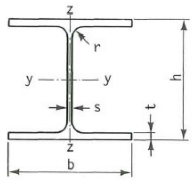
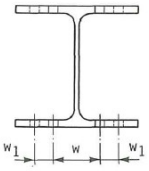
Vedlegg B - Krefter på bru og i bjelker



Dimensjoner etter NS-EN 10 034
Materiale etter NS-EN 10 025

Betegnelse f.eks.: Bjelke NS-EN 10 034 HE 360 A
Stål NS-EN 10 025 .....



HE-A	Dimensjoner (mål i mm)					Masse	A	y - y			z - z			I_T	S_y	C_w	Hullavstand / hulldiam. (i mm)		
	h	b	s	t	r	kg/m	$\cdot 10^{-3}$ mm²	$I \cdot 10^{-6}$ mm⁴	$W \cdot 10^{-3}$ mm³	i mm	$I \cdot 10^{-6}$ mm⁴	$W \cdot 10^{-3}$ mm³	i mm	$\cdot 10^{-3}$ mm⁴	$\cdot 10^{-3}$ mm³	$\cdot 10^{-9}$ mm⁶	w	w_1	d
100	96	100	5	8	12	16,7	2,12	3,49	72,8	40,6	1,34	26,8	25,1	52,6	41,5	2,581	56	-	13
120	114	120	5	8	12	19,9	2,53	6,06	106	48,9	2,31	38,5	30,2	60,2	59,7	6,472	66	-	17
140	133	140	5,5	8,5	12	24,7	3,14	10,3	155	57,3	3,89	55,6	35,2	81,6	86,7	15,06	76	-	21
160	152	160	6	9	15	30,4	3,88	16,7	220	65,7	6,16	76,9	39,8	123	123	31,41	86	-	23
180	171	180	6	9,5	15	35,5	4,53	25,1	294	74,5	9,25	103	45,2	149	162	60,21	100	-	25
200	190	200	6,5	10	18	42,3	5,38	36,9	389	82,8	13,4	134	49,8	211	215	108,0	110	-	25
220	210	220	7	11	18	50,5	6,43	54,1	515	91,7	19,5	178	55,1	286	284	193,3	120	-	25
240	230	240	7,5	12	21	60,3	7,68	77,6	675	101	27,7	231	60,0	417	372	328,5	94	35	25
260	250	260	7,5	12,5	24	68,2	8,68	104,5	836	110	36,7	282	65,0	526	460	516,4	100	40	25
280	270	280	8	13	24	76,4	9,73	136,7	1010	119	47,6	340	70,0	624	556	785,4	110	45	25
300	290	300	8,5	14	27	88,3	11,2	182,6	1260	127	63,1	421	74,9	856	692	1200	120	45	28
320	310	300	9	15,5	27	97,6	12,4	229,3	1480	136	69,9	466	74,9	1080	814	1512	120	45	28
340	330	300	9,5	16,5	27	105	13,3	276,9	1680	144	74,4	496	74,6	1280	925	1824	120	45	28
360	350	300	10	17,5	27	112	14,3	330,9	1890	152	78,9	526	74,3	1490	1040	2177	120	45	28
400	390	300	11	19	27	125	15,9	450,7	2310	168	85,6	571	73,4	1900	1280	2942	120	45	28
450	440	300	11,5	21	27	140	17,8	637,2	2900	189	94,7	631	72,9	2450	1610	4148	120	45	28
500	490	300	12	23	27	155	19,8	869,7	3550	210	103,7	691	72,4	3100	1970	5643	120	45	28
550	540	300	12,5	24	27	166	21,2	1119	4150	230	108,2	721	71,5	3530	2310	7189	120	45	28
600	590	300	13	25	27	178	22,6	1412	4790	250	112,7	751	70,5	3990	2680	8978	120	45	28
650	640	300	13,5	26	27	190	24,2	1752	5470	269	117,2	782	69,7	4500	3070	11027	120	45	28
700	690	300	14,5	27	27	204	26,0	2153	6240	288	121,8	812	68,4	5150	3520	13352	120	45	28
800	790	300	15	28	30	224	28,6	3034	7680	326	126,4	843	66,5	5990	4350	18290	130	40	28
900	890	300	16	30	30	252	32,0	4221	9480	363	135,5	903	65,0	7390	5410	24962	130	40	28
1000	990	300	16,5	31	30	272	34,7	5538	11190	400	140,0	934	63,5	8250	6410	32074	130	40	28

$A := 28.6 \cdot 10^3 \ mm^2$ $\quad C_w := 18290 \cdot 10^9 \ mm^6$ $\quad I_T := 5990 \cdot 10^3 \ mm^4$

$L := 15000 \ mm$ $\quad h := 790 \ mm$ $\quad b := 300 \ mm$ $\quad t_w := 15 \ mm$ $\quad t_f := 28 \ mm$

$r := 30 \ mm$ $\quad m_B := 224 \ \frac{kg}{m}$ $\quad S_y := 4350 \cdot 10^3 \ mm^3$ $\quad I_z := 126.4 \cdot 10^6 \ mm^4$

$\gamma_{M0} := 1.05$ $\quad f_y := 355 \ \frac{N}{mm^2}$ $\quad f_d := \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$ $\quad I_y := 3034 \cdot 10^6 \ mm^4$

Lastfaktorer brudd: $\gamma_G := 1.15$ Permanent $\quad \gamma_Q := 1.40$ Variable

Egenvekt bjelke ser man fra blåtabellen, valgt HE-A 800 veier 224 kg/m.

$$q_{Bjelke} := m_B \cdot g \cdot \gamma_G = 2.526 \ \frac{kN}{m}$$

$$M_{Bjelke.Ed} := \frac{q_{Bjelke} \cdot L^2}{8} = 71.049 \ kN \cdot m \qquad q_{Bjelke} \cdot 2 = 5.052 \ \frac{kN}{m}$$

$$V_{Bjelke.Ed} := \frac{q_{Bjelke} \cdot L}{2} = 18.946 \ kN$$

Non-Commercial Use Only

Skjær og moment pga dekke:

Beregnet manuellt

$b_1 := 75\ mm \qquad h_1 := 200\ mm \qquad l_1 := \frac{5.5\ m \cdot 2 + 3.3\ m \cdot 6}{8} = 3.85\ m \qquad Antall := \frac{8}{m}$

$V_1 := b_1 \cdot h_1 \cdot l_1 \cdot Antall = 0.462\ \frac{m^3}{m}$

Langsgående:

$b_3 := 150\ mm \qquad h_3 := 75\ mm \qquad l_3 := 1000\ mm \qquad Antall_3 := \frac{\frac{3300\ mm}{b_3}}{m}$

$V_3 := b_3 \cdot h_3 \cdot l_3 \cdot Antall_3 = 0.248\ \frac{m^3}{m}$

Rekkverk: 850mm høy, 45 grader avstiver:

$Avstiver := \left((850\ mm)^2 + (850\ mm)^2\right)^{0.5} = 1.202\ m$

$b_4 := 98\ mm \qquad h_4 := 98\ mm \qquad l_4 := 850\ mm + Avstiver = 2.052\ m \qquad Antall_4 := \frac{4}{m}$

$V_4 := b_4 \cdot h_4 \cdot l_4 \cdot Antall_4 = 0.079\ \frac{m^3}{m}$

$Voldekke := V_1 + V_3 + V_4 = 0.788\ \frac{m^3}{m} \qquad \rho_{tre} := 420\ \frac{kg}{m^3} \qquad g = 9.807\ \frac{m}{s^2}$

$q_{dekke} := Voldekke \cdot \rho_{tre} \cdot g \cdot \gamma_G = 3.734\ \frac{kN}{m}$

$M_{b.Dekke.Ed} := \left(\frac{q_{dekke} \cdot L^2}{8}\right) \cdot \frac{1}{2} = 52.51\ kN \cdot m$

$V_{A.dekke.Ed} := \frac{q_{dekke} \cdot L}{2} \cdot \frac{1}{2} = 14.003\ kN$

$p_{z.dekke} := \frac{q_{dekke} + 2 \cdot q_{Bjelke}}{3\ m} = 2.929\ \frac{kN}{m^2} \qquad \frac{2 \cdot q_{Bjelke}}{3} = 1.684\ \frac{kN}{m}$

Fordeler egenvekten slik at det kalkuleres per bjelke og får totalt moment og skjær fra dekke per bjelke:

$M_{Ed.perm} := M_{b.Dekke.Ed} + M_{Bjelke.Ed} = 123.559\ kN \cdot m$

$V_{A.Ed.Perm} := V_{A.dekke.Ed} + V_{Bjelke.Ed} = 32.949\ kN$

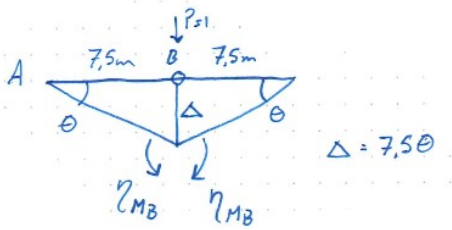
Non-Commercial Use Only

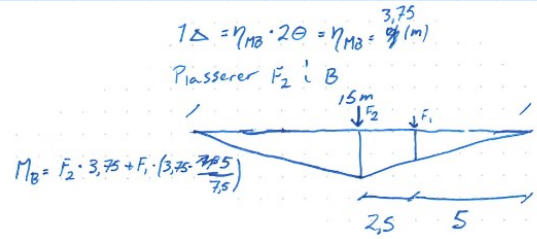
Kjøretøy på bru: Sjekker for Bkl 8

Boggilast - Bruddlast

Deler på to bjelker: $n := 2$

$F_1 := \gamma_Q \frac{112}{n} \cdot kN$ $\quad F_2 := \gamma_Q \cdot \frac{40}{n}\ kN$ $\quad X_2 := 1200\ mm$ $\quad \theta := 1$ $\quad \Delta := 7500 \cdot \theta \cdot mm$





