

1 Bakgrunn

Dette vedlegget inneholder enkle statiske beregninger for å kontrollere at dagens GS-bru ved Nyhusom skole tilfredsstiller dagens krav til bæreevne. Dette med sikte på gjenbruk av dagens bru i forbindelse med en forlengelse av brua.

2 Laster

2.1 Permanente laster

Eigenlaster antas etter NS-EN 1990.

Stål:	$\rho = 77 \text{ kN/m}^3$	
Brurekkverk:	$q = 0,5 \text{ kN/m}$	(per side)
Dekke *:	$q = 0.34 \text{ kN/m}^2$	

*Antatt - etter tegn. K-20; 80mm «O-RIST TYPE 03 PANEL MED INNBUK ELLER TILSV».

2.2 Naturlaster

2.2.1 Snølast

Etter N400, pkt. 5.4.2, det regnes ikke med snølast og trafikklast samtidig på vegbruer og gangbruer (forutsatt snørydding).

Tillegg kontroll NS-EN 1991-1-3:

By: Otta Kommune: Sel

Snølast på mark, grunnverdier:

$$s_{k,0} = 3.5 \text{ kN/m}^2 \quad H_g = 350 \text{ m}$$

$$\Delta s_k = 1 \text{ kN/m}^2 \quad s_{k,max} = 6.5 \text{ kN/m}^2$$

Byggestedets høyde over havet:

$$H = 290 \text{ m}$$

$$H_g > H \rightarrow s_k = s_{k,0} = 3.5 \text{ kN/m}^2$$

Resulterende karakteristisk snølast på mark:

$$s_k = 3.5 \text{ kN/m}^2$$

Konstruksjonen antas å kunne betraktes som et flatt tak i et terreng med normal topografi.

Eksponeringskoeffisient

$$C_e = 1.0$$

NS-EN 1991-1-3, Tabell 5.1

Formfaktor iht.

$$\mu_1 = 0.8$$

NS-EN 1991-1-3, Tabell 5.2

Flatelast på brua:

$$s = s_k \cdot C_e \cdot \mu_1 = 2.8 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{snølast er ikke dominerende}$$

Vurderinger om brua skal brøytes:

- Snølast bruddgrense $1,5 \cdot 2.8 = 4,20 \text{ kN/m}^2$
- Trafikklast bruddgrense_v1 $1,35 \cdot 5 = 6,75 \text{ kN/m}^2$ antatt $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$
- Trafikklast bruddgrense_v2 $1,35 \cdot 2.7 = 3,65 \text{ kN/m}^2$
- antatt $q_{fk} = 2 + \frac{120}{L+30} = 2,7 \text{ kN/m}^2$ ($L = \text{ca. } 140 \text{ m}$)
- Snølast bruddgrense $4,20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot (2 + 2 \cdot 0,15)m = 9,66 \text{ kN/m}$
- Trafikklast bruddgrense_v1 $6,75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2m = 13,5 \text{ kN/m}$
- Trafikklast bruddgrense_v2 $3,65 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2m = 7,3 \text{ kN/m}$

Snølast alene vil ikke være dimensjonerende.

Konklusjon:

Det forutsettes at brua ikke dimensjoneres for snølast.

2.2.2 Vindlast

Vindlast beregnes etter håndbok N400 og NS-EN 1991-1-4. Iht. N400 pkt. 5.4.3.3 skal den ferdige brukonstruksjonen kontrolleres uten trafikklast i brudd- og bruksgrensetilstand for et vindfelt med returperiode på 50 år. Kontroll i utmattingsgrensetilstanden skal vurderes ikke i denne prosjektfase.

Bjelkebruer tilhører vindlastklasse I etter N400 pkt. 5.4.3.1. Vindlast på brukonstruksjoner i vindlastklasse I beregnes på grunnlag av kasthastighetstrykket, jfr. N400 pkt. 5.4.3.4. Brua forutsettes å ligge $z = 7,5 \text{ m}$ over terreng.

Vindkasthastighetstrykk er beregnet i Excel-ark, se Figur 1.

Norconsult		Dimensjonerende vindkasthastighetstrykk			
Sign.	Data/Date	Prosjekt/Project	Prosj.nr./Proj.no		
AnnOs	2020-04-01		5201668		
Kir./Child	Data/Date	Nyhøusom skole GS-bru			
BEREGNING AV VINDLAST ETTER NS-EN 1991-1-4					
Tillegg A.1	Inngangsdata				
	Kommune	Sel	Kommunenr. 517	Oppland fylke	
	Referansehastighet v_{REF}	22 m/s			
	Kategori nr.	II	Terrengruhet: Landbruksområde		
			k_T	z_0	z_{min}
			0,19	0,05	4
	Bygningens H_{hoh}	290,0 m	Område	H_0	H_{topp}
			1	900 moh	1500 moh
	Referansehøyden z_e	7,50 m			
	Beregnete faktorer				
Tillegg A.2	Retningsfaktor c_{RET}	1,00	for $c_{RET} \leq 1,0$ se Tillegg A.2		
Tillegg A.3	Årstidsfaktor c_{ARS}	1,00	for $c_{ARS} = 0,8$ se Tillegg A.3		
Tillegg A.4	Nivåfaktor c_{HOH}	1,00	$c_{HOH} = 1$ for $H \leq H_0$		
			$c_{HOH} = 1 + (V_0 - v_{REF}) \cdot (H - H_0) / (v_{REF} \cdot (H_{topp} - H_0))$ for $H_0 \leq H \leq H_{topp}$		
pkt. 5.1	Statistisk faktor c_{SAN}	1,00	returperiode 50 år		
pkt. 5.3	Terrengruhefaktor $c_t(z)$	0,952	$c_t(z) = k_T \ln(z/z_0)$ for $z_{min} \leq z \leq 200\text{m}$		
			$c_t(z) = k_T \ln(z/z_0)$ for $z < z_{min}$		
			se pkt. 5.4		
pkt. 5.4	Topografifaktor $c_{t1}(z)$	1,00	$I_v(z) = c_{Ht} \cdot k_T / [c_t(z) \cdot c_t(z)]$		
pkt. 5.4	Topografifaktor $c_{Ht}(z)$	1,00			
pkt. 6	Turbulensintensitet $I_v(z)$	0,1996			
Beregnete vindhastigheter					
pkt. 5.1	Basisvindhastighet v_b	22 m/s	$V_b = v_{REF} \cdot c_{RET} \cdot c_{ARS} \cdot c_{HOH} \cdot c_{SAN}$		
pkt. 5.2	Stedsvindhastighet $v_s(z)$	21 m/s	$V_s(z) = v_b \cdot c_t(z) \cdot c_{t1}(z)$		
pkt. 6	Vindkasthastighet $v_{kast}(z)$	32 m/s	$V_{kast}(z) = v_s(z) [1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z)]^{0.5}$, der $k_p = 3.5$		
Beregnet vindkasthastighetstrykk					
pkt. 6		$q_{kast}(z) = 0,66$ kN/m ²			

