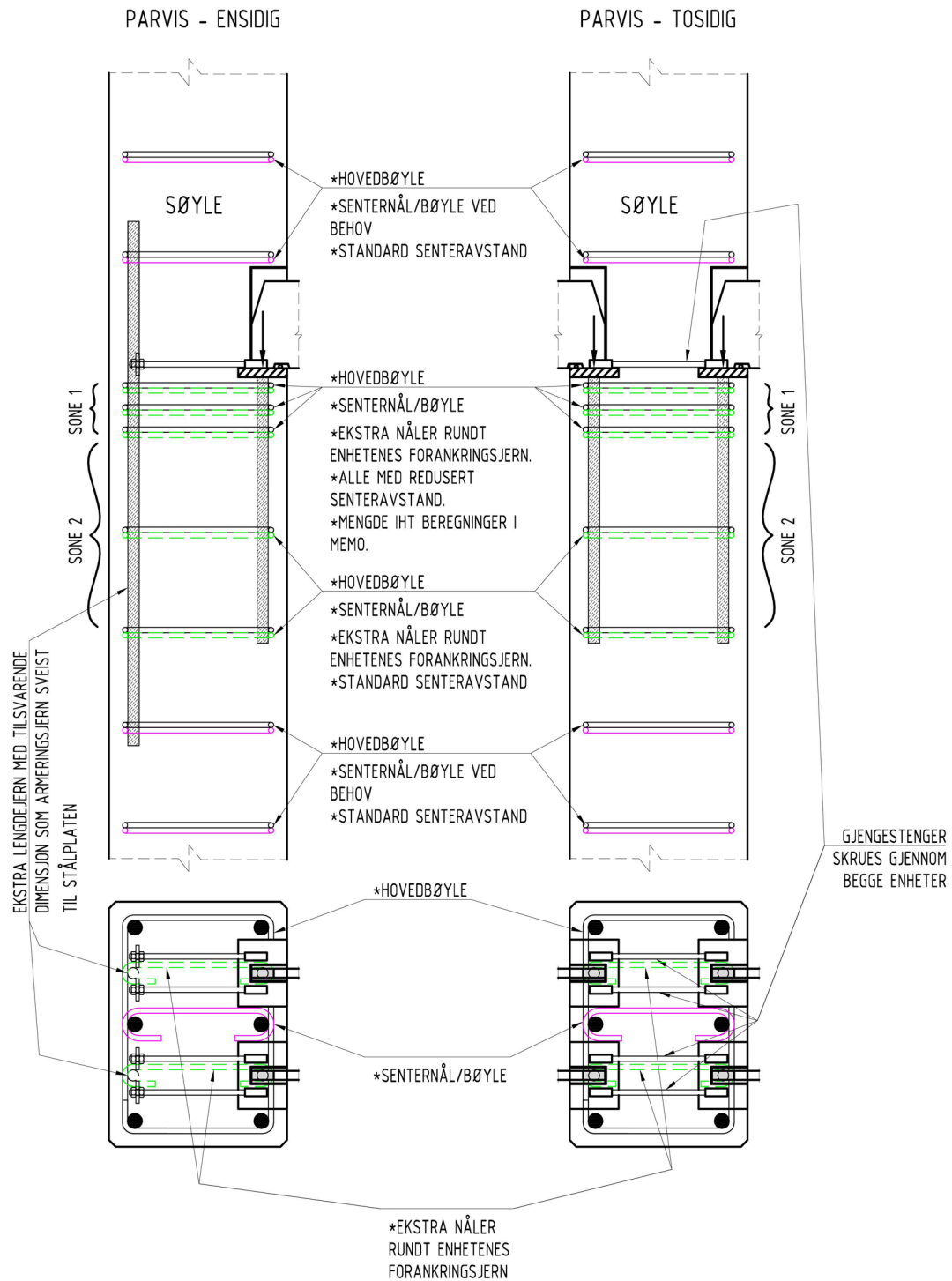
Nødvendig antall nåler (kan også utformes som bøyer):

$$n = \frac{A_s}{\pi \times \frac{\varnothing_{stirrup}^2}{4}}$$

2: Prinsipiell armering i søylen

Figur 4 sammenlignes med tilsvarende figur i Memo521.

Bruk av dobbel enhet vil kreve en bred søyle. Det anbefales derfor alltid lengdearmoring også mellom enhetene. Pga. stor avstand fra hjørnet vil det som oftest bli krav til at disse stengene avstives med ekstra bøyer/nåler, se EC2, pkt. 9.5.3. Uavhengig av senterstengenes behov for avstiving skal det i sone 1 rett under enhetene alltid legges nåler eller bøyer mellom enhetene for å fange opp horisontalkraften F_H . Det anbefales å legge slik armering også i sone 2, dvs. i hele forankringsjernenes lengde. I sone 1 og 2 skal samtidig legges ekstra nåler rundt forankringsjernene på stålplatene. Dette på samme måte som for bruk av enkel enhet. Høyde på sone 1 må vurderes utfra søylens geometri og fornuftig vinkel på kraftspredning, se memo 521 og EC2 pkt. 6.5.3.

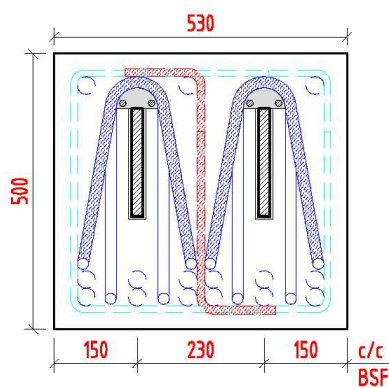


Figur 4: Prinsipiell armering i søylen.

DEL 3 - BSF 225 BRUKT I PAR

3.1 BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT

Se også memo 521. Figur 5 viser anbefalt minimum bjelkedimensjon og anbefalt plassering ved bruk av parvise enheter.



Figur 5: BSF 225 – Anbefalt minimumsbjelke og plassering ved bruk av parvise enheter.

3.2 BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING

Forankringskrefter, fra situasjon II, memo 521:

$$R_{vo}=340,2\text{kN (pr enhet)}$$

$$R_{vu}=115,2\text{kN (pr enhet)}$$

1) Vertikal forankringsarmering i front:

Minimum dordiameter mellom enhetene:

$$\varnothing_{mf,\min} = \frac{R_{vo}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{340200}{200 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 333\text{ mm}$$

b_{eff} = effektiv bjelketverrsnitt mellom enheter. $b=230\text{mm}-(10+5)\text{mm} \times 2=200\text{mm}$

\varnothing_{mf} = dordiameter.

Trykkdiagonal antatt i 45grader, se Del 2.

⇒ Velger: $\varnothing=320\text{mm}$

2) Vertikal forankringsarmering i bakkant:

Minimum dordiameter mellom enhetene:

$$\varnothing_{mb,\min} = \frac{R_{VU}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{115200}{200 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8 \text{MPa} \times 0,5} = 113 \text{mm}$$

⇒ Velger: $\varnothing=125\text{mm}$

(⇒Merk: Bruk av parvis enhet i en bjelke som vist over vil kreve økt dordiameter på forankringsjernene sammenlignet med bruk av enkel enhet.)

3.3 ARMERING AV BJELKEENDE

3.3.1 SKJÆRARMERING I BJELKEENDE

Bruker fagverksmodell med trykkdiagonal i 45°. Skjærkraften i første del av bjelken blir

$$V_{RD} = R_{V0} \times 2 = 340,2 \text{kN} \times 2 = 680,4 \text{kN}$$

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_{Rd,s}}{z \times f_{yd}} \approx \frac{340,2 \times 10^3 \text{ N} \times 2}{0,9 \times 0,426 \text{m} \times 435 \text{MPa}} = 4080 \text{mm}^2 / \text{m}$$

Antar bjelkehøyde $h=500\text{mm}$

Antar $d=426\text{mm}$

Antar $z=0,9d$

Maksimal avstand på skjærarmering i tverretning:

$$s_{t,\max} = 0,75 \times z = 0,75 \times 0,9 \times 426 \text{mm} = 288 \text{mm}$$

Halvparten av skjærarmeringsbehovet skal ligge mellom enhetene.