$\Gamma := 0\ m$

$\eta_{MB} := \frac{\Delta}{2} = 3.75\ m$

$$A := \text{if}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$B := \text{if}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 + \Gamma\right) = 6.3\ m$$

$$Test := \text{if}\ (A - B) \ge X_2 \;\; \text{return}\ A - B \;\; \text{else} \;\; \text{return}\ \frac{L}{2} - A + \frac{L}{2} - B = 1.2\ m$$

$$M_B := F_1 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{A}{\left(\frac{L}{2}\right)} + F_2 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{B}{\left(\frac{L}{2}\right)} + M_{Ed.perm} = 505.759\ kN \cdot m$$

$$V_A := \frac{F_1 \cdot (L) + F_2 \cdot (L - X_2)}{L} + V_{A.Ed.Perm} = 137.109\ kN$$

Non-Commercial Use Only

Trippelboggi - Bruddlast

Deler på to bjelker: $n := 2$

$F_1 := \gamma_Q \frac{84}{n} \cdot kN$ $\quad F_2 := \gamma_Q \cdot \frac{50}{n}\ kN$ $\quad X_2 := 1200\ mm$ $\quad \theta := 1$ $\quad \Delta := 7500 \cdot \theta \cdot mm$

$\eta_{MB} := \frac{\Delta}{2} = 3.75\ m$ $\quad \Gamma := 0\ m$

$$A := \text{if}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$B := \text{if}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 + \Gamma\right) = 6.3\ m$$

$$Test := \text{if}\left(A - B\right) \ge X_2 \;\; \text{return}\ A - B \;\; \text{else} \;\; \text{return}\ \frac{L}{2} - A + \frac{L}{2} - B = 1.2\ m$$

$$M_{B1} := F_1 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{A}{\left(\frac{L}{2}\right)} + 2\ F_2 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{B}{\left(\frac{L}{2}\right)} + M_{Ed.perm} = 564.559\ kN \cdot m$$

Beregner maks skjær ved å flytte lasten nærmere opplageret:

$$V_{A1} := \frac{F_2 \cdot L + F_1 \cdot \left(L - X_2\right) + F_2 \cdot \left(L - 2 \cdot X_2\right)}{L} + V_{A.Ed.Perm} = 151.445\ kN$$

Laster og moment per bjelke fra Robot ovenfor og skjærdiagram under, maks moment blir 564.23kNm og maks skjær blir 151.29kN etter beregninger i Robot.

Non-Commercial Use Only

Kjøretøylast - Bruddlast

Deler på to bjelker: $n := 2$

$F_1 := \gamma_Q \cdot \frac{32}{n} \cdot kN = 22.4\ kN$ $\quad F_2 := \gamma_Q \cdot \frac{0}{n}\ kN$ $\quad X_2 := 0\ mm$ $\quad \theta := 1$ $\quad \Delta := 7500 \cdot \theta \cdot mm$

$\eta_{MB} := \frac{\Delta}{2} = 3.75\ m$

$\Gamma := 0\ m$

$$A := \text{if}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$B := \text{if}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$M_{B1} := F_1 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{A}{\left(\frac{L}{2}\right)} + 2\ F_2 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{B}{\left(\frac{L}{2}\right)} = 84\ kN \cdot m$$

$$Test := \text{if}\ (A - B) \ge X_2 \;\; \text{return}\ A - B \;\; \text{else} \;\; \text{return}\ \frac{L}{2} - A + \frac{L}{2} - B = 0\ m$$

Ugunstigste stilling i senter

$c := 7000\ mm$ $\quad b := \frac{L - c}{2}$ $\quad a := b = 4\ m$

$q := \left(\gamma_Q \cdot 220\ \frac{kN}{c}\right) \cdot \frac{1}{2} = 22\ \frac{kN}{m}$ $\quad ok$

$A := \frac{q \cdot c \cdot (2 \cdot b + c)}{2 \cdot L} = 77\ kN$ $\quad ok$

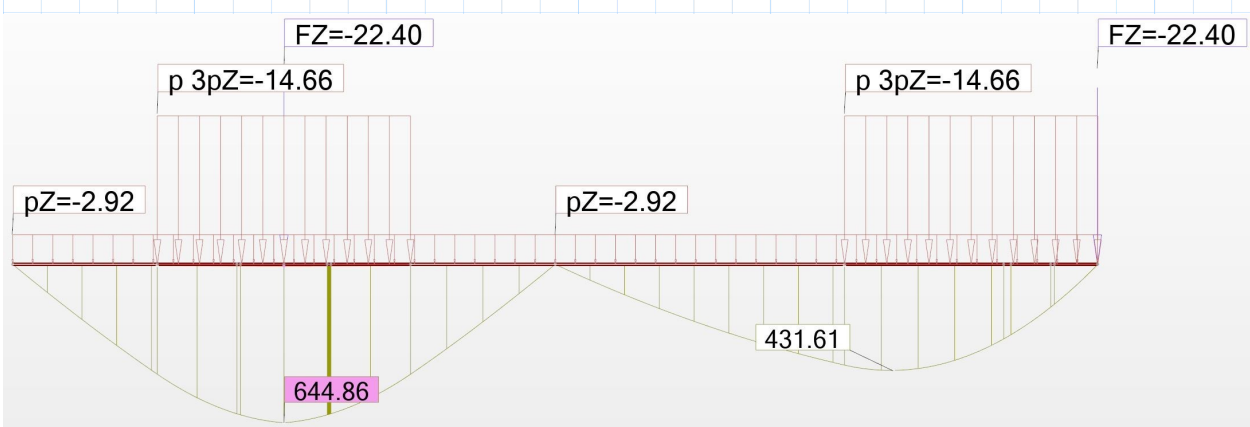
Lasten virker midt på bjelken med en utstrekning på 7m

$M := \frac{A^2}{2 \cdot q} + A \cdot a = 442.75\ kN \cdot m$ $\quad x := a + \frac{A}{q} = 7.5\ m$

Totalt moment midt i bjelken:

$M_{B1} := M_{B1} + M + M_{Ed.perm} = 650.309\ kN \cdot m$

Dette stemmer omtrentlig overens med resultater fra Robot. Det blir noen forskjellige verdier, men disse ansees som neglisjerbare.



Non-Commercial Use Only

Skjærkraft kjøretøylast Bk8:

$$V_{A1} := \frac{F_1 \cdot (L)}{L} = 22.4\ kN$$

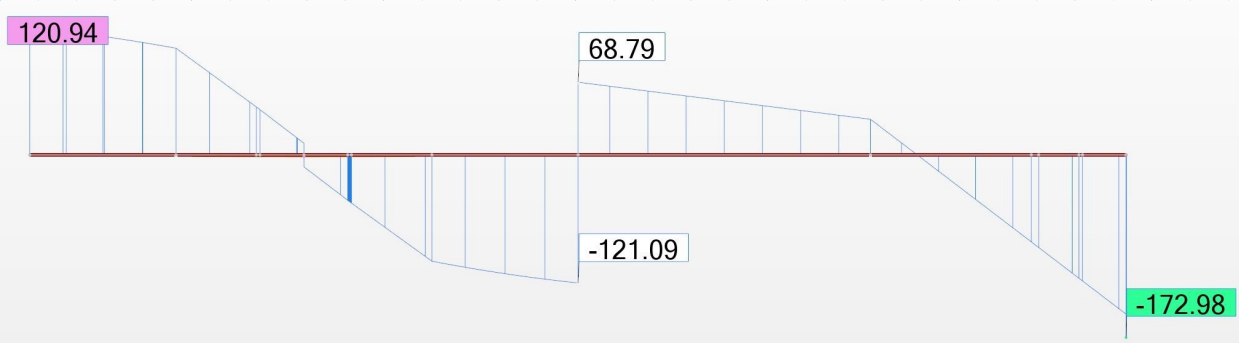
$$V_{A2} := \frac{q \cdot c}{L} \cdot \left(L - \frac{c}{2}\right) = 118.067\ kN$$

$$V_{A.Ed.Perm} = 32.949\ kN$$

$$V := V_{A1} + V_{A2} + V_{A.Ed.Perm} = 173.416\ kN$$

Som man ser av diagrammene både på forrige side og nedenfor stemmer både skjær og moment godt nok overens med robot sin utregning. Total skjærkraft ved opplager kommer i situasjon med kjøretøylast ved opplager som er 2 ganger skjærkraft opptredende i bjelken.

Total kraft på opplager: $V \cdot 2 = 346.831\ kN$



Non-Commercial Use Only

Vogntoglast - Bruddlast BK 8

Deler på to bjelker: $n := 2$

$F_1 := \gamma_Q \cdot \frac{32}{n} \cdot kN = 22.4\ kN$ $\quad F_2 := \gamma_Q \cdot \frac{0}{n}\ kN$ $\quad X_2 := 0\ mm$ $\quad \theta := 1$ $\quad \Delta := 7500 \cdot \theta \cdot mm$

$\eta_{MB} := \frac{\Delta}{2} = 3.75\ m$ $\quad \Gamma := 0\ m$

$$A := \text{if}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \ \text{return}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \ \text{else}\ \text{return}\left(\frac{L}{2} + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$B := \text{if}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \ \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \ \text{else}\ \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$Test := \text{if}\ (A - B) \ge X_2 \ \text{return}\ A - B \ \text{else}\ \text{return}\ \frac{L}{2} - A + \frac{L}{2} - B = 0\ m$$

$$M_{B1} := F_1 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{A}{\left(\frac{L}{2}\right)} + 2\ F_2 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{B}{\left(\frac{L}{2}\right)} = 84\ kN \cdot m$$

Ugunstigste stilling i senter

$c := 16\ m$ $\quad b := \frac{L - c}{2}$ $\quad a := b = -0.5\ m$

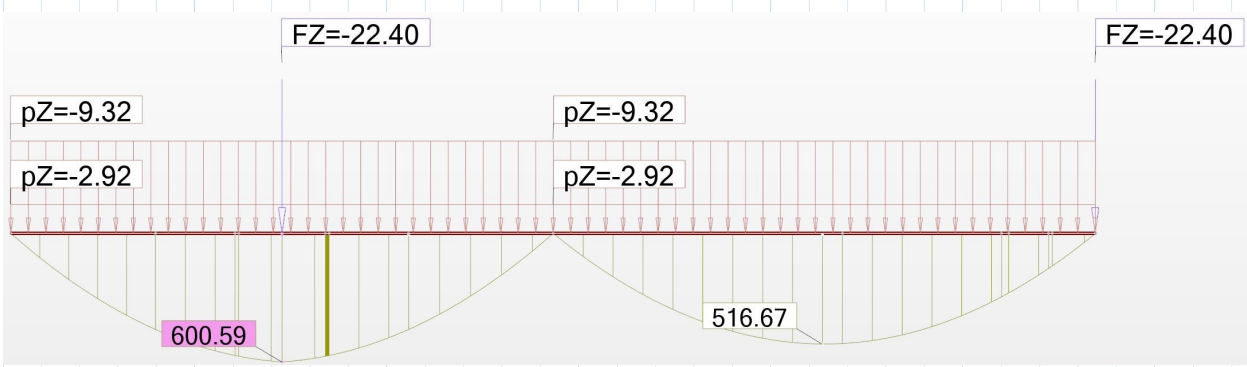
$q := \left(\gamma_Q \cdot 320\ \frac{kN}{16\ m}\right) \cdot \frac{1}{2} = 14\ \frac{kN}{m}$ $\quad M := \frac{q \cdot L^2}{8}$

Lasten virker midt på bjelken med en utstrekning på 16m dermed spenner denne over hele bjelken.