Figur 1 Vindkasthastighetstrykk beregninger

Forenklet beregning av vindlaster etter NS-EN 1991-1-4, kap. 8.3.2 og 8.3.3.

Horisontal X-retning (på tvers), se Figur 2

Bruoverbygningshøyde tilnærmet lik (8.3.1 (4)) :

Brubredde: (Fig. 8.1)

Referanseareal: (Fig. 8.3)

Forhold:

Kraftfaktor: (Fig. 8.3)

Vindkraft: (Kap.5.3(2) og 8.3.2)

Linjelast på dekke (jevnt fordelt) :

Vertikal Z-retning

Kraftfaktor: (Kap. 8.3.3)

Arealkraft: (Kap.8.3.3)

$$d_{tot} = 0.4 \text{ m} + 0.6 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$b = 2.3 \text{ m} \quad (\text{outside})$$

$$A_{ref} = d_{tot} \cdot l = 1 \text{ m} \cdot 140 \text{ m} = 140 \text{ m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 2.3$$

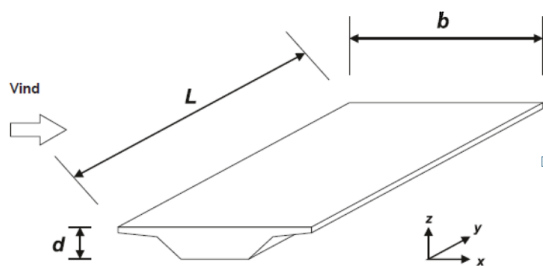
$$c_{fx} = 2.7$$

$$F_{wx} = c_s \cdot c_d \cdot c_{fx} \cdot q_{kast} \cdot A_{ref} = 248 \text{ kN}$$

$$F_{wx.dekke} = \frac{F_{wx}}{l} = 1.8 \text{ kN/m}$$

$$c_{fz} = 0.9 \quad (\text{ca.})$$

$$F_{wz} = c_s \cdot c_d \cdot c_{fz} \cdot q_{kast} = 0.59 \text{ kN/m}^2$$



Figur 2 Retninger for vindpåvirkninger på bruer - utklipp fra NS-EN 1991-1-4

2.2.3 Seismiske påvirkninger

Etter N400, pkt 5.4.9, den seismiske påvirkningen karakteriseres ved hjelp av seismiske sonekart for akselerasjon i berggrunn, gitt som spissverdien a_{g40Hz} [m/s^2] ved frekvens $n = 40 \text{ Hz}$. Seismiske soner i Norge er gitt i NS-EN 1998-1, NA.3.2.1.

Krav til analysemetode finnes ved hjelp av tabell NA.2(904) i NS-EN 1998-2. Denne bestemmes basert på konstruksjonens seismiske klasse og verdien av produktet $a_g \cdot S$. Etter NS-EN 1998-1, pkt. NA.3.2.1(4) er $a_g = \gamma_l \cdot (0,8 \cdot a_{g40Hz})$. I tillegg S er en parameter basert på byggestedets grunnforhold; se NS-EN 1998-1, Tabell NA.3.1 og NA.3.3.

Hoved data:

Seismisk klasse	I	NS-EN 1998-1, Tabell NA.2(901)
Seismisk faktor	$\gamma_l = 0,7$	NS-EN 1998-2, Tabell NA.2(903)
Spissverdi	$a_{g40Hz} = 0,3 \text{ m/s}^2$	NS-EN 1998-2, Figur NA.3(901)
Referansespissverdi	$a_{gR} = 0,8 \cdot a_{g40Hz} = 0,24 \text{ m/s}^2$	NS-EN 1998-2, Figur NA.3(901)
Grunntype	antar E (konservativt)	NS-EN 1998-2, Tabell NA.3.3
	$S = 1,65$	NS-EN 1998-2, Tabell NA.3.3
	$a_g \cdot S = \gamma_l \cdot a_{gR} \cdot S = 0,7 \cdot 0,24 \cdot 1,65 = 0,28 \text{ m/s}^2$	

Konklusjon:

Med verdiene angitt ovenfor, og etter NS-EN 1998-2, Tabell NA.2(904), ligger analysemetode i kategori 0. Det ikke stilles spesielle krav til valg av analysemetode.

Etter NS-EN 1998-1, pkt. 3.2.1(5)P er det ikke nødvendig å overholde bestemmelsene i NS-EN 1998, dersom $a_g \cdot S < 49 \text{ m/s}^2$ (svært lav seismisk aktivitet).

Det antas at det er ikke nødvendig med egen jordskjelvanalyse.

2.2.4 Andre naturlaster

Andre naturlaster som temperaturlaster, islaster etc. er ikke vurdert i denne prosjektfase.

2.3 Trafikkklaster

Trafikkklaster på gang- og sykkelbruer beregnes iht. NS-EN 1991-2.

Brua er 2m bredde, så har ikke plass til 1 lastfelt med bredde av 3 m. Det antas ikke kjøretøy last i denne prosjektfasen.

2.3.1 Vertikale trafikklaster

Jevnt fordelt last – Load Model 4

Etter NS-EN 1991-2, NA.5.3.2.1, lastmodell for oppsamling av folkemengder, representeres med en last:

$$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$$

2.3.2 Horisontale trafikklaster

Lengderetning

Etter NS-EN1991-2, NA.5.4, horisontale kraften settes lik:

10% av total jevnt fordelt last

$$Q_{flk,a} = 10\% \cdot q_{fk} \cdot L \cdot b = 0,1 \cdot 5 \cdot 140 \cdot 2 = 140 \text{ kN}$$

$$Q_{flk.linjelast} = 1 \text{ kN/m}$$

Horisontal kraft opptrer kun samtidig med vertikal kraft.

