

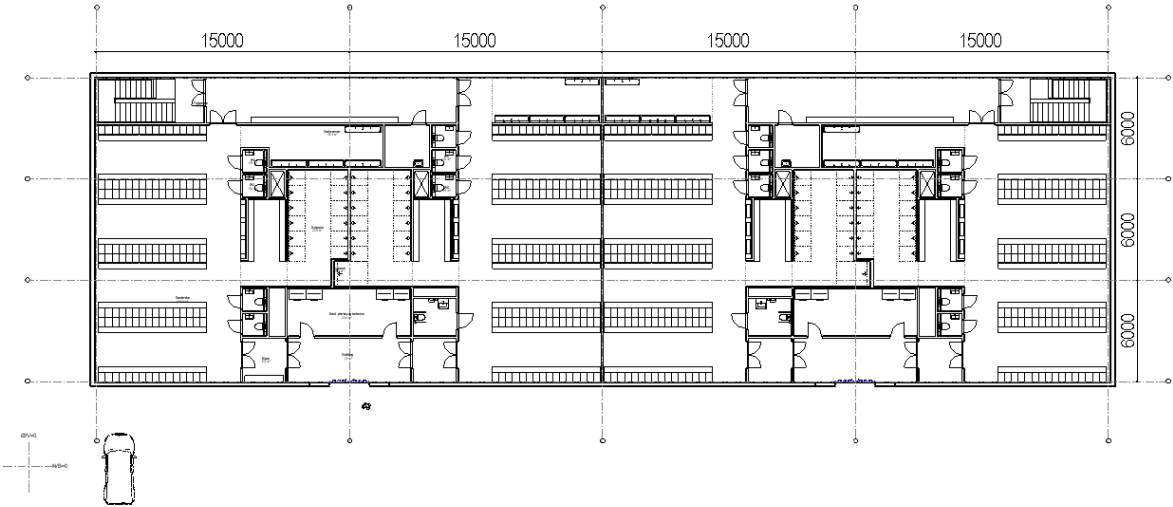
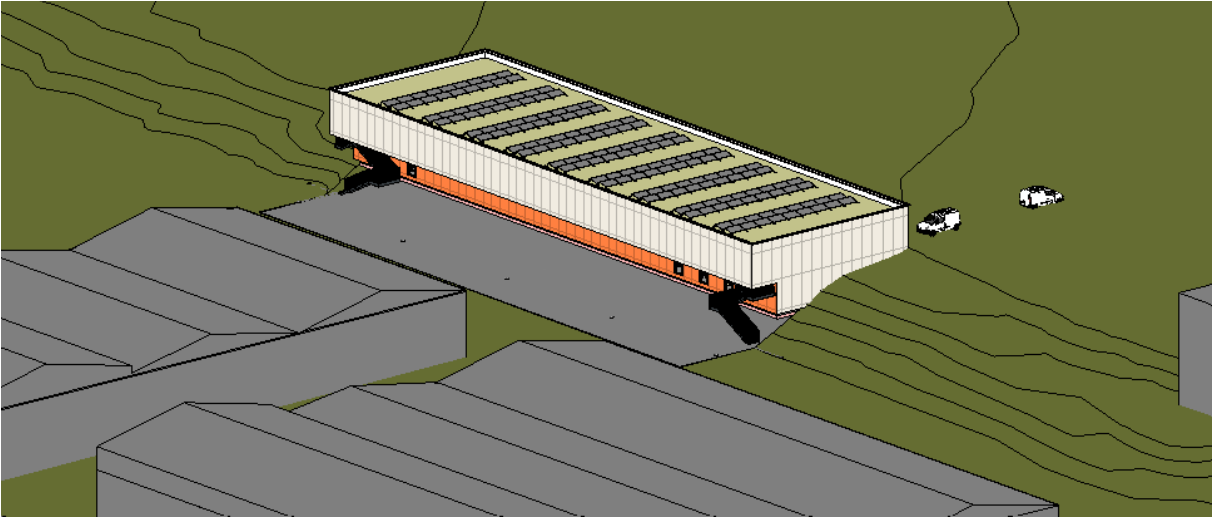
Vedlegg