⇒ Velger $\varnothing 12\text{c}55$ nål i senter av bjelken = $2056 \text{mm}^2/\text{m}$

⇒ Velger å bruke hovedbøyler $\varnothing 10\text{c}55 = 2856 \text{mm}^2/\text{m}$

⇒ Totalt = $4912 \text{mm}^2/\text{m}$

Denne armeringen skal føres minst 200mm forbi enden av bjelkeenheten for og samtidig motvirke splittkreftene som kommer fra forankringen av horisontalkraft i gjengestengene. (Merk også anbefalingene i kapittel 2.1)

3.3.2 SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE

Bjelken som helhet:

Skjærtrykkkapasitet beregnes etter EC2, pkt 6.2.3

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times u_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$b_w = b_{bjelke} - b_{enhet}$$

$$\text{Antar bjelkebredde: } b_{bjelke} = 530 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow b_w = 530 \text{ mm} - 30 \text{ mm} \times 2 = 470 \text{ mm}$$

$$\text{Antar bjelkehøyde } h = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Antar } d = 426 \text{ mm}$$

$$\text{Antar } z = 0,9d$$

$$V_{Rd,max} = \{1,0 \times 470 \times 0,9 \times 426 \times 0,6 \times [1 - (35/250)] \times 19,8 / (1+1)\} \times 10^{-3}$$

$$V_{Rd,max} = 920 \text{ kN } (> V_{Rd} \Rightarrow \text{OK})$$

Området mellom enhetene:

$$\text{Effektiv bjelkebredde: } b_w = 230 \text{ mm} - 32 \text{ mm} = 198 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,max} = 920 \text{ kN} \times 198 \text{ mm} / 470 \text{ mm} = 388 \text{ kN } (> V_{Rd}/2 \Rightarrow \text{OK!})$$

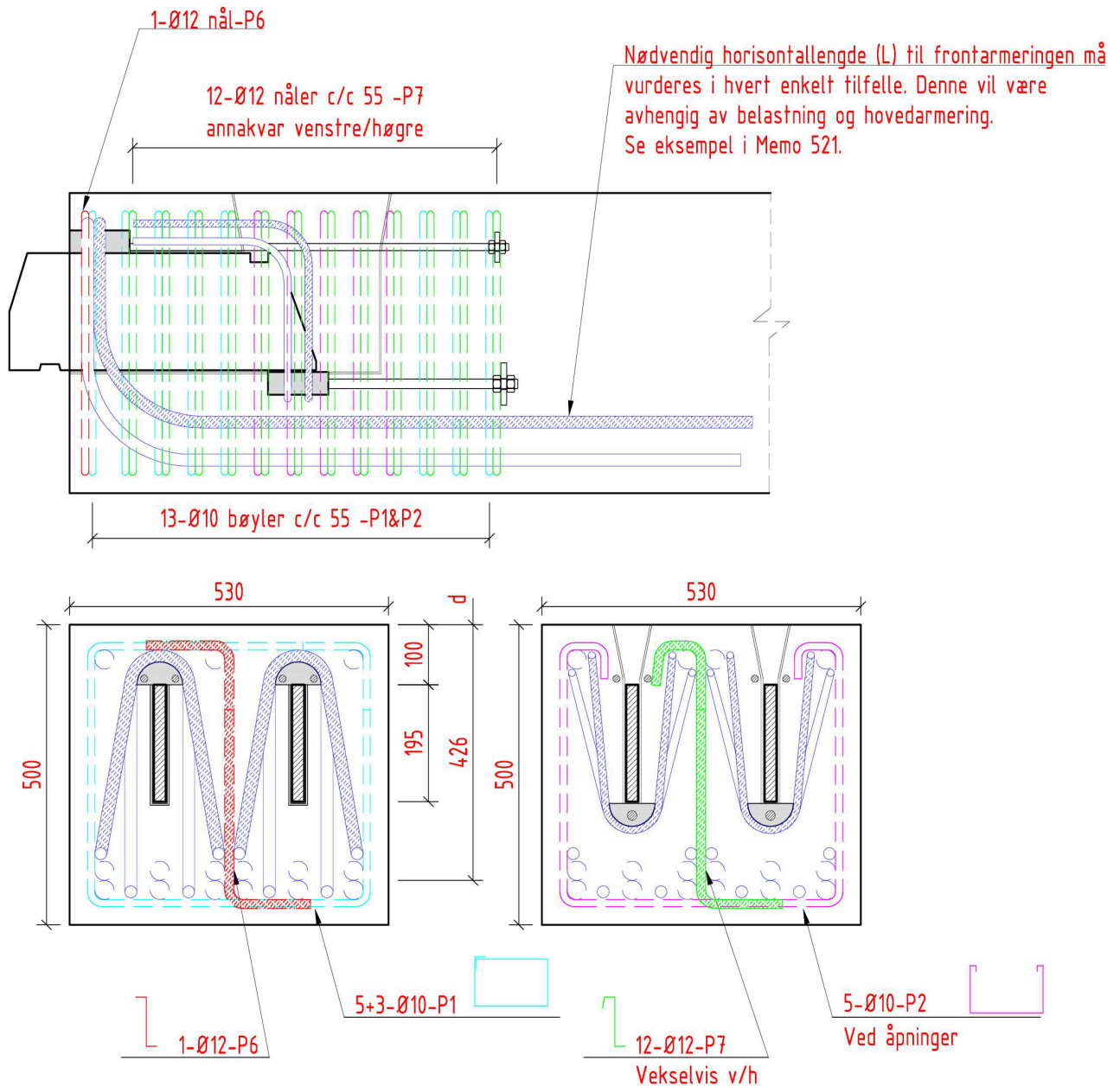
3.3.3 HORIZONTALARMERING I BJELKEENDE

I henhold til fagverksmodell, se Figur 6 i memo 521:

$$\frac{A_s}{s} = \frac{R_{VU}}{z \times f_{yd}}$$

NB. Dette representerer armeringsbehov pr. enhet. Lik mengde horisontalarmering må legges inn i underkant av begge enheter, se eksempel og beregning i Memo 521.

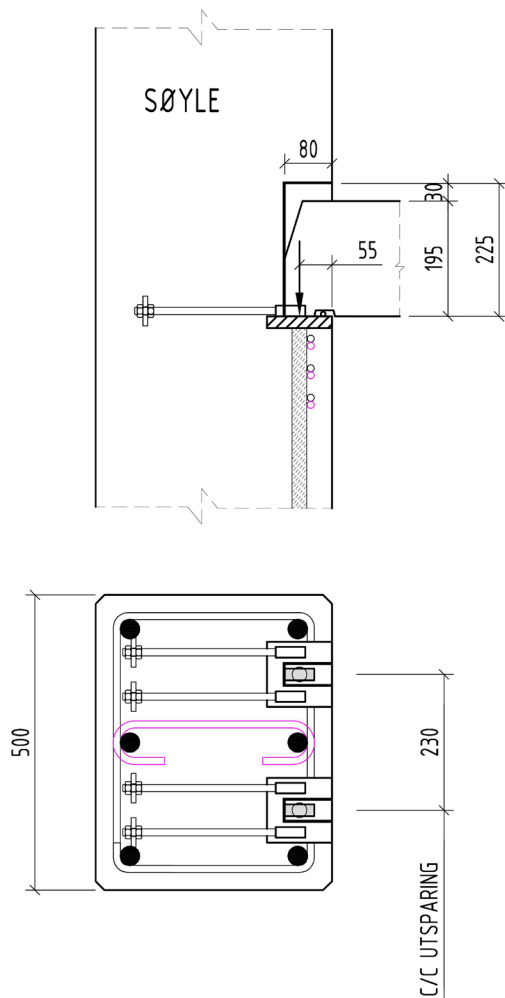
3.3.4 ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE



Figur 6: Armering i bjelkeenden.

3.4 SØYLE

Figur 7 viser anbefalt minimum søylebredde.