Tverretning

Horisontal kraft i tverretningen er ikke tatt hensyn til i denne prosjektfase.

2.3.3 Påkjøringslaster

Påkjøringslaster er ikke tatt hensyn til. Det antas avstand mellom hovedbjelke av brua og topp asfalt over 6.2m; etter N100.

3 Lastkombinasjoner

Baseres på NS-EN 1990 og håndbok N400.

3.1 Bruddgrensetilstand

I bruddgrensetilstand kombineres laster etter EC0, tabell NA.A2.4(B).

Tabell 3-1 Bruddgrense – dimensjonerende verdier

Last	Egenvekt	Dominerende variabel last	
		Trafikk	Vind
Ligning 6.10 a	1,35	0,95	1,12
Ligning 6.10 b	1,20	1,35	1,6

3.2 Bruksgrensetilstand

Kontrollen utføres i bruksgrensetilstand, kombinasjon ofte forekommende, jfr. HB N400 pkt. 3.6.1.

Tabell 3-2 Bruksgrense – dimensjonerende verdier

Last	Egenvekt	Dominerende variabel last	
		Trafikk	Vind
	1,0	0,7	0,6

3.3 Lasttilfeller og lastkombinasjoner

Valgt lasttilfeller og lastkombinasjoner er vist i Tabell 3-3 og Tabell 3-4

Tabell 3-3 Lasttilfeller

Last kategori	Numer	Lasttilfell
Permanent	1	Egenvekt
	2	Rekkverk
Trafiklast	3	Jevnt fordelt (vertikal)
	4	Linjelast (horisontal)
Vindlast	5	Jevnt fordelt (vertikal)
	6	Linjelast (horisontal)

Tabell 3-4 Lastkombinasjoner

Kombinasjon	Egenvekt	Trafikk	Vind
ULS 1 (a og b)	x	x	
ULS 2 (a og b)	x		x
SLS 1	x	x	
SLS 2	x		x
SLS 100	x		

4 FEM modell

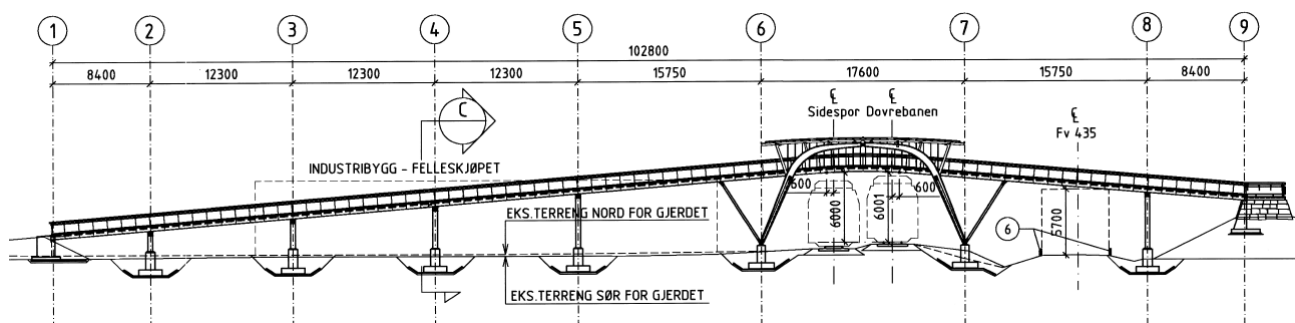
Forenklet modell av eksisterende brua er lagt i Robot Structural Analysis 2020.

4.1 Modell

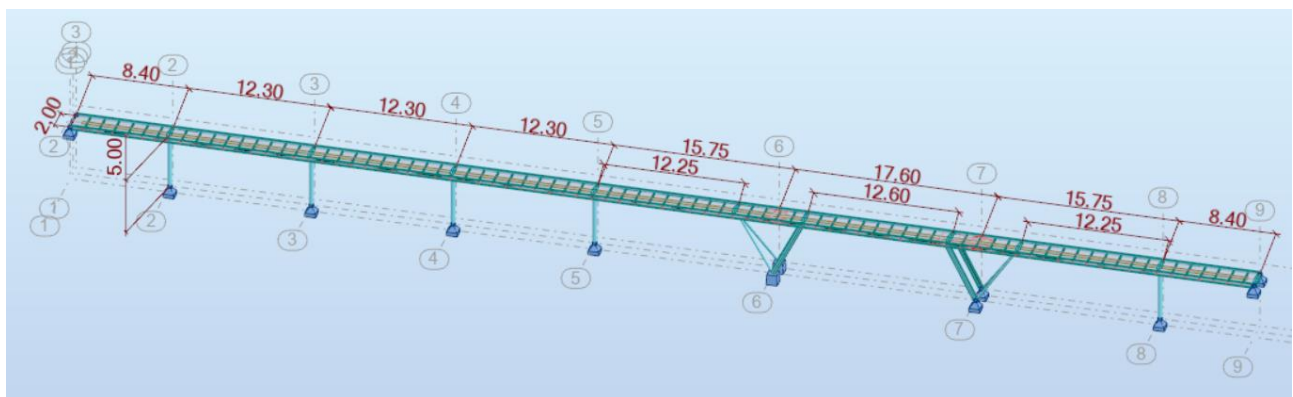
Utklipp av oppriss fra oversiktstegning av eksisterende brua er vist på Figur 3. Modell av brua er vist på Figur 4. Det er laget etter opprinnelige arbeidstegninger av brua, mer spesifikk, tegninger: K-01, K-02, K-10, K-12, K-13, K-20; K-21.

I modell det antas:

- innspent støtte i søyle i akse 6,
- fritt opplagt støtte i andre akse,
- «releases» i alle forbindelse mellom bjelker, og bjelker og søyler,
- dekke lagt på ett nivå – 5m over støtte,
- skrå bjelker/søyler mellom akse 6 og 7, lagt med den samme tverrsnitt som hovedbjelke (langs brua).