Totalt moment midt i bjelken:

$M_{B1} := M_{B1} + M + M_{Ed.perm} = 601.309\ kN \cdot m$

Dette stemmer ganske nøyaktig overens med verdier beregnet i Robot.



Non-Commercial Use Only

Skjærkraft vogntoglast Bk8:

$$V_{A1} := \frac{F_1 \cdot (L)}{L} = 22.4\ kN$$

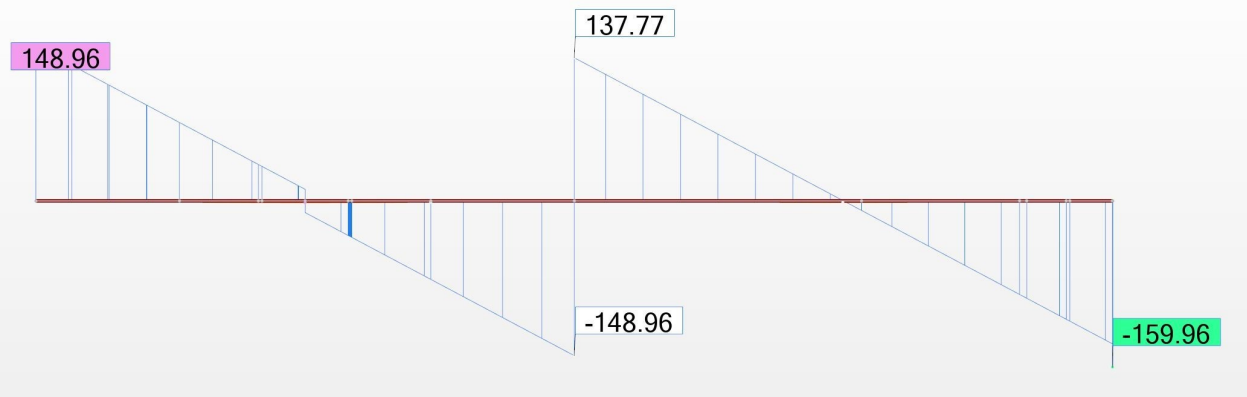
$$V_{A2} := \frac{q \cdot c}{L} \cdot \left(L - \frac{c}{2}\right) = 104.533\ kN$$

$$V_{A.Ed.Perm} = 32.949\ kN$$

$$V := V_{A1} + V_{A2} + V_{A.Ed.Perm} = 159.882\ kN$$

Det viser seg at den dimensjonerende verdien for både skjær og moment bestemmes fra kjøretøylast, dette kommer antageligvis av at utstrekningen på den jevnt fordelte lasten er lengre enn spennet for vogntoglast (16m) enn for kjøretøylast (7m).

Total kraft på opplager: $V \cdot 2 = 319.765\ kN$



Non-Commercial Use Only

Kjøretøylast - Bruddlast BK 10

Deler på to bjelker: $n := 2$

$F_1 := \gamma_Q \cdot \frac{40}{n} \cdot kN = 28\ kN$ $\quad F_2 := \gamma_Q \cdot \frac{0}{n}\ kN$ $\quad X_2 := 0\ mm$ $\quad \theta := 1$ $\quad \Delta := 7500 \cdot \theta \cdot mm$

$\eta_{MB} := \frac{\Delta}{2} = 3.75\ m$

$\Gamma := 0\ m$

$$A := \text{if}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$B := \text{if}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$M_{B1} := F_1 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{A}{\left(\frac{L}{2}\right)} + 2\ F_2 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{B}{\left(\frac{L}{2}\right)} = 105\ kN \cdot m$$

$$Test := \text{if}\ (A - B) \ge X_2 \;\; \text{return}\ A - B \;\; \text{else} \;\; \text{return}\ \frac{L}{2} - A + \frac{L}{2} - B = 0\ m$$

Ugunstigste stilling i senter

$c := 7000\ mm$ $\quad b := \frac{L - c}{2}$ $\quad a := b = 4\ m$

$q := \left(\gamma_Q \cdot 300\ \frac{kN}{c}\right) \cdot \frac{1}{2} = 30\ \frac{kN}{m}$ $\quad ok$

$A := \frac{q \cdot c \cdot (2 \cdot b + c)}{2 \cdot L} = 105\ kN$ $\quad ok$

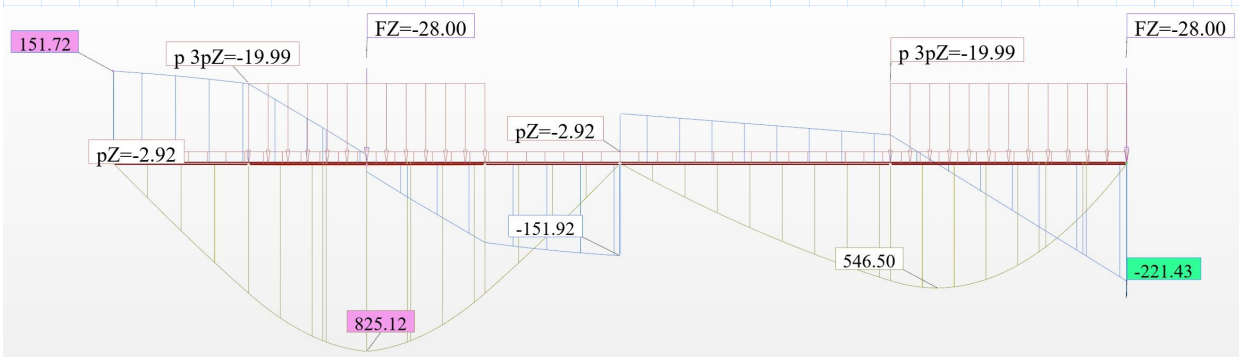
Lasten virker midt på bjelken med en utstrekning på 7m

$M := \frac{A^2}{2 \cdot q} + A \cdot a = 603.75\ kN \cdot m$ $\quad x := a + \frac{A}{q} = 7.5\ m$

Totalt moment midt i bjelken:

$M_{B1} := M_{B1} + M + M_{Ed.perm} = 832.309\ kN \cdot m$

Dette stemmer omtrentlig overens med resultater fra Robot. Det blir noen forskjellige verdier, men disse ansees som neglisjerbare.



Non-Commercial Use Only

Skjærkraft kjøretøylast Bk10:

$$V_{A1} := \frac{F_1 \cdot (L)}{L} = 28\ kN$$

$$V_{A2} := \frac{q \cdot c}{L} \cdot \left(L - \frac{c}{2}\right) = 161\ kN$$

$$V_{A.Ed.Perm} = 32.949\ kN$$

$$V := V_{A1} + V_{A2} + V_{A.Ed.Perm} = 221.949\ kN$$

Som man ser av diagrammene på forrige side at både skjær og moment stemmer godt nok overens med robot sin utregning. Total skjærkraft ved opplager kommer i situasjon med kjøretøylast ved opplager som er 2 ganger skjærkraft opptredende i bjelken.

Total kraft på opplager: $V \cdot 2 = 443.898\ kN$

Non-Commercial Use Only

Vogntoglast - Bruddlast Bk 10

Deler på to bjelker: $n := 2$

$F_1 := \gamma_Q \frac{40}{n} \cdot kN = 28\ kN$ $\quad F_2 := \gamma_Q \cdot \frac{0}{n}\ kN$ $\quad X_2 := 0\ mm$ $\quad \theta := 1$ $\quad \Delta := 7500 \cdot \theta \cdot mm$

$\eta_{MB} := \frac{\Delta}{2} = 3.75\ m$

$\Gamma := 0\ m$

$$A := \text{if}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$B := \text{if}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \le \frac{L}{2} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 - \Gamma\right) \;\; \text{else} \;\; \text{return}\left(\frac{L}{2} - X_2 + \Gamma\right) = 7.5\ m$$

$$Test := \text{if}\ (A - B) \ge X_2 \;\; \text{return}\ A - B \;\; \text{else} \;\; \text{return}\ \frac{L}{2} - A + \frac{L}{2} - B = 0\ m$$

$$M_{B1} := F_1 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{A}{\left(\frac{L}{2}\right)} + 2\ F_2 \cdot \eta_{MB} \cdot \frac{B}{\left(\frac{L}{2}\right)} = 105\ kN \cdot m$$

Ugunstigste stilling i senter

$c := 16\ m$ $\quad b := \frac{L - c}{2}$ $\quad a := b = -0.5\ m$

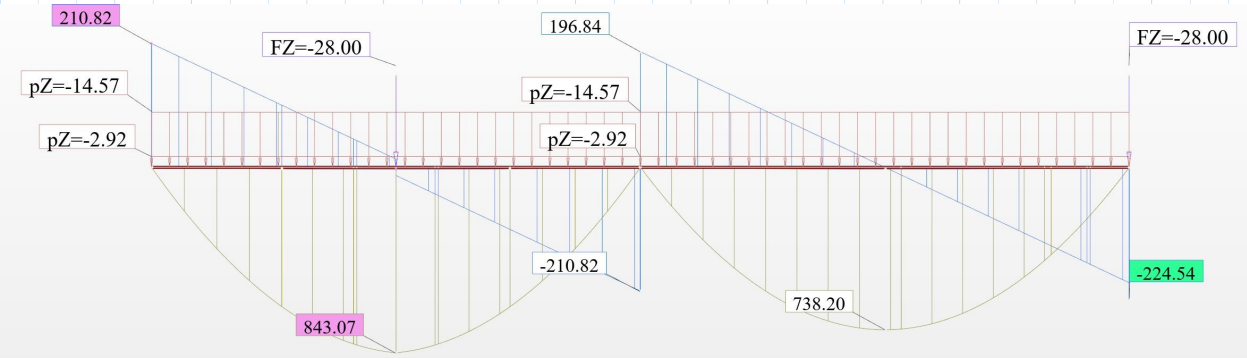
$$q := \left(\gamma_Q \cdot 500\ \frac{kN}{16\ m}\right) \cdot \frac{1}{2} = 21.875\ \frac{kN}{m} \qquad M := \frac{q \cdot L^2}{8}$$

Lasten virker midt på bjelken med en utstrekning på 16m dermed spenner denne over hele bjelken.