Figur 7: BSF225 – søleenhet. (Armering er ikke vist komplett)

3.4.1 ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN

Hovedbøyer:

Nødvendig tverrsnittsareal:
$$A_s = \frac{0,4 \times F_V}{f_{yd}} = \frac{0,4 \times 225000N}{435MPa} = 207mm^2$$

Nødvendig antall Ø10 bøyer:
$$n = \frac{207mm^2}{78mm^2} = 2,6 \Rightarrow 3$$

⇒ Tre hovedbøyer Ø10 i sone 1 er tilstrekkelig. Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

Senternåler:

Nødvendig tverrsnittsareal:
$$A_s = \frac{F_H}{f_{yd}} = \frac{67500}{435} = 155mm^2$$

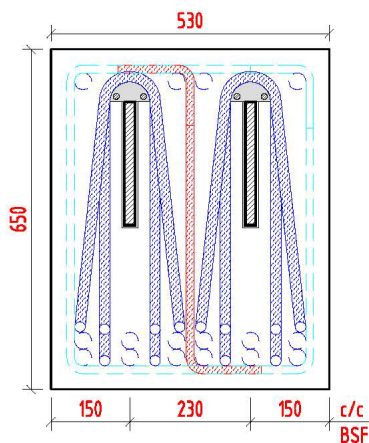
Nødvendig antall Ø10 nåler:
$$n = \frac{155mm^2}{78mm^2} = 1,99 \Rightarrow 2$$

⇒ Veger å bruke tre senternåler Ø10 i sone 1. Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

DEL 4 - BSF 300 BRUKT I PAR

4.1 BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT

Se også memo 521. Figur 8 viser anbefalt minimum bjelkedimensjon og anbefalt plassering ved bruk av parvise enheter.



Figur 8: BSF 300 – Anbefalt minimumsbjelke og plassering ved bruk av parvise enheter.

4.2 BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING

Forankringskrefter, fra situasjon II, memo 521:

$$R_{vo}=475,3\text{kN (pr enhet)}$$

$$R_{vu}=175,3\text{kN (pr enhet)}$$

1) Vertikal forankringsarmering i front:

Minimum dordiameter mellom enhetene:

$$\varnothing_{mf,\min} = \frac{R_{vo}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{475300}{200 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 465\text{ mm}$$

b_{eff} = effektiv bjelketverrsnitt mellom enheter. $b=230\text{mm}-(10+5)\text{mm} \times 2=200\text{mm}$

\varnothing_{mf} = dordiameter

Trykkdiagonal antatt i 45grader, se Del 2.

⇒ Velger: $\varnothing=500\text{mm}$

2) Vertikal forankringsarmering i bakkant:

Minimum dordiameter mellom enhetene:

$$\varnothing_{mb,\min} = \frac{R_{vu}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{175300}{200 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 172\text{ mm}$$

⇒ Velger: $\varnothing=200\text{mm}$.

(⇒Merk: Bruk av parvis enhet i en bjelke som vist over vil kreve økt dordiameter på forankringsjernene sammenlignet med bruk av enkel enhet.)

4.3 ARMERING AV BJELKEENDE

4.3.1 SKJÆRARMERING I BJELKEENDE

Bruker fagverksmodell med trykkdiagonal i 45°. Skjærkraften i første del av bjelken blir

$$V_{RD}=R_{vo} \times 2=475,3\text{kN} \times 2=950,6\text{kN}$$

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_{Rd,s}}{z \times f_{yd}} \approx \frac{475,3 \times 10^3 \text{ N} \times 2}{0,9 \times 0,573 \text{ m} \times 435 \text{ MPa}} = 4237 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Antar bjelkehøyde $h=650\text{mm}$

Antar $d=573\text{mm}$

Antar $z=0,9d$

Maksimal avstand på skjærarmoring i tverretning:

$$s_{t,max}=0,75 \times z=0,75 \times 0,9 \times 573 \text{ mm}=386 \text{ mm}$$

Halvparten av skjærarmeringsbehovet skal ligge mellom enhetene.

⇒ Velger Ø12c50 nål i senter av bjelken= $2262 \text{ mm}^2/\text{m}$

⇒ Velger å bruke hovedbøyler Ø12c100= $2262 \text{ mm}^2/\text{m}$

⇒ Totalt= $4524 \text{ mm}^2/\text{m}$

Denne armeringen skal føres minst 200mm forbi enden av bjelkeenheten for og samtidig motvirke splittkreftene som kommer fra forankringen av horisontalkraft i gjengestengene. (Merk også anbefalingene i kapittel 2.1)

4.3.2 SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE

Bjelken som helhet:

Skjærtrykkapasitet beregnes etter EC2, pkt 6.2.3

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times u_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$b_w = b_{bjelke} - b_{enhet}$$

Antar bjelkebredde: $b_{bjelke}=530\text{mm}$

$$\Rightarrow b_w = 530\text{mm} - 30\text{mm} \times 2 = 470\text{mm}$$

Antar bjelkehøyde $h=650\text{mm}$

Antar $d=573\text{mm}$

Antar $z=0,9d$

$$V_{Rd,max} = \{1,0 \times 470 \times 0,9 \times 573 \times 0,6 \times [1 - (35/250)] \times 19,8 / (1+1)\} \times 10^{-3}$$

$$V_{Rd,max} = 1238 \text{ kN} (>V_{Rd} \Rightarrow \text{OK})$$

Området mellom enhetene:

Effektiv bjelkebredde: $b_w=230\text{mm}-32\text{mm}=198\text{mm}$

$$V_{Rd,max} = 1238\text{kN} \times 198/470 = 521\text{kN} (>V_{Rd}/2 \Rightarrow \text{OK!})$$

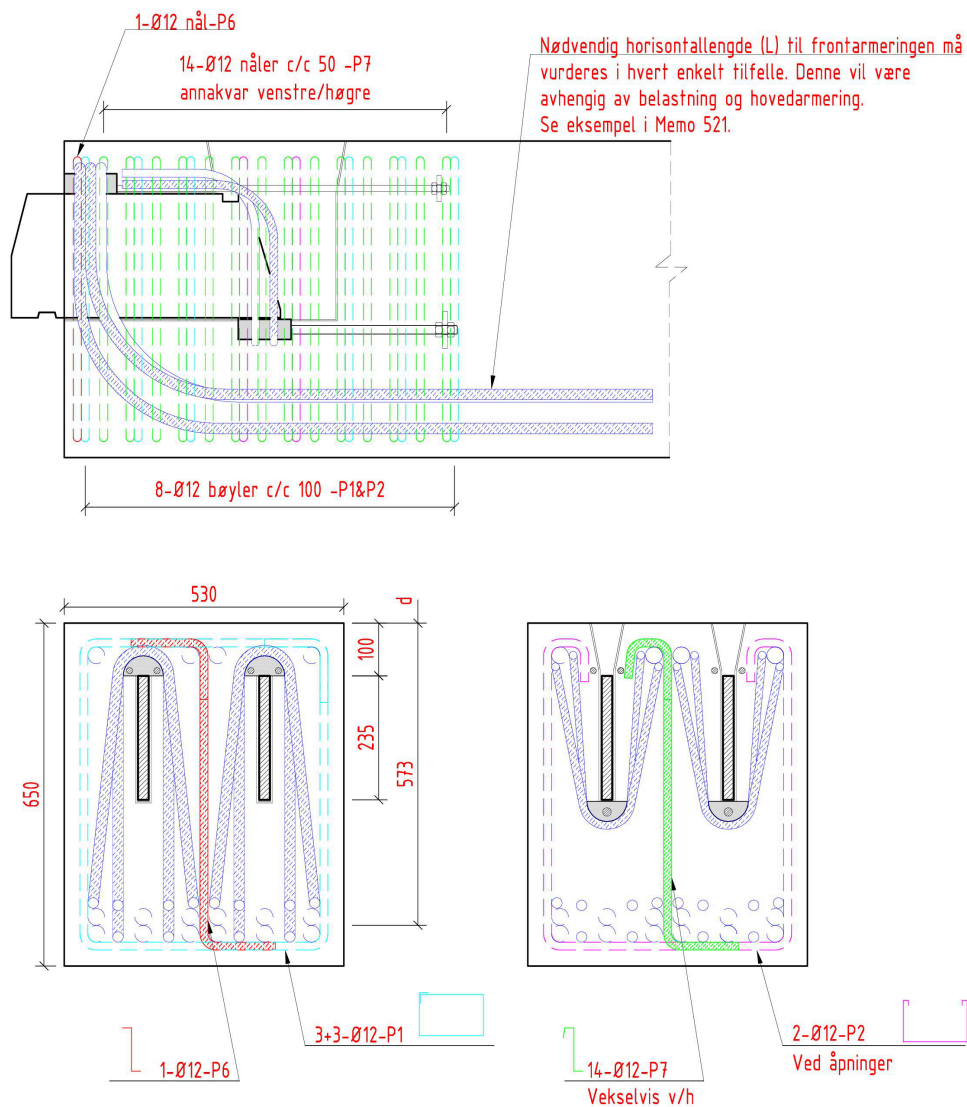
4.3.3 HORIZONTALARMERING I BJELKEENDE

I henhold til fagverksmodell, se Figur 6 i memo 521:

$$\frac{A_s}{s} = \frac{R_{vU}}{z \times f_{yd}}$$

NB. Dette representerer armeringsbehov pr. enhet. Lik mengde horisontalarmering må legges inn i underkant av begge enheter, se eksempel og beregning i Memo 521.