Figur 3 Oppriss av brua – utklipp fra tegn. K-01

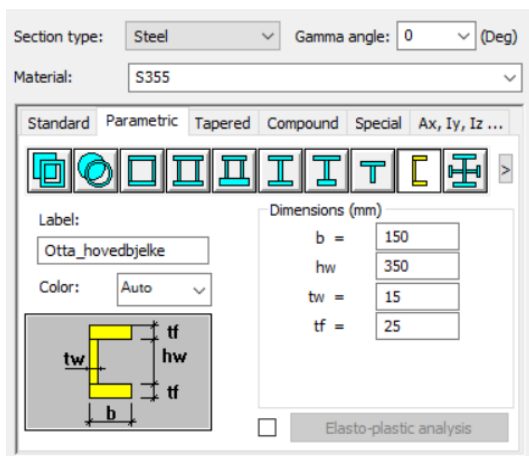


Figur 4 GS-bru i Otta – forenklet ROBOT modell.

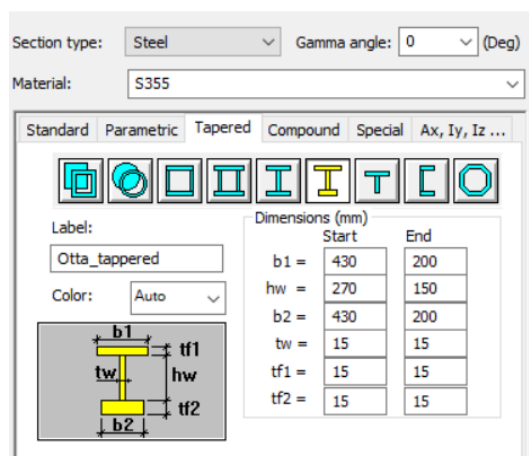
4.2 Materialer og tverrsnitt

Figur 5- Figur 10 viser materiale og tverrsnitt valgt i modell. Det antas at alle stål elementene er av S355. Dekke er modellert som tredekke av GL32. Denne antagelse er gjort pga. likende egenvekt av tre (som er enkel til å bruke i ROBOT) og stål plata brukt på brua. Tetthet av GL32 er 4.32 kN/m3 som gir ca. 0.35 kN/m2 med 60mm tykkelse.

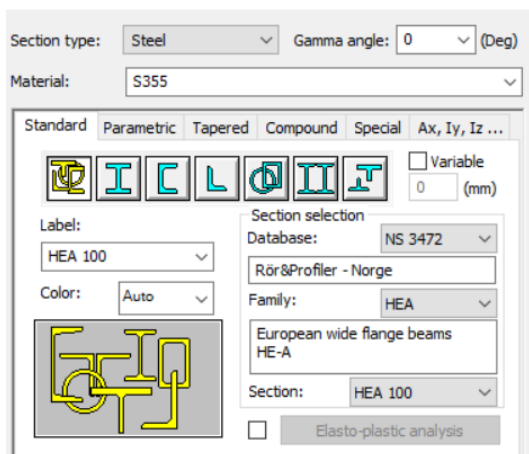
I tillegg er «bar element» nummer brukt i modell presentert under figur også.



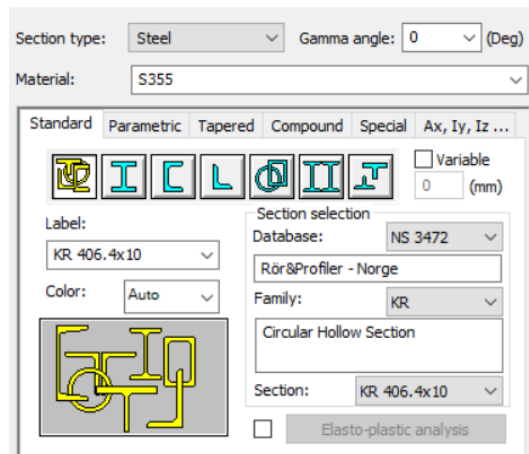
Figur 5 Hovedbjelke - material og tverrsnitt parametere; «bar elements» nummer 1-8 og 11-18. Skrå bjelker/søyler mellom akse 6 og 7- «bar elements» nummer 41-44.



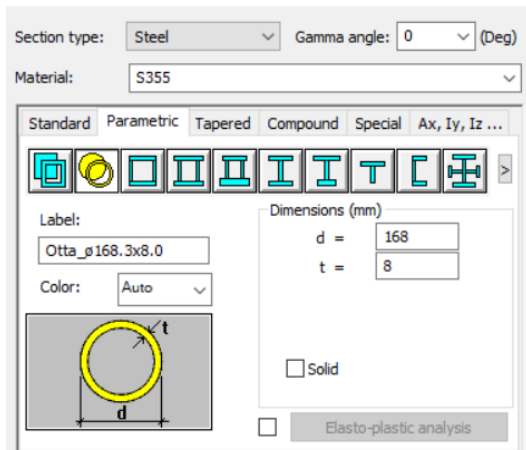
Figur 6 Tverrbjelke (tapered) - material og tverrsnitt parametere; «bar elements» nummer 51-70.



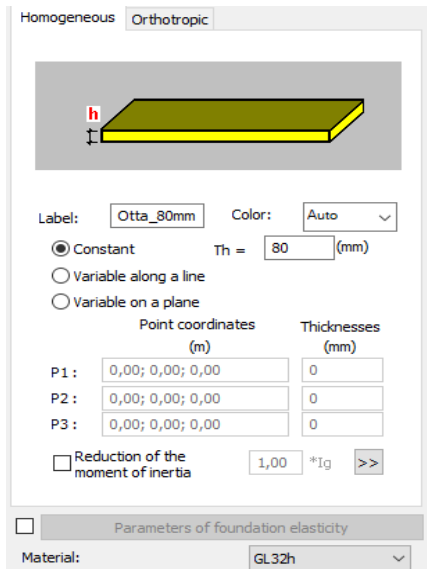
Figur 7 Tverrbjelke - material og tverrsnitt parametere; «bar elements» nummer 100-173.