Totalt moment midt i bjelken:

$$M_{B1} := M_{B1} + M + M_{Ed.perm} = 843.793\ kN \cdot m$$

Dette stemmer ganske nøyaktig overens med verdier beregnet i Robot og blir dimensjonerende da den er høyere enn kjøretøylast både ved manuelle og programmerte beregninger.



Non-Commercial Use Only

Skjærkraft vogntoglast Bk8:

$$V_{A1} := \frac{F_1 \cdot (L)}{L} = 28\ kN$$

$$V_{A2} := \frac{q \cdot c}{L} \cdot \left(L - \frac{c}{2}\right) = 163.333\ kN$$

$$V_{A.Ed.Perm} = 32.949\ kN$$

$$V := V_{A1} + V_{A2} + V_{A.Ed.Perm} = 224.282\ kN$$

Det viser seg at den dimensjonerende verdien for både skjær og moment bestemmes fra kjøretøylast, dette kommer antageligvis av at utstrekningen på den jevnt fordelte lasten er lengre enn spennet for vogntoglast (16m) enn for kjøretøylast (7m).

Total kraft på opplager: $V \cdot 2 = 448.565\ kN$

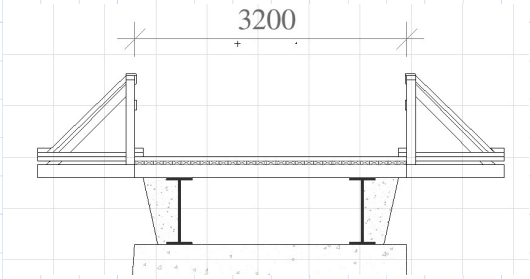
Non-Commercial Use Only

Snølast, OBS! skal ignoreres pga ingen overbygg!

Etter tabell NA.4.1 (901) - Karakteristisk snølast på mark for kommuner og svalbard i NS-En 1991-1-3

finnes $S_{k0} := 6 \ \frac{kN}{m^2}$

for Tromsø kommune



Etter å ha snakket med Arnold Leif Hauan vet vi at det blir brøytet regelmessig på brua, dermed kan man se bort ifra snølast. Det blir beregnet alikevel ettersom det kan forekomme at det ikke brøytes en vilkårlig vinter.

Kjørebredden endret til 3.3m

$B := 3300 \ mm$ $\qquad L = 15000 \ mm$

$S_{k0} := 6 \ \frac{kN}{m^2}$

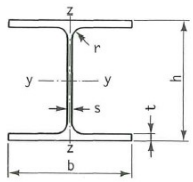
$q_s := S_{k0} \cdot B = 19.8 \ \frac{kN}{m}$

$M_{B.sne} := \frac{q_s \cdot L^2}{8} = 556.875 \ kN \cdot m$

$V_{A.sne} := \frac{q_s \cdot L}{2} = 148.5 \ kN$

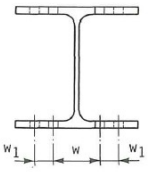
Sløyfes da det ikke skal beregnes snølast for bruer uten overbygning etter pkt 5.4.2 HB N400

Non-Commercial Use Only



Dimensjoner etter NS-EN 10 034
Materiale etter NS-EN 10 025

Betegnelse f.eks.: Bjelke NS-EN 10 034 HE 360 A
Stål NS-EN 10 025 .....



HE-A	Dimensjoner (mål i mm)					Masse	A	y - y			z - z			I_T	S_y	C_w	Hullavstand / hulldiam. (i mm)		
	h	b	s	t	r	kg/m	$\cdot 10^{-3}$ mm²	$I \cdot 10^{-6}$ mm⁴	$W \cdot 10^{-3}$ mm³	i mm	$I \cdot 10^{-6}$ mm⁴	$W \cdot 10^{-3}$ mm³	i mm	$\cdot 10^{-3}$ mm⁴	$\cdot 10^{-3}$ mm³	$\cdot 10^{-9}$ mm⁶	w	w_1	d
100	96	100	5	8	12	16,7	2,12	3,49	72,8	40,6	1,34	26,8	25,1	52,6	41,5	2,581	56	-	13
120	114	120	5	8	12	19,9	2,53	6,06	106	48,9	2,31	38,5	30,2	60,2	59,7	6,472	66	-	17
140	133	140	5,5	8,5	12	24,7	3,14	10,3	155	57,3	3,89	55,6	35,2	81,6	86,7	15,06	76	-	21
160	152	160	6	9	15	30,4	3,88	16,7	220	65,7	6,16	76,9	39,8	123	123	31,41	86	-	23
180	171	180	6	9,5	15	35,5	4,53	25,1	294	74,5	9,25	103	45,2	149	162	60,21	100	-	25
200	190	200	6,5	10	18	42,3	5,38	36,9	389	82,8	13,4	134	49,8	211	215	108,0	110	-	25
220	210	220	7	11	18	50,5	6,43	54,1	515	91,7	19,5	178	55,1	286	284	193,3	120	-	25
240	230	240	7,5	12	21	60,3	7,68	77,6	675	101	27,7	231	60,0	417	372	328,5	94	35	25
260	250	260	7,5	12,5	24	68,2	8,68	104,5	836	110	36,7	282	65,0	526	460	516,4	100	40	25
280	270	280	8	13	24	76,4	9,73	136,7	1010	119	47,6	340	70,0	624	556	785,4	110	45	25
300	290	300	8,5	14	27	88,3	11,2	182,6	1260	127	63,1	421	74,9	856	692	1200	120	45	28
320	310	300	9	15,5	27	97,6	12,4	229,3	1480	136	69,9	466	74,9	1080	814	1512	120	45	28
340	330	300	9,5	16,5	27	105	13,3	276,9	1680	144	74,4	496	74,6	1280	925	1824	120	45	28
360	350	300	10	17,5	27	112	14,3	330,9	1890	152	78,9	526	74,3	1490	1040	2177	120	45	28
400	390	300	11	19	27	125	15,9	450,7	2310	168	85,6	571	73,4	1900	1280	2942	120	45	28
450	440	300	11,5	21	27	140	17,8	637,2	2900	189	94,7	631	72,9	2450	1610	4148	120	45	28
500	490	300	12	23	27	155	19,8	869,7	3550	210	103,7	691	72,4	3100	1970	5643	120	45	28
550	540	300	12,5	24	27	166	21,2	1119	4150	230	108,2	721	71,5	3530	2310	7189	120	45	28
600	590	300	13	25	27	178	22,6	1412	4790	250	112,7	751	70,5	3990	2680	8978	120	45	28
650	640	300	13,5	26	27	190	24,2	1752	5470	269	117,2	782	69,7	4500	3070	11027	120	45	28
700	690	300	14,5	27	27	204	26,0	2153	6240	288	121,8	812	68,4	5150	3520	13352	120	45	28
800	790	300	15	28	30	224	28,6	3034	7680	326	126,4	843	66,5	5990	4350	18290	130	40	28
900	890	300	16	30	30	252	32,0	4221	9480	363	135,5	903	65,0	7390	5410	24962	130	40	28
1000	990	300	16,5	31	30	272	34,7	5538	11190	400	140,0	934	63,5	8250	6410	32074	130	40	28

$A := 28.6 \cdot 10^3 \ mm^2$ $C_w := 18290 \cdot 10^9 \ mm^6$ $I_T := 5990 \cdot 10^3 \ mm^4$

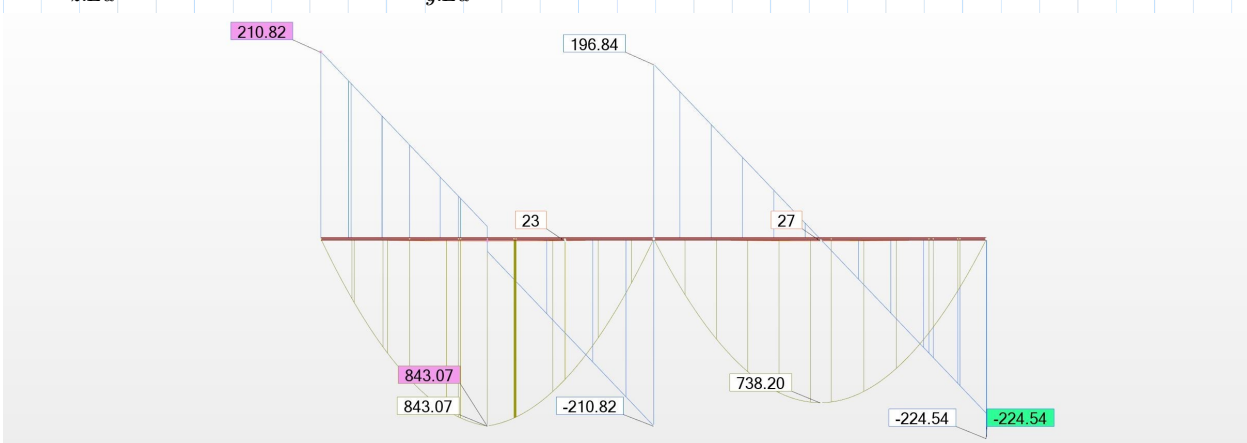
$L := 15000 \ mm$ $h := 790 \ mm$ $b := 300 \ mm$ $t_w := 15 \ mm$ $t_f := 28 \ mm$

$r := 30 \ mm$ $m_B := 224 \ \frac{kg}{m}$ $S_y := 4350 \cdot 10^3 \ mm^3$ $I_z := 126.4 \cdot 10^6 \ mm^4$

Lastfaktorer brudd: $\gamma_G := 1.15$ Permanent $\gamma_Q := 1.40$ Variable

Vogntoglaster for Bk10 blir dimensjonerende, setter disse som opptredende.
Lastene hentes direkte ut fra Robot da Robot viser tilfredsstillende enighet med manuelle beregninger.