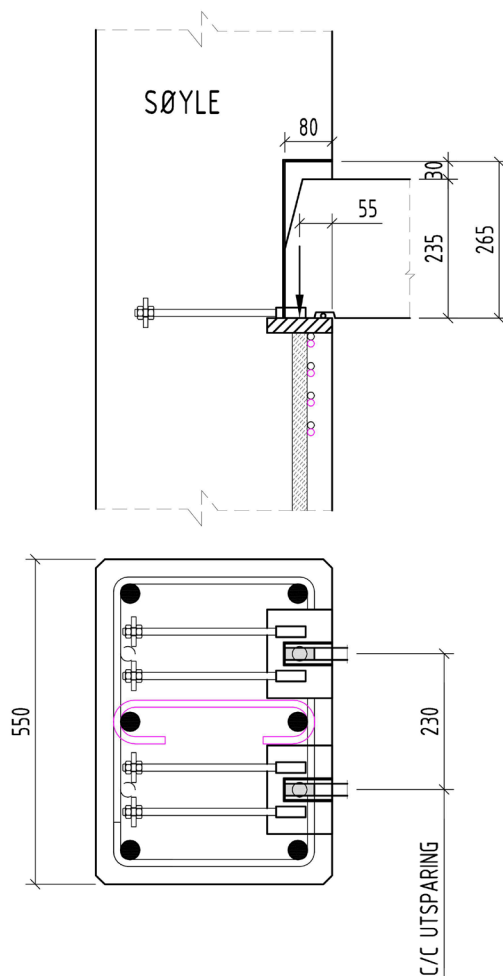
4.3.4 ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE



Figur 9: Armering i bjelkeenden.

4.4 SØYLE

Figur 10 viser anbefalt minimum søylebredde.



Figur 10: BSF300 - søleenhet. (Armering er ikke vist komplett.)

4.4.1 ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN

Hovedbøyer:

$$\text{Nødvendig tverrsnittareal: } A_s = \frac{0,4 \times F_V}{f_{yd}} = \frac{0,4 \times 300000 \text{ N}}{435 \text{ MPa}} = 276 \text{ mm}^2$$

Nødvendig antall Ø10 bøyer: $n = \frac{276mm^2}{78mm^2} = 3,5 \Rightarrow 4$

⇒ Fire hovedbøyer Ø10 i sone 1 er tilstrekkelig. Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

Senternåler:

Nødvendig tverrsnittsareal: $A_s = \frac{F_H}{f_{yd}} = \frac{90000}{435} = 207mm^2$

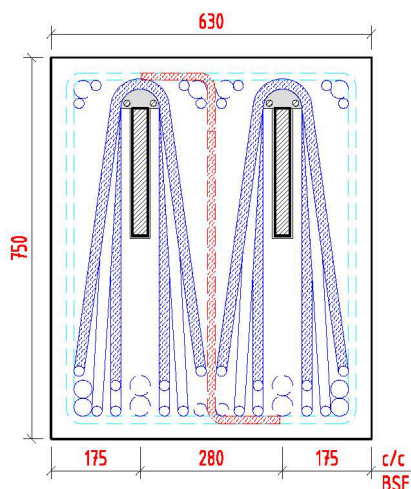
Nødvendig antall Ø10 bøyer: $n = \frac{207mm^2}{78mm^2} = 2,66 \Rightarrow 3$

⇒ Velger å bruke fire senternåler Ø10 i sone 1. Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

DEL 5 - BSF 450 BRUKT I PAR

5.1 BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT

Se også memo 521. Figur 11 viser anbefalt minimum bjelke­dimensjon og anbefalt plassering ved bruk av parvise enheter.



Figur 11: BSF 450 – Anbefalt minimumsbjelke og plassering ved bruk av parvise enheter.

5.2 BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING

Forankringskrefter, fra situasjon II, memo 521:

$$R_{vo}=681,7\text{kN (pr enhet)}$$

$$R_{vu}=231,7\text{kN (pr enhet)}$$

1) Vertikal forankringsarmering i front:

Minimum dordiameter mellom enhetene:

$$\varnothing_{mf,\min} = \frac{R_{VO}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{681700}{240 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 556 \text{ mm}$$

b_{eff} = effektiv bjelketverrsnitt mellom enheter. $b=280\text{mm}-(15+5)\text{mm} \times 2=240\text{mm}$

\varnothing_{mf} = dordiameter

Trykkdiagonal antatt i 45grader, se Del 2.

⇒ Velger: $\varnothing=550\text{mm}$

2) Vertikal forankringsarmering i bakkant:

Minimum dordiameter mellom enhetene:

$$\varnothing_{mb,\min} = \frac{R_{VU}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{231700}{240 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 190 \text{ mm}$$

⇒ Velger: $\varnothing=200\text{mm}$.

(⇒Merk: Bruk av parvis enhet i en bjelke som vist over vil kreve økt dordiameter på forankringsjernene sammenlignet med bruk av enkel enhet.)

5.3 ARMERING AV BJELKEENDE

5.3.1 SKJÆRARMERING I BJELKEENDE

Bruker fagverksmodell med trykkdiagonal i 45°. Skjærkraften i første del av bjelken blir

$$V_{RD}=R_{VO} \times 2=681,7\text{kN} \times 2=1363,4\text{kN}$$

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_{Rd,s}}{z \times f_{yd}} \approx \frac{681,7 \times 10^3 \text{ N} \times 2}{0,9 \times 0,665\text{m} \times 435\text{MPa}} = 5236\text{mm}^2 / \text{m}$$

Antar bjelkehøyde $h=750\text{mm}$

Antar $d=665\text{mm}$

Antar $z=0,9d$

Maksimal avstand på skjærarmering i tverretning:

$$s_{t,max}=0,75 \times z=0,75 \times 0,9 \times 665 \text{mm}=449 \text{mm}$$

Halvparten av skjærarmeringsbehovet skal ligge mellom enhetene.

⇒ Velger Ø12c40 nål i senter av bjelken= $2827 \text{ mm}^2/\text{m}$

⇒ Velger å bruke hovedbøyler Ø12c80= $2827 \text{ mm}^2/\text{m}$

⇒ Totalt= $5654 \text{ mm}^2/\text{m}$

Denne armeringen skal føres minst 200mm forbi enden av bjelkeenheten for og samtidig motvirke splittkreftene som kommer fra forankringen av horisontalkraft i gjengestengene. (Merk også anbefalingene i kapittel 2.1)

5.3.2 SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE

Bjelken som helhet:

Skjærtrykkapasitet beregnes etter EC2, pkt 6.2.3

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times u_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$b_w = b_{bjelke} - b_{enhet}$$

Antar bjelkebredde $b_{bjelke} = 630 \text{mm}$

$$\Rightarrow b_w = 630 \text{mm} - 40 \text{mm} \times 2 = 550 \text{mm}$$

Antar bjelkehøyde $h = 750 \text{mm}$

Antar $d = 665 \text{mm}$

Antar $z = 0,9d$

$$V_{Rd,max} = \{1,0 \times 550 \times 0,9 \times 665 \times 0,6 \times [1 - (35/250)] \times 19,8 / (1+1)\} \times 10^{-3}$$

$$V_{Rd,max} = 1680 \text{ kN} (> V_{Rd} \Rightarrow \text{OK})$$

Området mellom enhetene:

Effektiv bjelkebredde: $b_w = 280 \text{mm} - 40 \text{mm} = 240 \text{mm}$

$$V_{Rd,max} = 1680 \text{kN} \times 240 \text{mm} / 550 \text{mm} = 733 \text{kN} (> V_{Rd} / 2 \Rightarrow \text{OK!})$$