Figur 8 Søyte (vertikal) - material og tverrsnitt parametere; «bar elements» nummer 21-25.



Figur 9 Søyle (skrå) - material og tverrsnitt parametere; «bar elements» nummer 31-34.

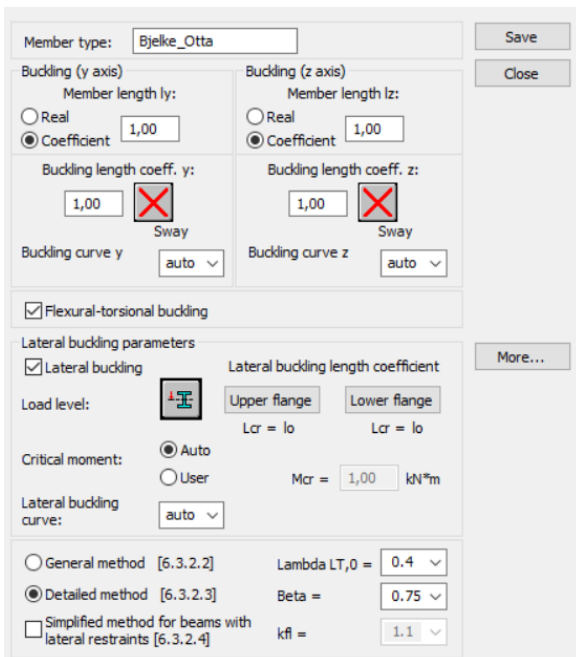


Figur 10 Dekke – material og tykkelse

4.3 Medlemsdefinisjon

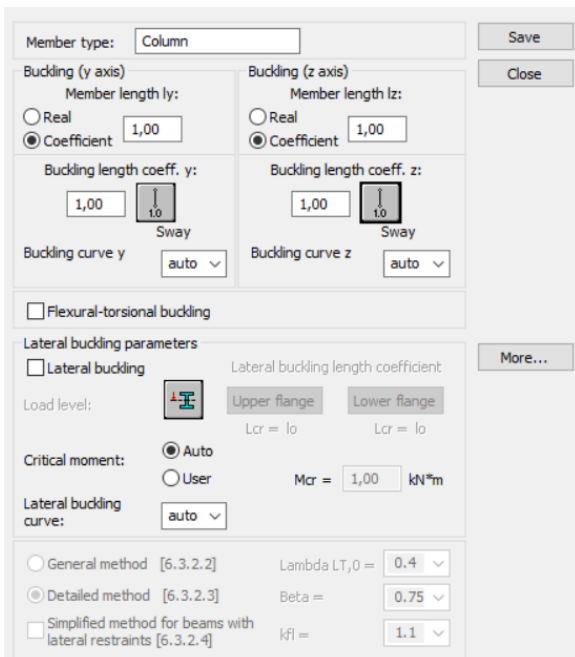
Valgt parameter av stål elementer i ROBOT er vist på Figur 11 og Figur 12. Det antas at knekking «buckling» skjer ikke i hovedbjelke pga. HEA tverrbjelker plassert langs brua (c/c ca. 1.25m, etter K-13). I tillegg, for tverrbjelker: HEA og tapered bjelker, det antas at laster er plassert på topp.

Member Definition - Parameters - NS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014



Figur 11 Medlemsdefinisjon av hovedbjelke i ROBOT

Member Definition - Parameters - NS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014

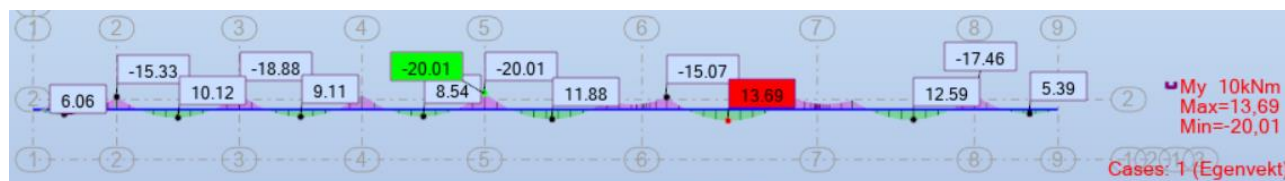


Figur 12 Medlemsdefinisjon av søyle i ROBOT

5 Resultater

5.1 Kontroll

Kontroll av resultatene er ved sammenligning av max bøyemoment over støtte oppnå fra ROBOT (se Figur 13) og håndberegninger, fra egenvekt.



Figur 13 Bøyemoment på hovedbjelke av brua – max.verdi over støtte er -20 kNm.

Største kraft på hovedbjelke:

$$A_{\text{hovedbjelke}} = 0.025 \cdot 150 + 0.015 \cdot 0.35 = 0.01275 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{hovedbjelke}} = 0.01275 \text{ m}^2 \cdot 77 \text{ kN/m}^3 = 0.982 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{HEA}} = 0.17 \text{ kN/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} / 1.25 \text{ m} = 0.136 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{dekke}} = 0.432 \text{ kN/m} \cdot 0.08 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 0.346 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{tot}} = q_{\text{hovedbjelke}} + q_{\text{HEA}} + q_{\text{dekke}} = 1.47 \text{ kN/m}$$

Etter håndberegninger, er max moment over støtte i kontinuerlige bjelke som:

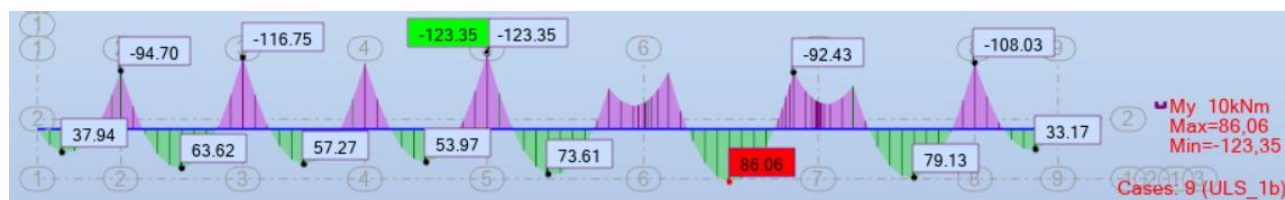
$$M_1 = -0.1 \cdot q_{\text{tot}} \cdot L^2 = -0.1 \cdot 1.47 \cdot 12.3 = -22.15 \text{ kNm}$$

Max moment over støtte fra egenvekt etter håndberegninger er ca. -22 kNm, mens i Robot er det -20 kNm som gir ca. 10% forskjell i resultatene. Den forskjell kommer delvis fra støtte type brukt i FEM modell (det er innspent støtte brukt) og fra last fordeling på tverrbare over søyle i 3D. Det antas at ROBOT resultatene er akseptable til videre vurdering.