$V_{z.Ed} := 224.54 \ kN$ $M_{y.Ed} := 843.07 \ kN \cdot m$



Moment og skjær etter laster Bk10 Vogntoglast

Non-Commercial Use Only

Tverrsnittklasse etter tabell 5.1 NS 93-1-1

(VEd og My.Ed definert for kjøretøylast i bruddlasttilfelle)

$f_y := 355 \ \frac{N}{mm^2}$ $\quad f_d := \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$ $\quad c := \frac{b}{2} - r = 120 \ mm$ $\quad b = 300 \ mm$

$t_f = 28 \ mm$

$$\varepsilon := \sqrt[2]{\frac{235 \ \frac{N}{mm^2}}{f_y}} = 0.814$$

Sjekker Tverrsnittsklasse

$$\left.\begin{array}{l} \text{if } \frac{c}{t_f} \le 9 \cdot \varepsilon \\ \quad \| \text{ return } 1 \\ \text{else if } \frac{c}{t_f} \le 10 \cdot \varepsilon \\ \quad \| \text{ return } 2 \\ \text{else if } \frac{c}{t_f} \le 14 \cdot \varepsilon \\ \quad \| \text{ return } 3 \end{array}\right| = 1$$

Dim Moment etter Tvkl 1:

$W_{pl} := 2 \cdot S_y$

$\gamma_{M0} := 1.05$

(6.13) $M_{c.Rd} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2941.429 \ kN \cdot m$

(6.12) $\frac{M_{y.Ed}}{2 \cdot M_{c.Rd}} = 0.143$

Har to bjelker, deler derfor med 2

$$\left.\begin{array}{l} \text{if } \frac{M_{y.Ed}}{2 \cdot M_{c.Rd}} \le 1 \\ \quad \| \text{ return "OK"} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{ return "IKKE OK"} \end{array}\right| = \text{"OK"}$$

Bjelkene er overdimensjonerte etter denne beregningen og spennet, man kan godt gå ned på dimensjon dersom videre beregninger viser liknende resultater.

Non-Commercial Use Only

Dim Skjær etter TvKl 1:

$\eta := 1 \qquad h_w := h - 2\ t_w - 2\ r = 700\ mm$

$$A_V := \begin{cases} A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f & \text{if } A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f > \eta \cdot h_w \cdot t_w \\ \eta \cdot h_w \cdot t_w & \text{else} \end{cases} = 13900\ mm^2$$

(6.18) $$V_{Pl.Rd} := \frac{A_V \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt[2]{3}}\right)}{\gamma_{M0}} = 2713.271\ kN$$

$V_{c.Rd} := V_{Pl.Rd}$

(6.17) $$\frac{V_{z.Ed}}{V_{c.Rd}} = 0.083$$

$$\begin{cases} \text{return "Beregn red mom kapasitet"} & \text{if } \frac{V_{z.Ed}}{V_{c.Rd}} \geq \frac{1}{2} \\ \text{return "Alt ok!"} & \text{else} \end{cases} = \text{"Alt ok!"}$$

Vippekapasitet

Vipping med knekkurve

$$\begin{cases} \text{return "a"} & \text{if } \frac{h}{b} \leq 2 \\ \text{return "b"} & \text{else if } \frac{h}{b} > 2 \end{cases} = \text{"b"}$$

for sveiste I profiler

$v := 0.3$ Pkt 3.2.6 NS 93-1-1

$E := 210000\ \frac{N}{mm^2}$

$W_y := 2 \cdot S_y$

$I_w := C_w$

$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + v)} = 80769.231\ \frac{N}{mm^2}$

$\alpha_{LT} := 0.34$ Tabell 6.3 NS 93-1-1

$\lambda_{LT.0} := 0.4$

Non-Commercial Use Only

$\beta := 0.75$

$$M_{cr.0} := \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 \cdot E \cdot I_z \cdot \left(\frac{I_w}{I_z} + \left(\frac{L}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{G \cdot I_T}{E \cdot I_z}\right)^{0.5} = 871.488\ kN \cdot m$$

Kritisk vippemoment

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr.0}}} = 1.883$$

6.56 NS 93-1-1

$$\Phi_{LT} := \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}\right) + \beta \cdot \lambda_{LT}^{\ 2}\right)$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \left(\Phi_{LT}^{\ 2} - \beta \cdot \lambda_{LT}^{\ 2}\right)^{0.5}} = 0.296$$

(6.56) NS 93-1-1

$$\chi_{LT} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \chi_{LT} \le \dfrac{1}{\lambda_{LT}^{\ 2}} \\ \quad \left\| \text{return } \chi_{LT} \right. \\ \text{else} \\ \quad \left\| \text{return } \dfrac{1}{\lambda_{LT}^{\ 2}} \right. \end{array} \right. = 0.282$$

(6.57) NS 93-1-1

$$A_{trykk} := b \cdot t_f + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot t_w \cdot \left(h - 2 \cdot t_f\right)\right) = \left(1.024 \cdot 10^4\right)\ mm^2$$

$$I_{f.z} := \frac{1}{12} \cdot t_f \cdot b^3 + \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot h\right) \cdot t_w^{\ 3} = \left(6.304 \cdot 10^7\right)\ mm^4$$

$$i_{f.z} := \left(\frac{I_{f.z}}{A_{trykk}}\right)^{0.5}$$

$$\lambda_{c0} := \lambda_{LT.0} + 0.1 \qquad \lambda_1 := \pi \cdot \left(\frac{E}{f_y}\right)^{0.5}$$

$k_c := 0.94$

$$L_c := \frac{\lambda_{c0} \cdot M_{c.Rd} \cdot i_{f.z} \cdot \lambda_1}{k_c \cdot \left(\frac{1}{2} M_{y.Ed}\right)} = 22.257\ m$$

Opptredende moment er beregnet for hele bruen, denne fordeles på to stålbjelker dermed halveres denne her. Knekklengden er 1.63 ganger spennlengden for moment om x-akse, den dimensjonerende kommer fra vind last sammen med 25% bremselast iht HB R412 som gir et simultant moment om z-akse. Knekk kapasiteten beregnes dermed etter NS-EN 1991-1 (6.3.3.(4)) likning (6.61) og (6.62)

Non-Commercial Use Only

$\gamma_{M1} := 1.05$

$M_{y.Ed} = 843.07\ kN \cdot m$

(6.55) NS 93-1-1 $M_{b.Rd} := \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 829.989\ kN \cdot m$

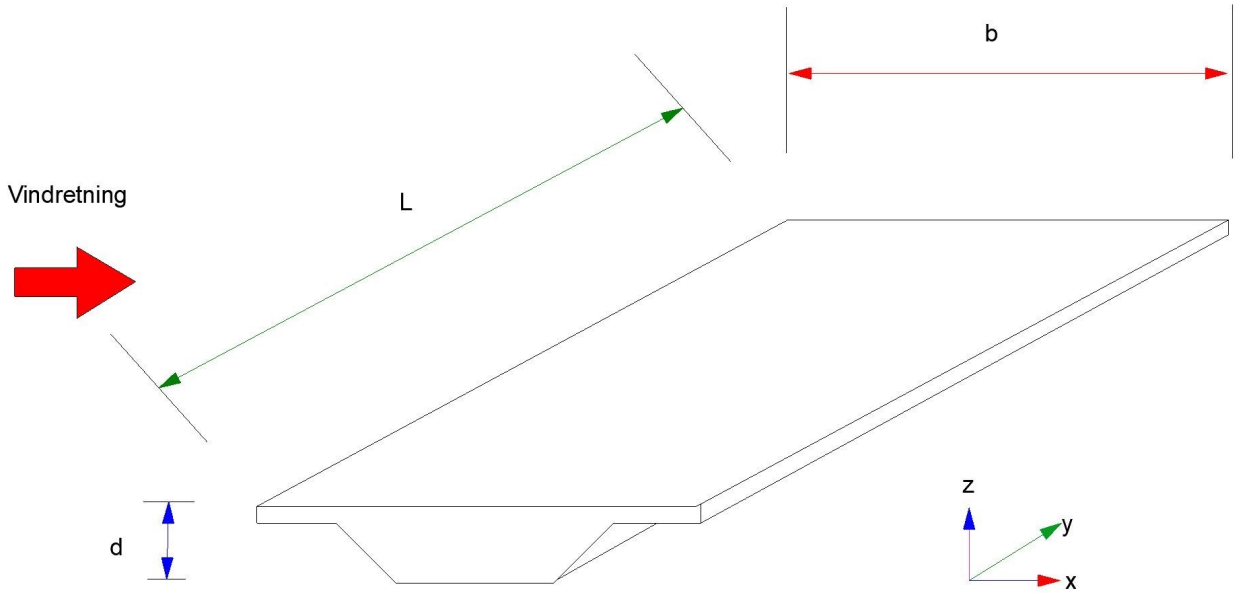
Knekkingskapasitet etter 6.3.2.1 NS 93-1: $\frac{M_{y.Ed}}{M_{b.Rd}} = 1.016$

Skal være mindre enn 1 IKKE OK!
Ettersom knekkingskapasiteten blir dimensjonerende velges det å legge inn minst en avstivning i senter av spennet. Robot viser at kombinasjonen av moment om både x og z gir en instabilitet som kan løses ved å avstive mot vipping minst hver 7.5m. Dette kommer av at det i Robot er beregnet for Bk10 med en vindlastpåkjenning og punktlast i x-retning som beregnet videre i vedlegget.