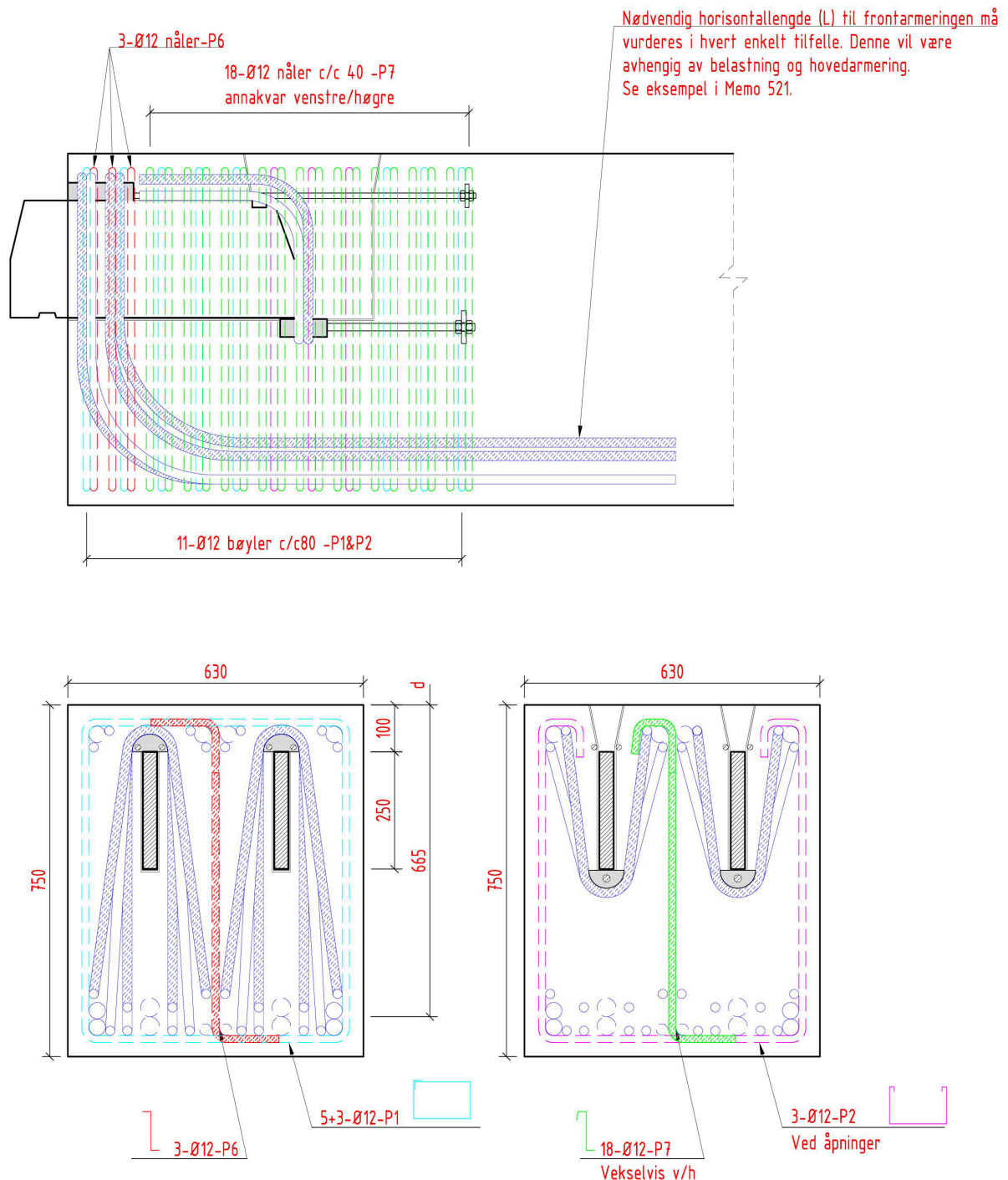
5.3.3 HORISONTALARMERING I BJELKEENDE

I henhold til fagverksmodell, se Figur 6 i memo 521:

$$\frac{A_s}{s} = \frac{R_{VU}}{z \times f_{yd}}$$

NB. Dette representerer armeringsbehov pr. enhet. Lik mengde horisontalarmering må legges inn i underkant av begge enheter, se eksempel og beregning i Memo 521.

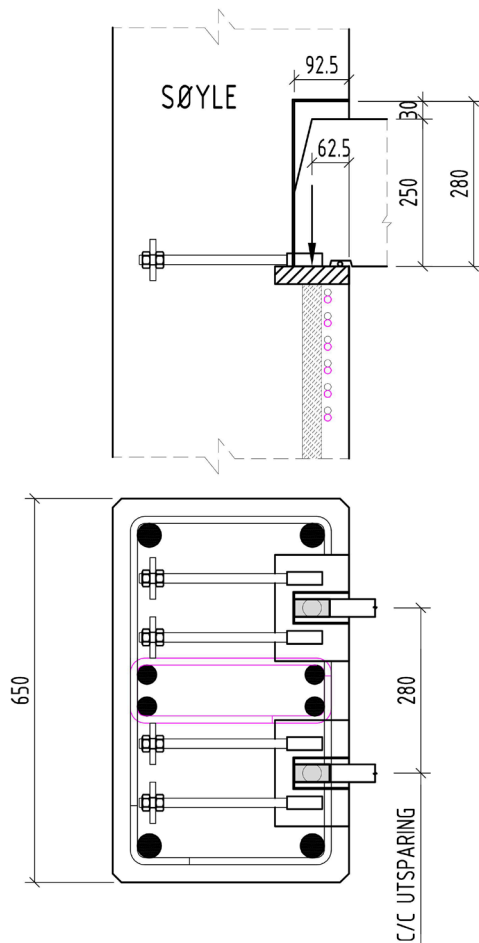
5.3.4 ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE



Figur 12: Armering i bjelkeenden.

5.4 SØYLE

Figur 13 viser anbefalt minimum søylebredde.



Figur 13: BSF450 søyleenhet. (Armering er ikke vist komplett)

5.4.1 ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN

Hovedbøyer:

$$\text{Nødvendig tverrsnittareal: } A_s = \frac{0,4 \times F_V}{f_{yd}} = \frac{0,4 \times 450000 \text{ N}}{435 \text{ MPa}} = 414 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nødvendig antall } \varnothing 10 \text{ bøyer: } n = \frac{414 \text{ mm}^2}{78 \text{ mm}^2} = 5,3 \Rightarrow 6$$

⇒ Seks hovedbøyer Ø10 i sone 1 er tilstrekkelig. Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

Senternåler:

Nødvendig tverrsnittsareal:
$$A_s = \frac{F_H}{f_{yd}} = \frac{135000}{435} = 310mm^2$$

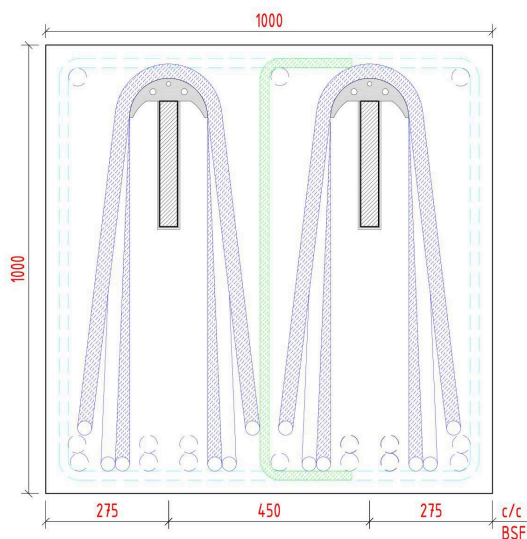
Nødvendig antall Ø10 snitt:
$$n = \frac{310mm^2}{78mm^2} = 3,98 \Rightarrow 4$$

⇒ Velger å bruke bøyer og ikke nåler. Trenger kun to bøyer Ø10 (gir fire snitt), men velger å bruke like mange senterbøyer som hovedbøyer i sone 1, dvs seks stk. Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

DEL 6 - BSF 700 BRUKT I PAR

6.1 BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT

Se også memo 521. Figur 14 viser anbefalt minimum bjelke­dimensjon og anbefalt plassering ved bruk av parvise enheter.



Figur 14: BSF 700 – Anbefalt minimumsbjelke og plassering ved bruk av parvise enheter.

6.2 BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING

Forankringskrefter, fra situasjon II, memo 521:

$$R_{vo}=1103\text{kN (pr enhet)}$$

$$R_{vu}=403\text{kN (pr enhet)}$$

1) Vertikal forankringsarmering i front:

Minimum dordiameter for jern mellom enhetene:

$$\varnothing_{mf,\min} = \frac{R_{VO}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{1103000}{400 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 540\text{ mm}$$

b_{eff} = effektiv bjelketverrsnitt mellom enheter. $b=450\text{mm}-(20+5)\text{mm} \times 2=400\text{mm}$

\varnothing_{mf} = dordiameter

Trykkdiagonal antatt i 45grader.