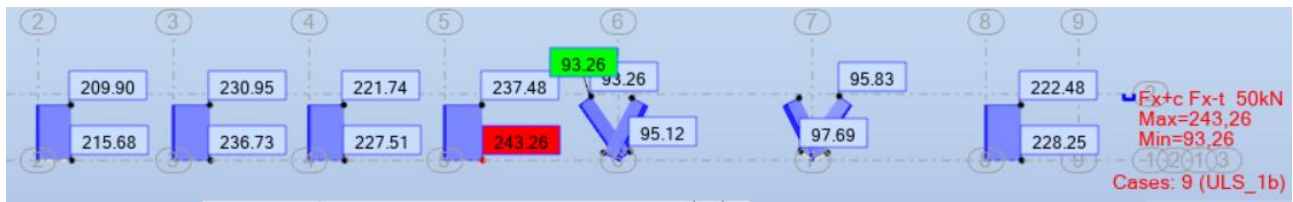
5.2 Resultater

Valgte resultater fra analyse er presentert i Figur 14 - Figur 20.

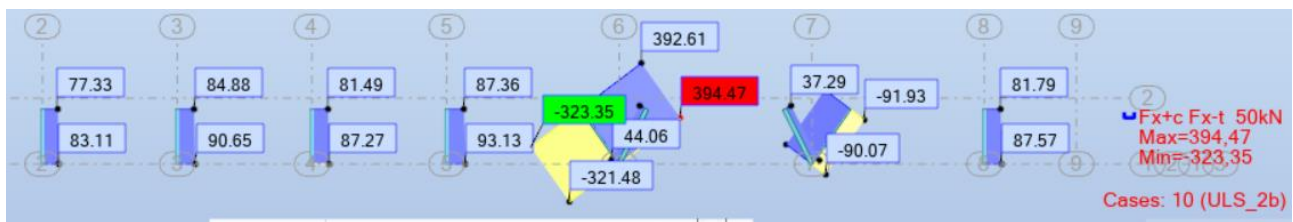
Resultatene av taperet tverrbjelke og HEA tverrbjelker er ikke presentert. Største utnyttelse i denne elementene er tilsvarende 20% og 10%.



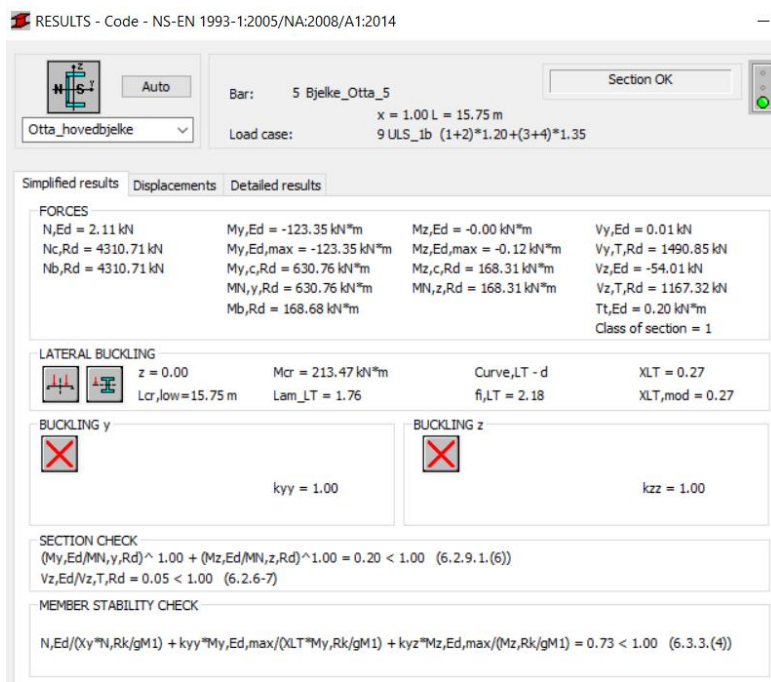
Figur 14 Største bøyemoment på hovedbjelke – lastkombinasjon ULS_1b



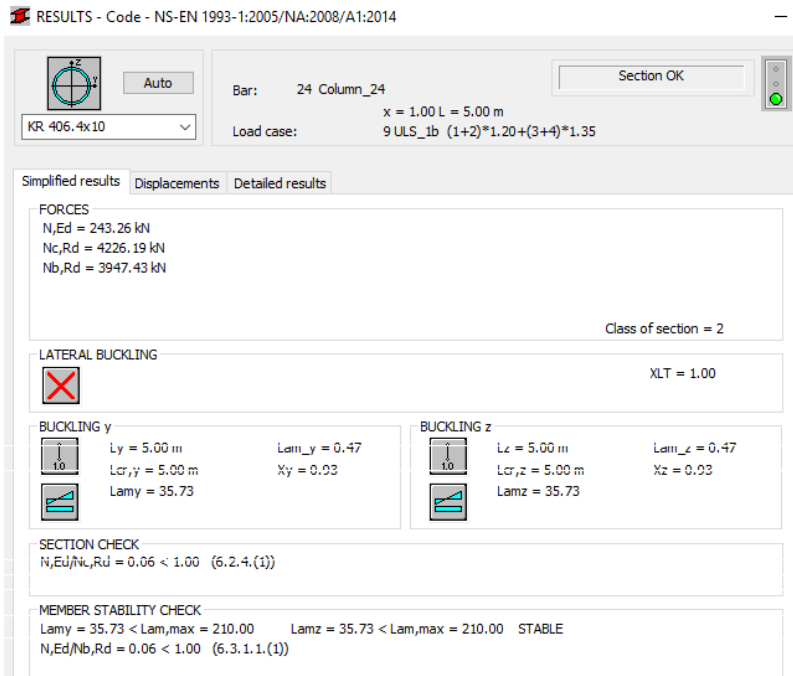
Figur 15 Største aksial kraft på søyler – lastkombinasjon ULS_1b.