Non-Commercial Use Only

NS-EN 1991-1-4 Laster på konstruksjoner - Del 1-4 Vindlaster .

Kapittel 8 gjelder kun for bruer med fast dybde som består av ett brudekke med ett eller flere spenn.



Figur: Retninger for vindpåvirkninger på bruer, tegnet fra NS-EN 1991-1-4 (Opprinnelig figur 8.2). Sidelast for vind blir beregnet med aksesystem som vist ovenfor, dette gir moment om Z akse for vindpåkjenning.

Referansehastighet for Tromsø kommune er hentet fra referansetabell NA.4(901.1) - Referansevindhastighet Vb.0 for kommunene.

$V_{b.0} := 27 \ \frac{m}{s}$

Ettersom vi har en 1-feltsbru beregnes Cfx.0 vha figur 8.3 i NS-EN 1991-1-4. Høyden beregnes fra bunn stålbjelke til topp lastebil.

Brutype a1, b2. b2 med lastebil

$b := 5000 \ mm$ $\quad h_b := 2000 \ mm$ $\quad h_{kj} := 4200 \ mm$ $\quad h_{rv} := 900 \ mm$

$d_{tot} := h_b + h_{kj} - h_{rv} = 5.3 \ m$ $\quad b = 5 \ m$ $\quad \frac{b}{d_{tot}} = 0.943$ $\quad A_{ref.x} := d_{tot} \cdot L = 79.5 \ m^2$

$C_{fx.0} := 2.2$ Hentet fra diagram

(Se formel 4.10 MERKNAD 2) Luftens densitet: $\rho := 1.25$

Non-Commercial Use Only

Etter stedskart samt tabell 4.1 i NS-EN 1991-1-4 antas terrengkategori ll. Kategori ll beskrives som område med lav vegetasjon som gress og spredte hindringer (trær, bygninger med avstand minst 20 gamger deres høyde)

$z_0 := 0.05\ m$ $\quad z := 1.0\ m$ $\quad z_{0.ll} := 0.05\ m$

Tabell NA.4(901.5) angir årstidsfaktor C season:

$C_{season} := 1.0$

Tabell NA.4(901.4) angir retningsfaktoren:

$C_{dir} := 1.0$ $\quad C_0 := 1.0$

$k_i := 1.0$

(4.1) $V_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b.0}$

$K := 0.2$ $\quad n := 0.5$ (MERKNAD 5 under kapittel 5.2)

(4.2) $C_{prob} := \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-\rho))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0.98))}\right)^n$ $\quad \rho := 1.25\ \frac{kg}{m^3}$

(4.5) $k_r := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0.ll}}\right)^{0.07}$

(4.4) $C_r := k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$

(4.3) $V_m := C_r \cdot C_0 \cdot V_b$

(4.6) $\sigma_v := k_r \cdot V_b \cdot k_i$

(4.7) $I_v := \frac{\sigma_v}{V_m}$

(4.8) $q_p := (1 + 7 \cdot I_v) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m{}^2 = 492.53\ Pa$

(4.10) $q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b{}^2 = 455.625\ Pa$

(4.9) $C_e := \frac{q_p}{q_b}$

$C := C_e \cdot C_{fx.0}$

Non-Commercial Use Only

$C = 2.378$ $\qquad A_{ref.x} = 79.5\ m^2$ $\qquad V_b^{\ 2} = 729\ \frac{m^2}{s^2}$

Resultankraften fra vinden blir dermed:

(8.2) $\quad F_W := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^{\ 2} \cdot C \cdot A_{ref.x} = 86.143\ kN$

For å se på påkjenningene til stålbjelkene fordeles kraften på et spenn på 15m samt 2 bjelker:

$$q_{w.Ed.bjelke} := \frac{F_W}{L} \cdot \frac{1}{2} = 2.871\ \frac{kN}{m}$$

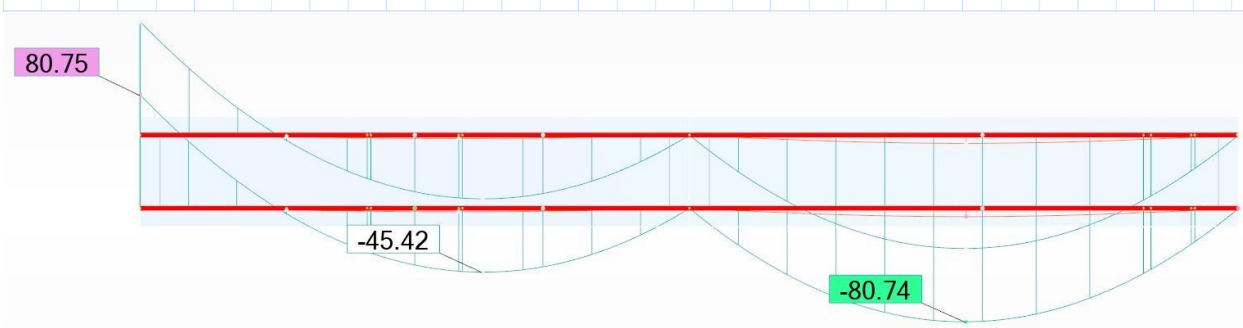
Ved fritt opplagt i x retning får vi følgende momentfordeling,
dette vises også på høyre side av figuren nedenfor.

$$M_{z.Ed.bjelke.maks} := \frac{q_{w.Ed.bjelke} \cdot (15\ m)^2}{8} = 80.759\ kN \cdot m$$

Ved fastholding av moment om Z ved opplager A får vi en momentfordeling:

$$M_{z.Ed.fast.A} := \frac{9 \cdot q_{w.Ed.bjelke} \cdot L^2}{128} = 45.427\ kN \cdot m$$

$$M_{z.Ed.fast.maks} := \frac{q_{w.Ed.bjelke} \cdot L^2}{8} = 80.759\ kN \cdot m$$



Non-Commercial Use Only

Bremselast normalt på bruens lengde .

For å finne dimensjonerende bremselast benytter vi NS-EN 1991-2:2003 (E) abs. 4.3.1

$\alpha_{Q1} := 1.0$ $\quad Q_{1k} := 300\ kN$ $\quad L_{bru} := 30 \cdot m$

$w_1 := 5.5 \cdot m$

$\alpha_{q1} := 0.6$ $\quad q_{1k} := 9\ \frac{kN}{m^2}$ $\quad q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 5.4\ \frac{kN}{m^2}$

$q_{1tot} := (\alpha_{q1}) \cdot q_{1k} \cdot L_{bru} = 162\ \frac{kN}{m}$

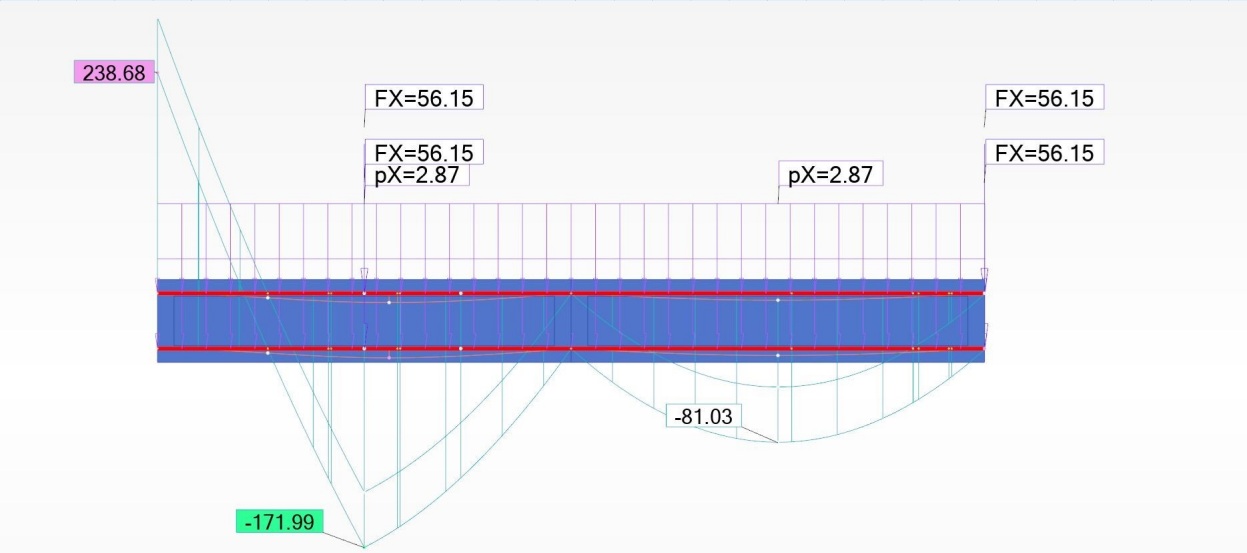
(4.6) $\quad Q_{ik} := 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L_{bru}$

$Q_{ik} = 449.1\ kN$

$F_{x.brems.bjelke} := \frac{0.25 \cdot Q_{ik}}{2} = 56.138\ kN$

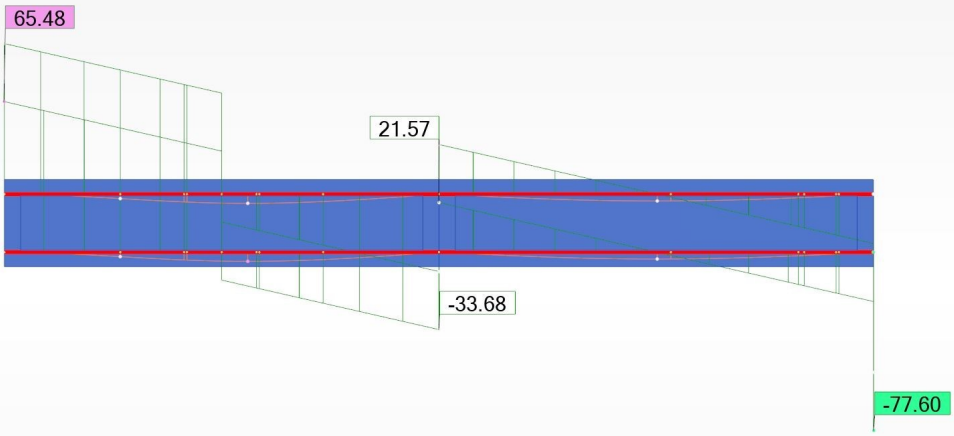
Sidelast beskrives i HB R412: 'Virkningen av skjev eller usymmetrisk bremsing av kjøretøy, sidestøt o.l., beregnes på grunnlag av en vilkårlig plassert horisontallast S=25% av bremselasten ovenfor. Den opptrer samtidig med bremselasten og den tilhørende vertikallast.'