⇒ Velger: $\varnothing=640\text{mm}$

2) Vertikal forankringsarmering i bakkant:

Minimum dordiameter for jern mellom enhetene:

$$\varnothing_{mb,\min} = \frac{R_{VU}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{403000}{400 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 198\text{ mm}$$

⇒ Velger: $\varnothing=200\text{mm}$

(⇒Merk: Bruk av parvis enhet i en bjelke som vist over vil kreve økt dordiameter på forankringsjernene sammenlignet med bruk av enkel enhet.)

6.3 ARMERING AV BJELKEENDE

6.3.1 SKJÆRARMERING I BJELKEENDE

Bruker fagverksmodell med trykkdiagonal i 45°. Skjærkraften i første del av bjelken blir

$$V_{RD}=R_{VO} \times 2=1103\text{kN} \times 2=2206\text{kN}$$

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_{Rd,s}}{z \times f_{yd}} \approx \frac{1103 \times 10^3 \text{ N} \times 2}{0,9 \times 0,910\text{m} \times 435\text{MPa}} = 6192\text{mm}^2 / \text{m}$$

Antar bjelkehøyde $h=1000\text{mm}$

Antar $d=910\text{mm}$

Antar $z=0,9d$

Maksimal avstand på skjærarmoring i tverretning:

$$s_{t,\max}=0,75 \times z=0,75 \times 0,9 \times 910\text{mm}=614\text{mm}$$

Halvparten av skjærarmeringsbehovet skal ligge mellom enhetene.

⇒ Velger Ø16c60 nål i senter av bjelken= $3351\text{ mm}^2/\text{m}$

⇒ Velger å bruke hovedbøyler Ø16c120= $3351\text{ mm}^2/\text{m}$

⇒ Totalt= $6702\text{ mm}^2/\text{m}$

Denne armeringen skal føres minst 200mm forbi enden av bjelkeenheten for og samtidig motvirke splittkreftene som kommer fra forankringen av horisontalkraft i gjengestengene. (Merk også anbefalingene i kapittel 2.1)

6.3.2 SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE

Bjelken som helhet:

Skjærtrykkkapasitet beregnes etter EC2, pkt 6.2.3

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times u_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$b_w = b_{\text{bjelke}} - b_{\text{enhet}}$$

$$\text{Antar bjelkebredde } b_{\text{bjelke}} = 1000\text{mm}$$

$$\Rightarrow b_w = 1000\text{mm} - 50\text{mm} \times 2 = 900\text{mm}$$

$$\text{Antar bjelkehøyde } h = 1000\text{mm}$$

$$\text{Antar } d = 910\text{mm}$$

$$\text{Antar } z = 0,9d$$

$$V_{Rd,\max} = \{1,0 \times 900 \times 0,9 \times 910 \times 0,6 \times [1 - (35/250)] \times 19,8 / (1+1)\} \times 10^{-3}$$

$$V_{Rd,\max} = 3765\text{ kN} (>V_{Rd} \Rightarrow \text{OK})$$

Området mellom enhetene:

$$\text{Effektiv bjelkebredde: } b_w = 450\text{mm} - 50\text{mm} = 400\text{mm}$$

$$V_{Rd,\max} = 3765\text{kN} \times 400\text{mm} / 900\text{mm} = 1673\text{kN} (>V_{Rd}/2 \Rightarrow \text{OK!})$$

6.3.3 HORIZONTALARMERING I BJELKEENDE

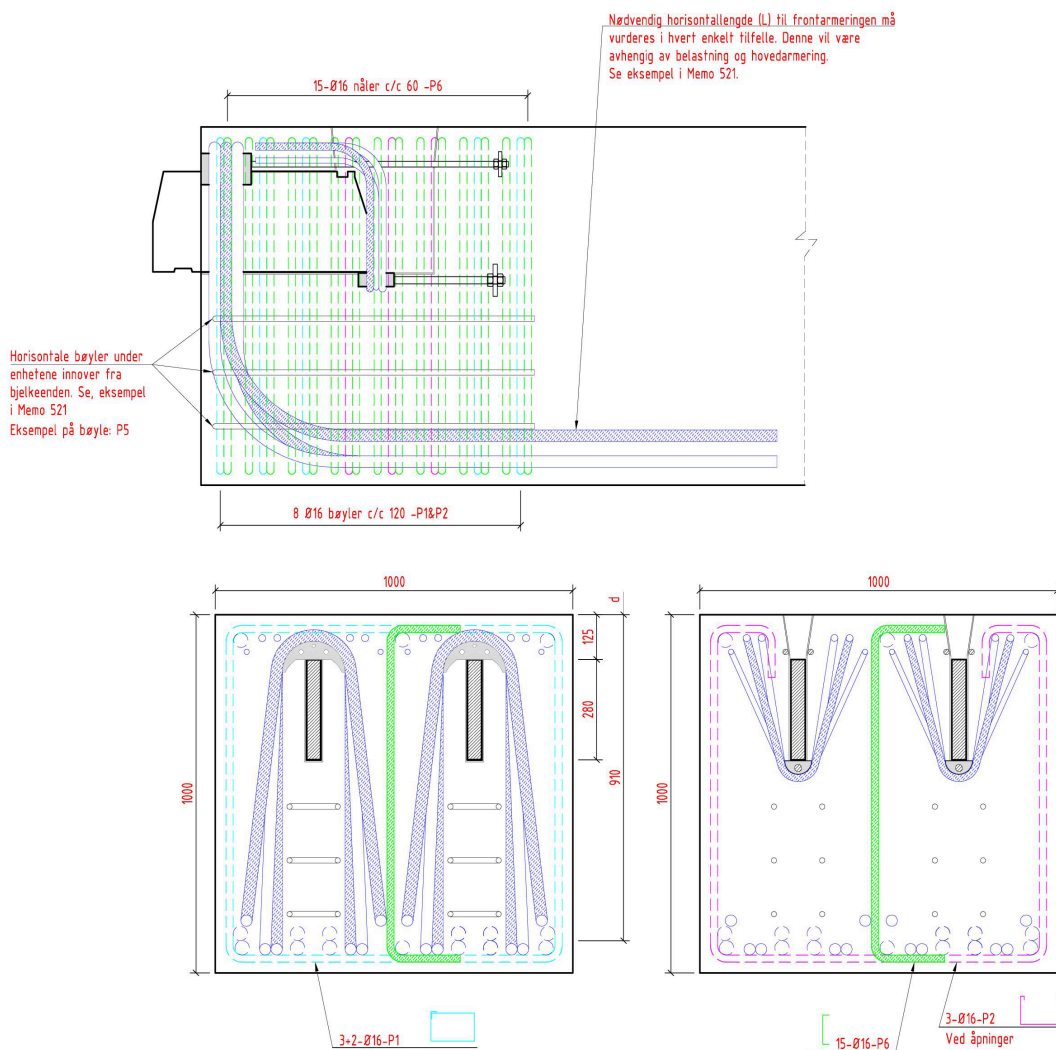
I henhold til fagverksmodell, se Figur 6 i memo 521:

$$\frac{A_s}{s} = \frac{R_{VU}}{z \times f_{yd}}$$

NB. Dette representerer armeringsbehov pr. enhet. Lik mengde horisontalarmering må legges inn i underkant av begge enheter, se eksempel og beregning i Memo 521.

⇒Merk: Horisontale bøylar er alltid anbefalt for denne enheten.

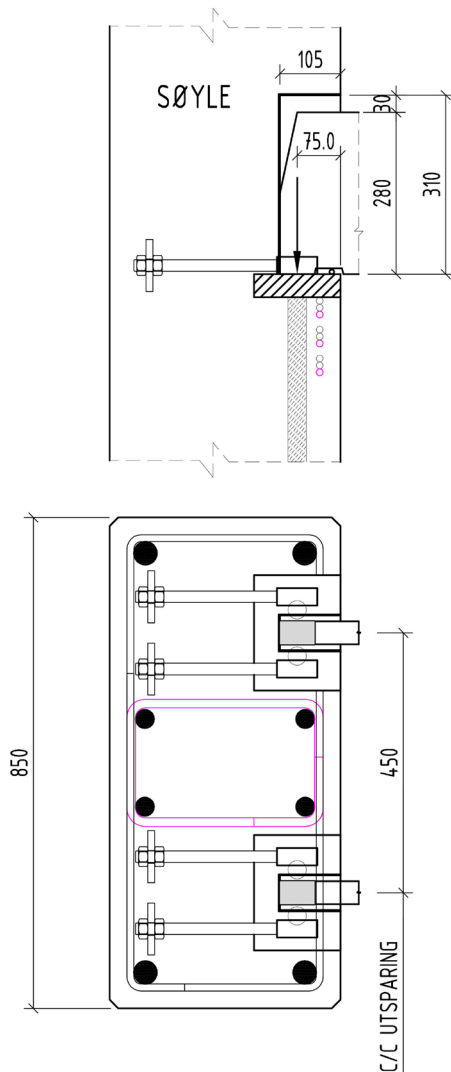
6.3.4 ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE



Figur 15: Armering i bjelkeenden.