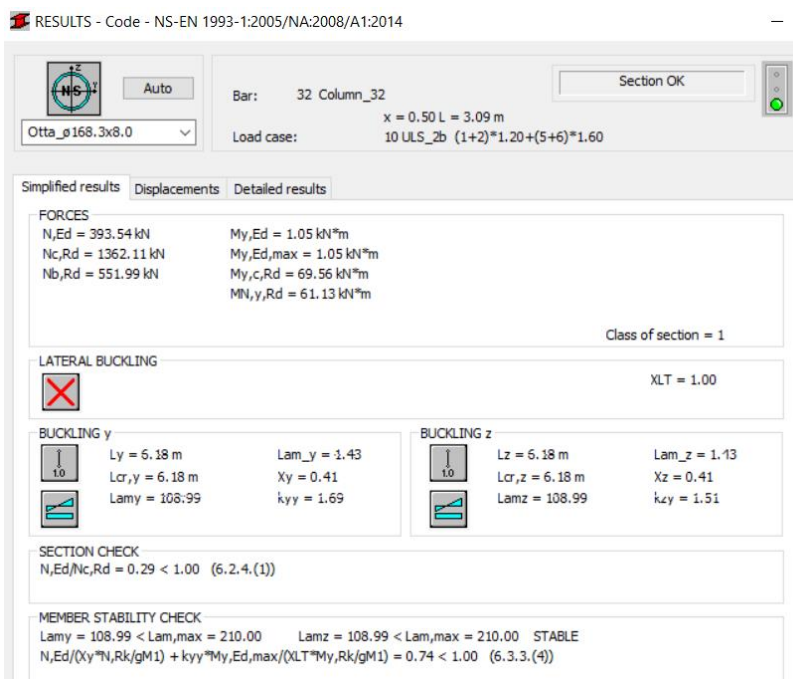
Figur 16 Største aksial kraft på skrå søyler – lastkombinasjon ULS_2b.



Figur 17 Beregninger av mest utnytte del av hovedbjelke - notat fra ROBOT; utnyttelse 73%.



Figur 18 Beregninger av mest utnyttede søyle - notat fra ROBOT; utnyttelse 6%.



Figur 19 Beregninger av mest utnyttede skrå søyle - notat fra ROBOT; utnyttelse 74%.

Vedlegg 3.1

Oppdragsnr.: 5201668 Dokumentnr. Vedlegg 3.1

NS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014 - Member Verification (SLS ; ULS) 1to8 11to18 21to25 31to:

Results Messages						
Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
32 Column_32	OK Otta_ø168.3x	S355	108.99	108.99	0.74	10 ULS_2b
5 Bjelke_Otta_5	OK Otta_hovedbje	S355	99.78	334.71	0.73	9 ULS_1b
15 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	99.78	334.71	0.73	9 ULS_1b
7 Bjelke_Otta_7	OK Otta_hovedbje	S355	99.78	334.71	0.65	9 ULS_1b
17 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	99.78	334.71	0.65	9 ULS_1b
4 Bjelke_Otta_4	OK Otta_hovedbje	S355	77.93	261.39	0.60	9 ULS_1b
14 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	77.93	261.39	0.60	9 ULS_1b
16 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	111.50	374.02	0.59	9 ULS_1b
6 Bjelke_Otta_6	OK Otta_hovedbje	S355	111.50	374.02	0.59	9 ULS_1b
2 Bjelke_Otta_2	OK Otta_hovedbje	S355	77.93	261.39	0.57	9 ULS_1b
3 Bjelke_Otta_3	OK Otta_hovedbje	S355	77.93	261.39	0.57	9 ULS_1b
12 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	77.93	261.39	0.57	9 ULS_1b
13 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	77.93	261.39	0.57	9 ULS_1b
8 Bjelke_Otta_8	OK Otta_hovedbje	S355	53.22	178.51	0.40	9 ULS_1b
18 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	53.22	178.51	0.40	9 ULS_1b
1 Simple_bar_1	OK Otta_hovedbje	S355	53.22	178.51	0.34	9 ULS_1b
11 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	53.22	178.51	0.34	9 ULS_1b
34 Column_34	OK Otta_ø168.3x	S355	108.99	108.99	0.32	10 ULS_2b
31 Column_31	OK Otta_ø168.3x	S355	108.99	108.99	0.24	10 ULS_2b
57 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.20	9 ULS_1b
58 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.20	9 ULS_1b
53 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.20	9 ULS_1b
54 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.20	9 ULS_1b
33 Column_33	OK Otta_ø168.3x	S355	108.99	108.99	0.19	9 ULS_1b
67 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.19	9 ULS_1b
68 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.19	9 ULS_1b
55 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.19	9 ULS_1b
56 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.19	9 ULS_1b
51 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.18	9 ULS_1b
52 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.18	9 ULS_1b
65 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.13	9 ULS_1b
66 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.13	9 ULS_1b
60 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.12	9 ULS_1b
59 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.12	9 ULS_1b
41 Column_41	OK Otta_hovedbje	S355	35.42	118.80	0.08	9 ULS_1b
42 Column_42	OK Otta_hovedbje	S355	35.42	118.80	0.08	9 ULS_1b
44 Column_44	OK Otta_hovedbje	S355	35.42	118.80	0.08	9 ULS_1b
43 Column_43	OK Otta_hovedbje	S355	35.42	118.80	0.08	9 ULS_1b
24 Column_24	OK KR 406.4x10	S355	35.73	35.73	0.06	9 ULS_1b
22 Column_22	OK KR 406.4x10	S355	35.73	35.73	0.06	9 ULS_1b
25 Column_25	OK KR 406.4x10	S355	35.73	35.73	0.06	9 ULS_1b
23 Column_23	OK KR 406.4x10	S355	35.73	35.73	0.06	9 ULS_1b
21 Column_21	OK KR 406.4x10	S355	35.73	35.73	0.05	9 ULS_1b
63 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.49	12.10	0.02	9 ULS_1b
64 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.01	9 ULS_1b
62 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.01	9 ULS_1b
61 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.01	9 ULS_1b
70 Bjelke_Otta_7	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.01	10 ULS_2b
69 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tappered	S355	9.79	12.69	0.01	9 ULS_1b

Figur 20 Utnyttelse av stålelementer - fra ROBOT model; ULS.