Bremselasten for Bk10 er definert som 300kN, men den er beregnet ihht NS til 450kN. Sistnevnte benyttes i beregningene i Robot.



Som vist av beregningene i Robot er det ugunstig å holde fast opplageret i A mot moment dersom det skal motstå bremsekraft på 56kN midt på spennet.

Non-Commercial Use Only



Skjærkraften blir ikke spesielt høy, denne er det enkelt nok å dimensjonere for. Grunnen til den høye skjærkraften i akse C er at punktlast fra bremselast står her.

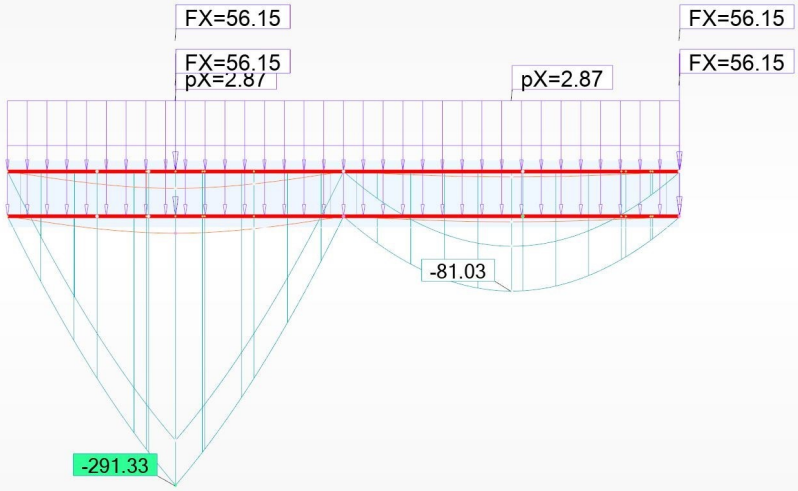
Dersom det er mulig å oppheve momentet i opplageret om Z akse på grunn av vind samt 25% bremselast vil dette være det gunstigste. Dette vises nedenfor.

$$V_{x.Ed} := \frac{q_{w.Ed.bjelke} \cdot L}{2} + F_{x.brems.bjelke} = 77.673\ kN \qquad V_{x.Ed} := \frac{q_{w.Ed.bjelke} \cdot L}{2} = 21.536\ kN$$

$$M_{z.brems.bjelke} := \frac{F_{x.brems.bjelke} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2}{L} = 210.516\ kN \cdot m$$

$$M_{z.vind.bjelke} := \frac{q_{w.Ed.bjelke} \cdot (15\ m)^2}{8} = 80.759\ kN \cdot m$$

$$M_{z.Ed} := M_{z.vind.bjelke} + M_{z.brems.bjelke} = 291.275\ kN \cdot m$$



Non-Commercial Use Only

Vippekapasitet med moment om Y og Z .

I NS-EN 1993-1-1 punkt 6.3.3(4) står det at «Staver som utsettes for kombinert bøyning og aksialkraft bør oppfylle sølgende:»

$$(6.61) \qquad \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z.Ed} + \Delta M_{z.Ed}}{\frac{M_{z.Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$(6.62) \qquad \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z.Ed} + \Delta M_{z.Ed}}{\frac{M_{z.Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

For verst tenkelige mulige tilfelle av laster bruen kan få i et øyeblikk av sin livslengde har vi følgende scenario:

En stormfull dag blåser det 27m/s sørlig bris, samtidig bremser en sjåfør av et vogntog med angitte laster etter Bk 10 (vogntoglast) opp midt på et av bruspennene med en kraft på 25% i samme retning som vindpåkjenningen, fordi sjåføren får en laks på 25kg inn i førerhuset, da den stakkars fisken i et forsøk på å utføre lett akrobatikk ved å hoppe over bruen ikke så vogntoget komme.

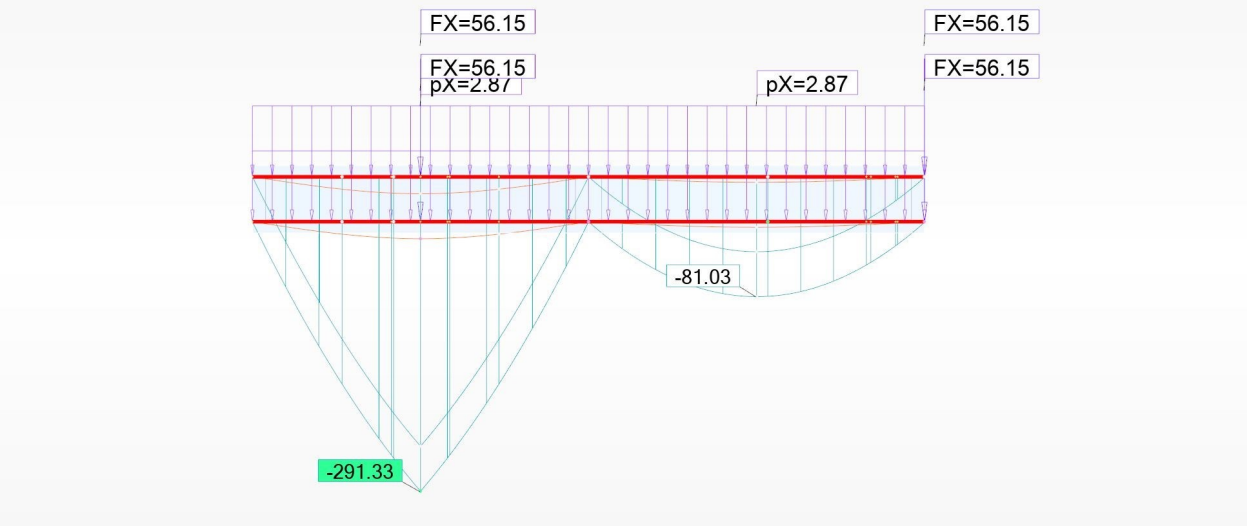
Det beregnes fremdeles per bjelke, og aksialkraften antas å fordeles jevnt utover bæredekket slik at den ikke påvirker i ett og samme punkt.

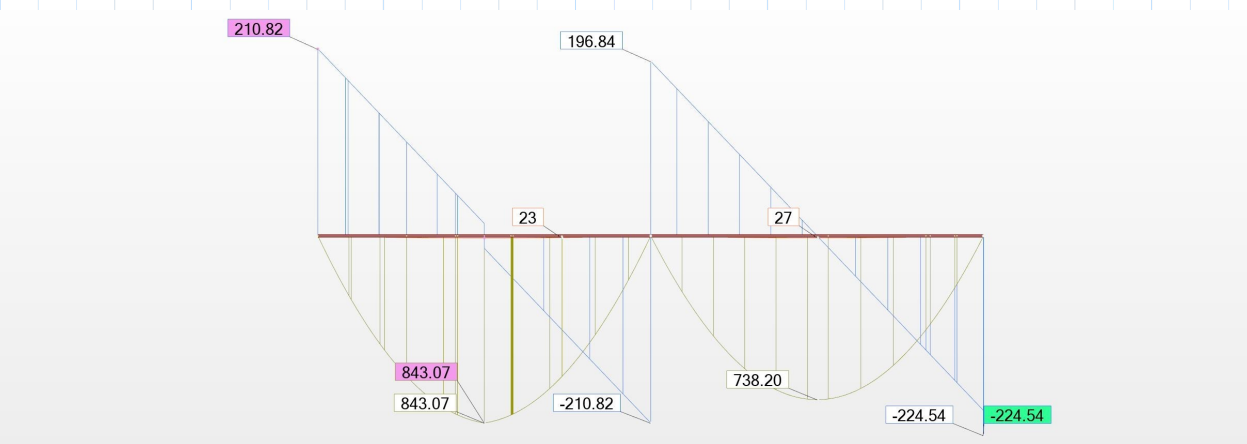
$N_{Ed} := \frac{Q_{ik}}{2} = 224.55\ kN$ $\qquad$ $F_{x.Ed} := 0.25 \cdot N_{Ed} = 56.138\ kN$

$M_{z.Ed} = 291.275\ kN \cdot m$ $\qquad$ $V_{x.Ed} = 21.536\ kN$

$M_{y.Ed} = 843.07\ kN \cdot m$ $\qquad$ $V_{z.Ed} = 224.54\ kN$

Non-Commercial Use Only





Har kombinasjon av punktlast og jevnt fordelt last, interpolerer.

$$M_{y.Fz} := \frac{28\ kN \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2}{L} = 105\ kN \cdot m \qquad M_{y.q} := \frac{15.625\ \frac{kN}{m} \cdot L^2}{8} = 439.453\ kN \cdot m$$

$$P_1 := \frac{M_{y.Fz}}{M_{y.q}} = 0.239 \qquad \alpha_h := 0 \qquad C_{my} := 0.95 \cdot (1 - P_1) + 0.90 \cdot P_1 = 0.938$$

$$M_{z.Fx} := \frac{F_{x.Ed} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2}{L} = 210.516\ kN \cdot m \qquad M_{z.q} := \frac{2.87\ \frac{kN}{m} \cdot L^2}{8} = 80.719\ kN \cdot m$$

$$P_2 := \frac{M_{z.q}}{M_{z.Fx}} = 0.383 \qquad \alpha_h := 0 \qquad C_{mz} := 0.95 \cdot P_2 + 0.90 \cdot (1 - P_2) = 0.919$$