6.4 SØYLE

Figur 16 viser anbefalt minimum søylebredde.



Figur 16: BSF700 søyleenhet. (Armering er ikke vist komplett)

6.4.1 ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN

Hovedbøyer:

$$\text{Nødvendig tverrsnittareal: } A_s = \frac{0,4 \times F_V}{f_{yd}} = \frac{0,4 \times 700000 \text{ N}}{435 \text{ MPa}} = 644 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nødvendig antall } \varnothing 12 \text{ bøyer: } n = \frac{644 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 5,7 \Rightarrow 6$$

⇒ Tre doble Ø12 i sone 1 er tilstrekkelig. Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

Senternåler:

Nødvendig tverrsnittsareal:
$$A_s = \frac{F_H}{f_{yd}} = \frac{210000}{435} = 483\text{mm}^2$$

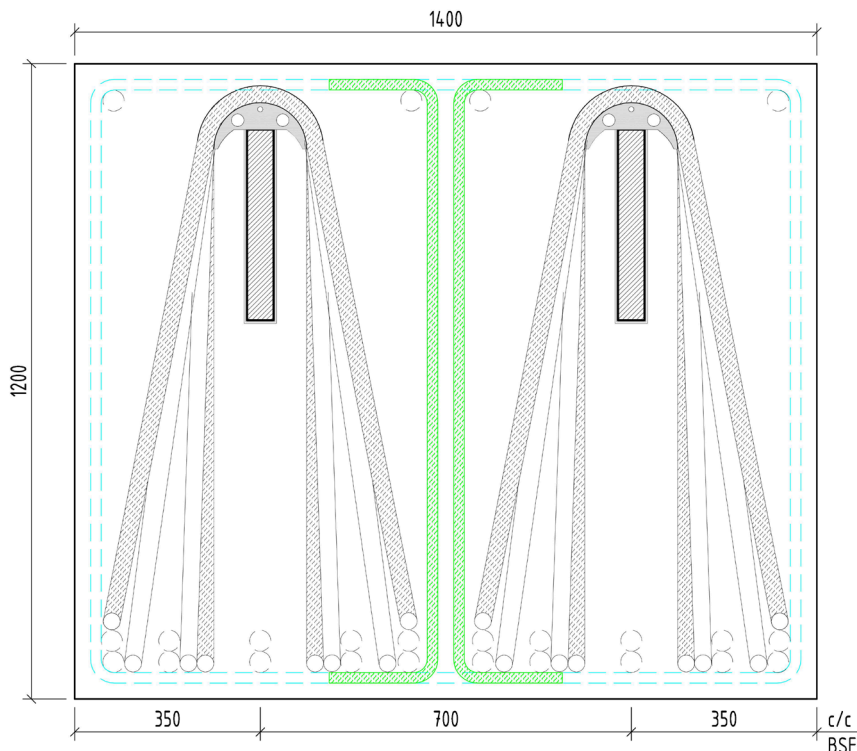
Nødvendig antall Ø12 snitt:
$$n = \frac{483\text{mm}^2}{113\text{mm}^2} = 4,27 \Rightarrow \approx 5$$

⇒ Velger å bruke bøyer og ikke nåler. Trenger tre bøyer Ø12 (gir seks snitt). Se avsnitt 0 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

DEL 7 - BSF 1100 BRUKT I PAR

7.1 BJELKE – ANBEFALT MINIMUMSTVERRSNITT

Se også memo 521. Figur 17 viser anbefalt minimum bjelke dimensjon og anbefalt plassering ved bruk av parvise enheter.



Figur 17: BSF 1100 – Anbefalt minimumsbjelke og plassering ved bruk av parvise enheter.

7.2 BJELKE – DORDIAMETER VERTIKAL FORANKRINGSARMERING

Forankringskrefter, fra situasjon II, memo 521:

$$R_{Vo}=1587\text{kN (pr enhet)}$$

$$R_{Vu}=487\text{kN (pr enhet)}$$

1) Vertikal forankringsarmering i front:

Minimum dordiameter for jern mellom enhetene:

$$\varnothing_{mf,min} = \frac{R_{Vo}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{1587000}{640 \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8 \times 0,5} = 485\text{mm}$$

b_{eff} = effektiv bjelketverrsnitt mellom enheter. $b=700\text{mm}-(25+5)\text{mm} \times 2=640\text{mm}$

\varnothing_{mf} = dordiameter

Trykkdiagonal antatt i 45grader.

⇒ Velger: $\varnothing=500\text{mm}$

2) Vertikal forankringsarmering i bakkant:

Minimum dordiameter for jern mellom enhetene:

$$\varnothing_{mb,min} = \frac{R_{Vu}}{b_{eff} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times 0,5} = \frac{487000\text{N}}{640\text{mm} \times 0,6 \times \left(1 - \frac{35}{250}\right) \times 19,8\text{MPa} \times 0,5} = 149\text{mm}$$

⇒ Velger: $\varnothing=200\text{mm}$

(⇒Merk: Bruk av parvis enhet i en bjelke som vist over vil kreve økt dordiameter på forankringsjernene sammenlignet med bruk av enkel enhet.)

7.3 ARMERING AV BJELKEENDE

7.3.1 SKJÆRARMERING I BJELKEENDE

Bruker fagverksmodell med trykkdiagonal i 45°. Skjærkraften i første del av bjelken blir:

$$V_{RD}=R_{Vo} \times 2=1587\text{kN} \times 2=3174\text{kN}$$

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_{Rd,s}}{z \times f_{yd}} \approx \frac{1587 \times 10^3 \text{N} \times 2}{0,9 \times 1,110\text{m} \times 435\text{MPa}} = 7304\text{mm}^2$$

Antar bjelkehøyde $h=1200\text{mm}$

Antar $d=1110\text{mm}$

Antar $z=0,9d$

Maksimal avstand på skjærarmering i tverretning:

$$s_{t,max}=0,75 \times z=0,75 \times 0,9 \times 1110 \text{ mm}=749 \text{ mm}$$

Halvparten av skjærarmeringsbehovet skal ligge mellom enhetene.

⇒ Velger to nåler Ø16c100 i senter av bjelken=4021 mm²/m

⇒ Velger å bruke hovedbøyler Ø16c100=4021 mm²/m

⇒ Totalt= 8042 mm²/m

Denne armeringen skal føres minst 200mm forbi enden av bjelkeenheten for og samtidig motvirke splittkreftene som kommer fra forankringen av horisontalkraft i gjengestengene. (Merk også anbefalingene i kapittel 2.1)

7.3.2 SKJÆRTRYKKBRUDDKONTROLL I BJELKEENDE

Bjelken som helhet:

Skjærtrykkapasitet beregnes etter EC2, pkt 6.2.3

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times u_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$b_w = b_{bjelke} - b_{enhet}$$

$$\text{Antar bjelkebredde } b_{bjelke} = 1400 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow b_w = 1400 \text{ mm} - 60 \text{ mm} \times 2 = 1280 \text{ mm}$$

$$\text{Antar bjelkehøyde } h = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Antar } d = 1110 \text{ mm}$$

$$\text{Antar } z = 0,9d$$

$$V_{Rd,max} = \{1,0 \times 1280 \times 0,9 \times 1110 \times 0,6 \times [1 - (35/250)] \times 19,8 / (1+1)\} \times 10^{-3}$$

$$V_{Rd,max} = 6532 \text{ kN } (>V_{Rd} \Rightarrow \text{OK})$$

Området mellom enhetene:

$$\text{Effektiv bjelkebredde: } b_w = 700 \text{ mm} - 60 \text{ mm} = 640 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,max} = 6532 \text{ kN} \times 640 \text{ mm} / 1280 \text{ mm} = 3266 \text{ kN } (>V_{Rd}/2 \Rightarrow \text{OK!})$$