Vedlegg 3.1

Oppdragsnr.: 5201668 Dokumentnr. Vedlegg 3.1

NS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014 - Member Verification (SLS) 1to8 11to18 21to25 31to34 41to44 51to70

Results Messages										
Member	Section	Material	Ratio(uy)	Case (uy)	Ratio(uz)	Case (uz)	Ratio(vx)	Case (vx)	Ratio(vy)	Case (vy)
1 Simple bar_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.01	12 SLS_2	0.04	11 SLS_1	-	-	-	-
2 Bjelke_Otta_2	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.09	11 SLS_1	-	-	-	-
3 Bjelke_Otta_3	OK Otta_hovedbje	S355	0.01	12 SLS_2	0.08	11 SLS_1	-	-	-	-
4 Bjelke_Otta_4	OK Otta_hovedbje	S355	0.01	12 SLS_2	0.07	11 SLS_1	-	-	-	-
5 Bjelke_Otta_5	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.11	11 SLS_1	-	-	-	-
6 Bjelke_Otta_6	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.13	11 SLS_1	-	-	-	-
7 Bjelke_Otta_7	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.12	11 SLS_1	-	-	-	-
8 Bjelke_Otta_8	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
11 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.01	12 SLS_2	0.04	11 SLS_1	-	-	-	-
12 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.09	11 SLS_1	-	-	-	-
13 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.01	12 SLS_2	0.08	11 SLS_1	-	-	-	-
14 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.01	12 SLS_2	0.07	11 SLS_1	-	-	-	-
15 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.11	11 SLS_1	-	-	-	-
16 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.13	11 SLS_1	-	-	-	-
17 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.12	11 SLS_1	-	-	-	-
18 Bjelke_Otta_1	OK Otta_hovedbje	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
21 Column_21	OK KR 406.4x10	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.06	12 SLS_2
22 Column_22	OK KR 406.4x10	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.23	12 SLS_2
23 Column_23	OK KR 406.4x10	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.33	12 SLS_2
24 Column_24	OK KR 406.4x10	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.29	12 SLS_2
25 Column_25	OK KR 406.4x10	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.02	12 SLS_2
31 Column_31	OK Otta_ø168.3x	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.15	12 SLS_2
32 Column_32	OK Otta_ø168.3x	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.15	12 SLS_2
33 Column_33	OK Otta_ø168.3x	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.05	12 SLS_2
34 Column_34	OK Otta_ø168.3x	S355	-	-	-	-	0.00	11 SLS_1	0.05	12 SLS_2
41 Column_41	OK Otta_hovedbje	S355	-	-	-	-	0.00	12 SLS_2	0.13	12 SLS_2
42 Column_42	OK Otta_hovedbje	S355	-	-	-	-	0.00	12 SLS_2	0.13	12 SLS_2
43 Column_43	OK Otta_hovedbje	S355	-	-	-	-	0.00	12 SLS_2	0.08	12 SLS_2
44 Column_44	OK Otta_hovedbje	S355	-	-	-	-	0.00	12 SLS_2	0.08	12 SLS_2
51 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.02	11 SLS_1	-	-	-	-
52 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.02	11 SLS_1	-	-	-	-
53 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
54 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
55 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
56 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
57 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
58 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
59 Bjelke_Otta_5	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.02	11 SLS_1	-	-	-	-
60 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.02	11 SLS_1	-	-	-	-
61 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.00	11 SLS_1	-	-	-	-
62 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.00	11 SLS_1	-	-	-	-
63 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.00	11 SLS_1	-	-	-	-
64 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.00	11 SLS_1	-	-	-	-
65 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.02	11 SLS_1	-	-	-	-
66 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	11 SLS_1	0.02	11 SLS_1	-	-	-	-
67 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
68 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.03	11 SLS_1	-	-	-	-
69 Bjelke_Otta_6	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.00	11 SLS_1	-	-	-	-
70 Bjelke_Otta_7	OK Otta_tapped	S355	0.00	12 SLS_2	0.00	11 SLS_1	-	-	-	-

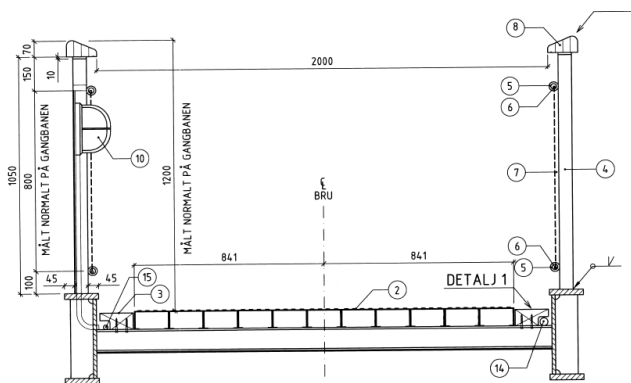
Figur 21 Utnyttelse av stål elementer fra ROBOT model - SLS.

6 Konklusjon

Etter gjeldende regler, er utnyttelse av verifisert stål elementer max. ca. 76% i hovedbjelke, 77% i skrå søyle, 6% i vertikal søyle og 10% i HEA bjelker.

I nærmere beregninger kan denne verdier endres ned. I stabilitetsanalyse av hovedbjelker er stivere ikke tatt hensyn til, fordi det er ikke lagt i FEM modell. Men de eksistere i opprinnelig konstruksjon; se Figur 22. Skrå søyle er i FEM modell 6.18m lang, mens de er ca. 5,9m etter tegning K-12. Riktig lengde skal også redusere utnyttelse i denne elementene. Utnyttelse av andre elementer er veldig lite, så trenger ikke videre vurdering.

Ved ombygging av brua er det anbefalt å bruke eksisterende elementer igjen.



Figur 22 Brubane med rekkverk – utklipp fra arbeidstegning K-20.