$l_{kz} := 15\ m$ Her bestemmes knekklengdene

$l_{ky} := 15\ m$

Non-Commercial Use Only

$$N_{cr.y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{l_{ky}^{\ 2}} = 27948.088\ kN \qquad N_{cr.z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{l_{kz}^{\ 2}} = 1164.35\ kN$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A}} \qquad i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

$$(6.52)\ \lambda_y := \sqrt[2]{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.603 \qquad \lambda_z := \sqrt[2]{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.z}}} = 2.953$$

Knekkurve a for y-y og b for z-z ($h/b := 2.63 > 1.2 \quad tf = 28 < 40$)

$$\chi_y := 0.89 \qquad \chi_z := 0.1$$

$$N_{Rk} := \chi_y \cdot f_d \cdot A = 8605.876\ kN$$

Benytter tabell B.1 i tillegg B i NS-EN 1993-1-1

$$k_{yy} := C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}\right) = 0.95 \qquad \lambda_y \le 1 \qquad k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} := C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_z - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}\right) = 2.255 \qquad \lambda_z \le 1 \qquad k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz}$$

Da vi har tverrsnittsklasse 1 blir $\Delta M_{y.Ed} := 0 \quad \Delta M_{z.Ed} := 0$

$$W_{y.pl} := 7680 \cdot 10^3\ mm^3 \qquad W_{z.pl} := 843 \cdot 10^3\ mm^3$$

$$M_{y.pl.Rd} := f_d \cdot W_{y.pl} \qquad M_{z.pl.Rd} := f_d \cdot W_{y.pl}$$

$$M_{y.Rk} := M_{y.pl.Rd} \qquad M_{z.Rk} := M_{z.pl.Rd}$$

Non-Commercial Use Only

$$k_{yy} \cdot \frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z.Ed} + \Delta M_{z.Ed}}{\frac{M_{z.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 1.307$$

$$k_{zy} \cdot \frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z.Ed} + \Delta M_{z.Ed}}{\frac{M_{z.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.954$$

Robot antar: $\chi_{LT} := 0.25$

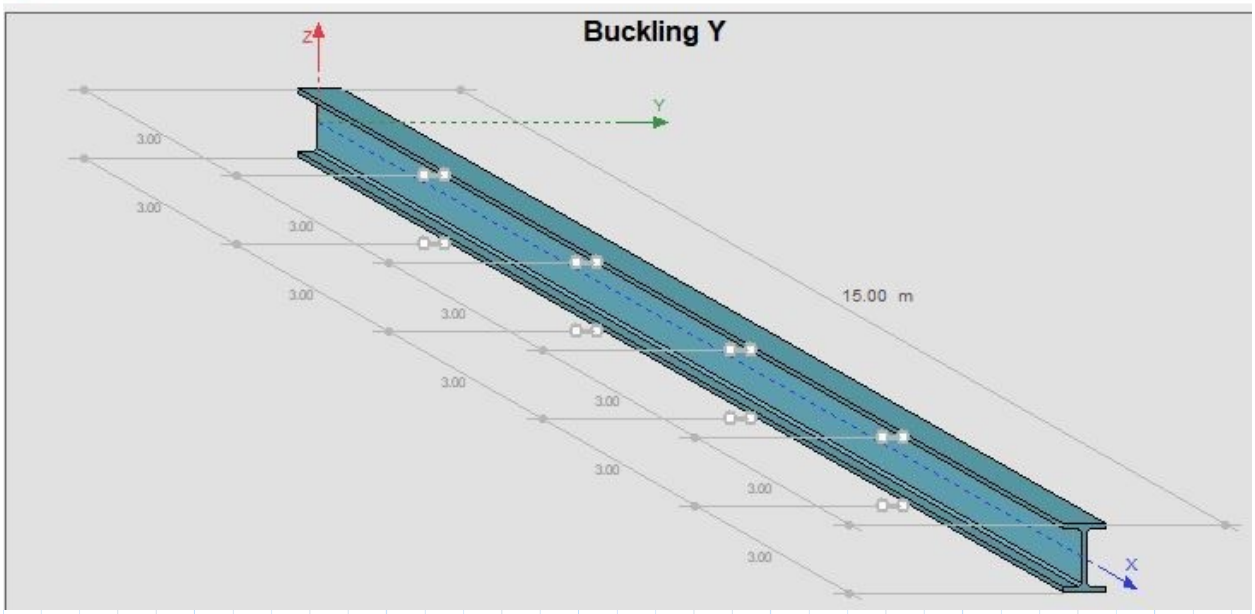
$$k_{yy} \cdot \frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z.Ed} + \Delta M_{z.Ed}}{\frac{M_{z.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 1.454$$

$$k_{zy} \cdot \frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z.Ed} + \Delta M_{z.Ed}}{\frac{M_{z.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 1.043$$

Robot finner noe høyere verdier enn jeg, programmet kalkulerer også med tilleggsmomentene $\Delta M_{y.Ed}$ og $\Delta M_{z.Ed}$ og får likning 6.61 og 6.62 til å bli 1.87 for alle samlede laster. Dersom jeg motvirker vipping i senter av spennet ved å fastholde øvre flens går denne ned til 1.28 og dersom jeg fastholder hver 5 meter gir Robot 1.09 som svar, bjelken er da utnyttet 109%. Dersom bjelkene fastholdes mot vipping hver 3 meter vil utnyttelsen være 97% for dette ytterst sjeldne forekommende fenomenet. Det anbefales derfor sikring mot vipping hver 3 meter dersom bruksklasse 10 skal være oppfyllt.

Non-Commercial Use Only

Internal bracings



RESULTS - Code - NS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014

Auto

HEA 800

Bar: 1 Simple bar_1
Point / Coordinate: 1 / x = 0.50 L = 7.50 m
Load case: 109 Vogntoglast Bk10 (W+) 1*1.15+(36+37)*1.40+3*1.02+2*1.0

Section OK

OK

Change

Simplified results | Detailed results

FORCES

My,Ed = 843.07 kN*m	Mz,Ed = -291.12 kN*m	Vy,Ed = -28.05 kN
My,pl,Rd = 2941.41 kN*m	Mz,pl,Rd = 443.68 kN*m	Vy,T,Rd = 3199.90 kN
My,c,Rd = 2941.41 kN*m	Mz,c,Rd = 443.68 kN*m	Vz,Ed = -14.00 kN
		Vz,T,Rd = 2550.68 kN
Mb,Rd = 2678.74 kN*m		Tt,Ed = 11.08 kN*m
		Class of section = 1

Forces

Detailed

LATERAL BUCKLING

z = 1.00	Mcr = 8562.85 kN*m	Curve,LT - c	XLT = 0.89
Lcr,upp=3.00 m	Lam_LT = 0.60	fi,LT = 0.68	XLT,mod = 0.91

BUCKLING y

BUCKLING z

Calc. Note

Parameters

Help

SECTION CHECK

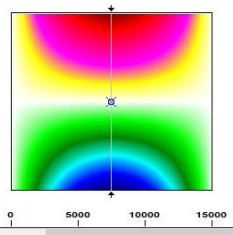
(My,Ed/MN,y,Rd)^ 2.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.74 < 1.00 (6.2.9.1.(6))

Tau,ty,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.27 < 1.00 (6.2.6)

MEMBER STABILITY CHECK

My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.97 < 1.00 (6.3.3.(4))

Non-Commercial Use Only



NS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014 - Member Verification (ULS) 1

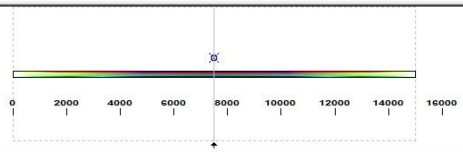
Results | Messages

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
1 Simple bar_1	HEA 800	S355	690.52	225.56	0.97	109 Vogntoglast Bk

Calc. Note | Close | Help

Ratio: Analysis | Map

Calculation points
Division: n = 3
Extremes: none
Additional: none



RESULTS - Code - NS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014

Auto

HEA 800

Bar: 1 Simple bar_1
Point / Coordinate: 1 / x = 0.50 L = 7.50 m
Load case: 109 Vogntoglast Bk10 (W+) 1*1.15+(36+37)*1.40+3*1.02+2*1.0

Section OK

OK | Change | Forces | Detailed | Calc. Note | Parameters | Help

Simplified results | Detailed results

FORCES

My,Ed = 843.07 kN*m
My,pl,Rd = 2941.41 kN*m
My,c,Rd = 2941.41 kN*m
Mb,Rd = 2678.74 kN*m
Mz,Ed = -291.12 kN*m
Mz,pl,Rd = 443.68 kN*m
Mz,c,Rd = 443.68 kN*m
Vy,Ed = -28.05 kN
Vy,T,Rd = 3199.90 kN
Vz,Ed = -14.00 kN
Vz,T,Rd = 2550.68 kN
Tt,Ed = 11.08 kN*m
Class of section = 1

LATERAL BUCKLING

z = 1.00
Lcr,upp=3.00 m
Mcr = 8562.85 kN*m
Lam_LT = 0.60
Curve,LT - c
fi,LT = 0.68
XLT = 0.89
XLT,mod = 0.91

BUCKLING y

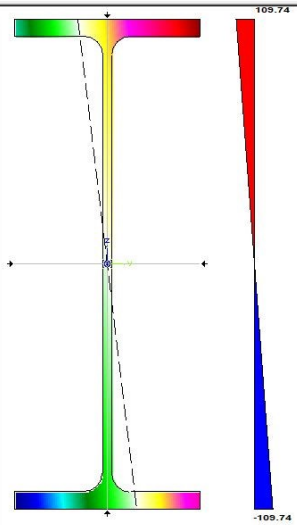
BUCKLING z

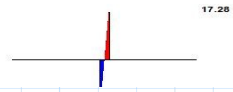
SECTION CHECK

(My,Ed/MN,y,Rd)^ 2.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.74 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Tau,ty,Ed/(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.27 < 1.00 (6.2.6)

MEMBER STABILITY CHECK

My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.97 < 1.00 (6.3.3.(4))





Non-Commercial Use Only