7.3.3 HORIZONTALARMERING I BJELKEENDE

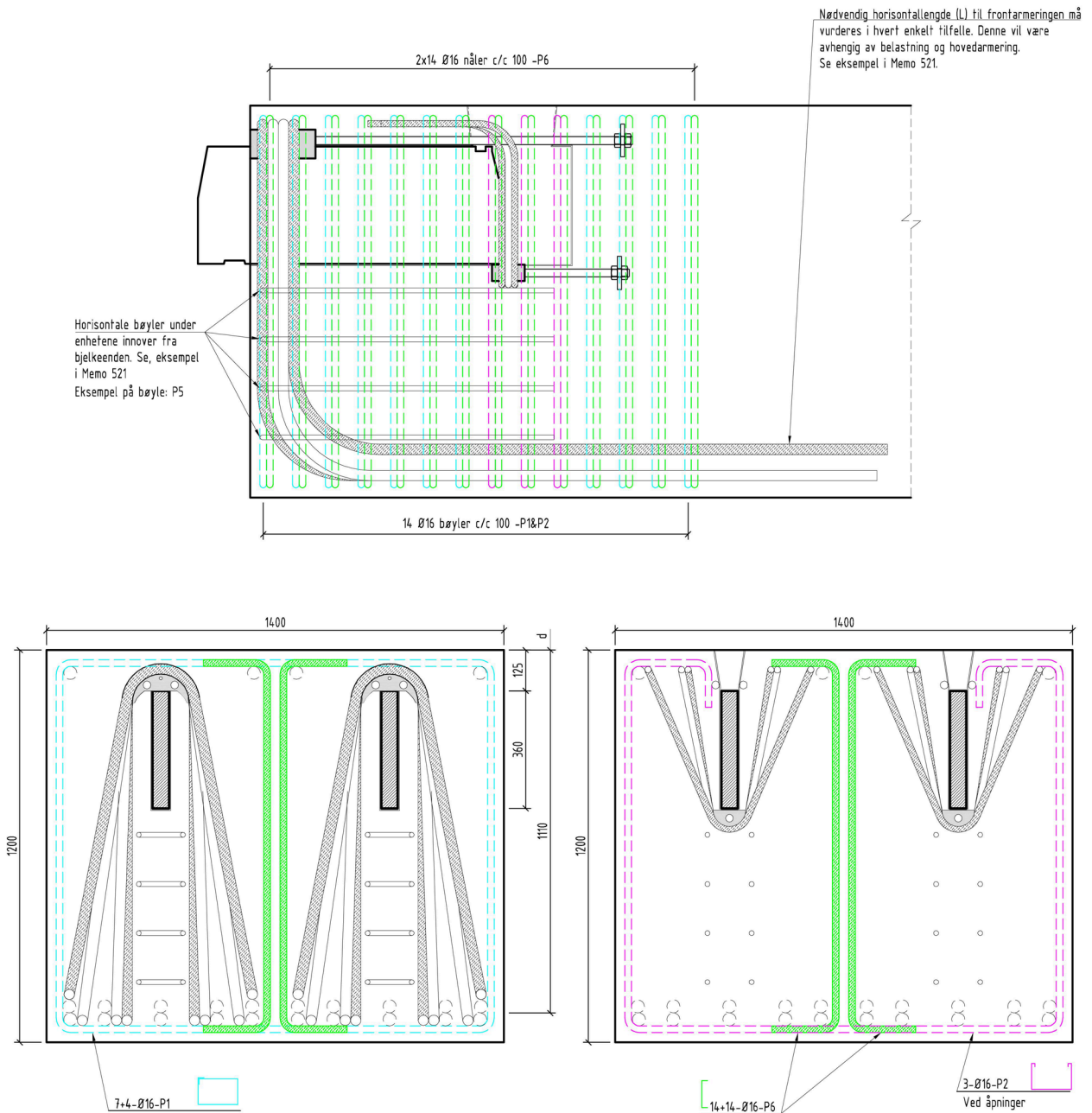
I henhold til fagverksmodell, se Figur 6 i memo 521:

$$\frac{A_s}{s} = \frac{R_{VU}}{z \times f_{yd}}$$

NB. Dette representerer armeringsbehov pr. enhet. Lik mengde horisontalarmering må legges inn i underkant av begge enheter, se eksempel og beregning i Memo 521.

⇒Merk: Horisontale bøyer er alltid anbefalt for denne enheten.

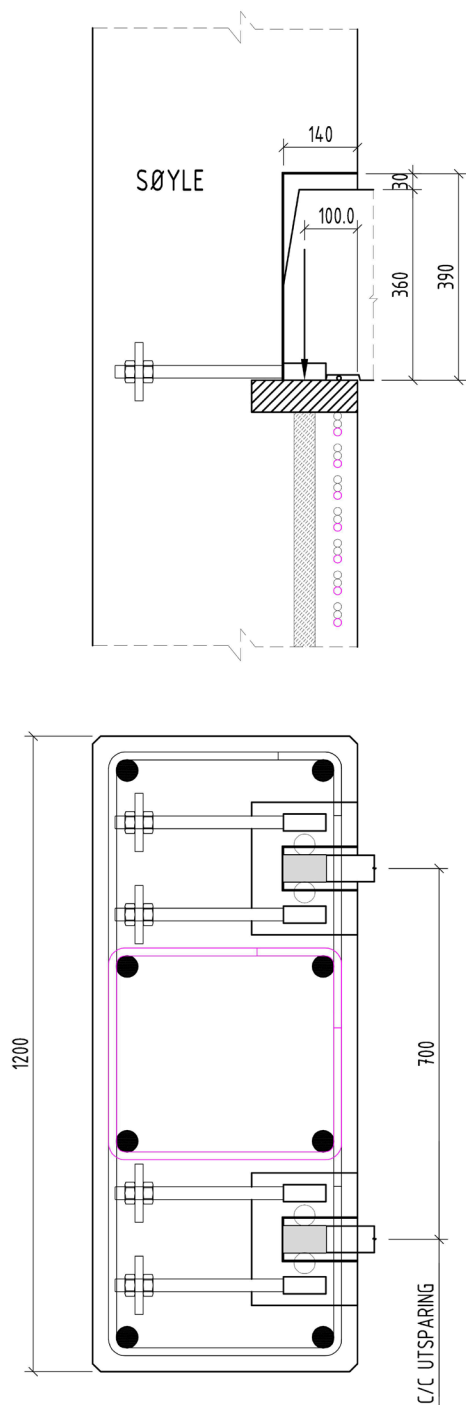
7.3.4 ILLUSTRASJON AV ARMERING I BJELKEENDE



Figur 18: Armering i bjelkeenden.

7.4 SØYLE

Figur 19 viser anbefalt minimum søylebredde.



Figur 19: BSF1100 søyleenhet. (Armering er ikke vist komplett)

7.4.1 ARMERING I SONE 1 UNDER SØYLEENHETEN

Hovedbøyer:

$$\text{Nødvendig tverrsnittsareal: } A_s = \frac{0,4 \times F_V}{f_{yd}} = \frac{0,4 \times 1100000 \text{ N}}{435 \text{ MPa}} = 1012 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nødvendig antall } \varnothing 12 \text{ bøyer: } n = \frac{1012 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 9$$

⇒ Tre doble Ø12 i sone 1 er tilstrekkelig. Se avsnitt 2.2 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

Senternåler:

$$\text{Nødvendig tverrsnittsareal: } A_s = \frac{F_H}{f_{yd}} = \frac{330000 \text{ N}}{435 \text{ MPa}} = 759 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nødvendig antall } \varnothing 12 \text{ snitt: } n = \frac{759 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 6,7 \Rightarrow 7$$

⇒ Velger å bruke bøyer og ikke nåler. Trenger fire bøyer Ø12 (gir åtte snitt). Se avsnitt 2.2 og Figur 4 for prinsipiell og anbefalt armeringsføring.

REVISJON	
Dato:	Beskrivelse:
21.10.2013	Første utgave.
17.03.2014	Utrekning i kapittel 5.2 oppdatert.
27.06.2014	Endret halvrundstål BSF700
19.08.2014	Endret plassering av M16 på halvrundstål i front BSF700
27.02.2015	Inkludert mutter på begge sider av stålplater på gjengestenger.
11.05.2016	Ny mal
14.02.2020	Oppdatert søylekasse. Inkludert BSF1100