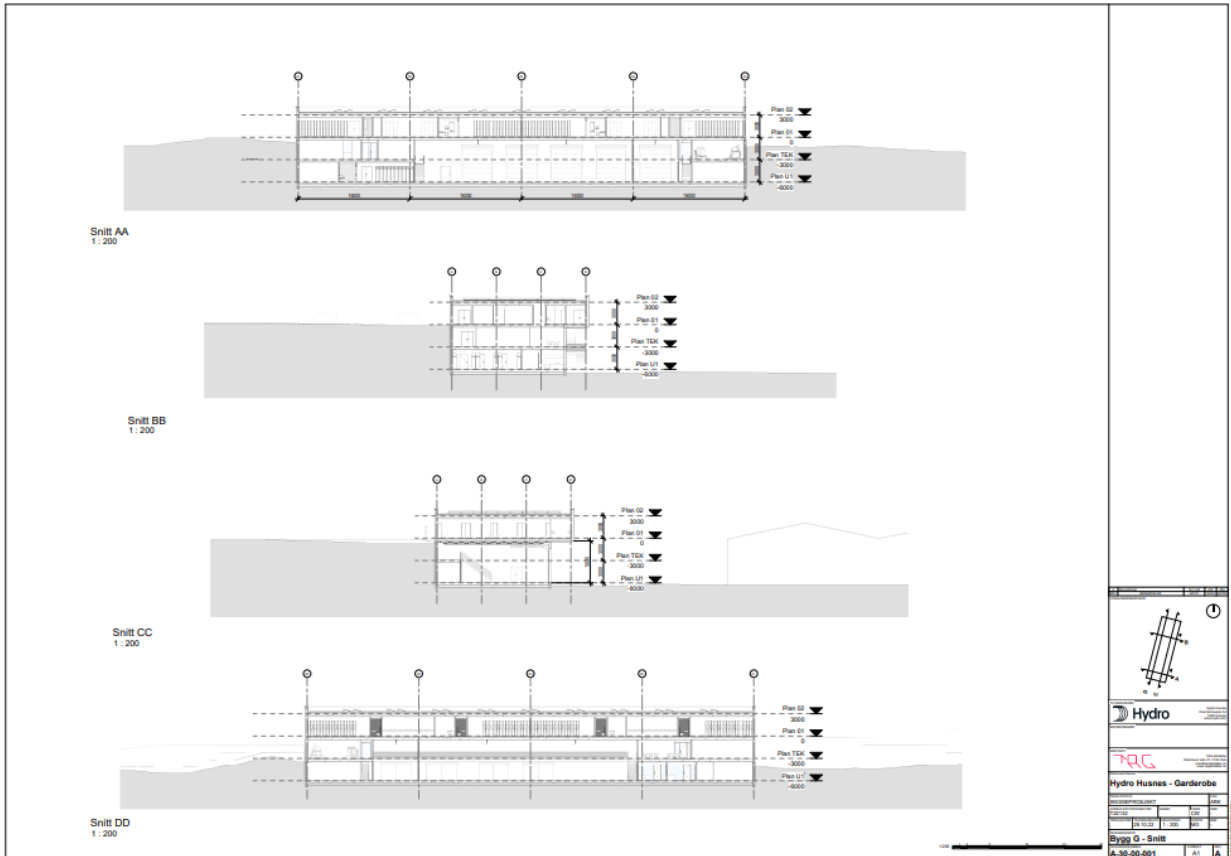
Innholdsfortegnelse

1. Grunnlag	2
2. Laster	3
2.1. Egenlast & Nyttelast	3
2.2. Grensetilstander	4
2.3. Snølast	4
2.4. Vindlast	5
2.4.1. Topografifaktor:	5
2.4.2. Vindlastberegning OS-prog	7
3. Bæresystem 1	11
3.1. Dekke	11
3.2. Bjelker	13
3.3. Søyler	14
4. Bæresystem 2	16
4.1. Bjelke	17
4.1.1. HEA220	17
4.1.2. C30 48x223	17
4.1.3. IPE220	19
4.2. Søyler	20
4.2.1. HUP120	20
4.2.2. C24 48x198	21
5. Klima	22
5.1. Materialmengder	22
5.1.1. Betong	22
5.1.2. Tre	22
5.2. Betong	23
5.3. Tre	23
5.4. Tre sammenlignet med betong	24

1.Grunnlag

Arkitektmodell med skisser i Revit fil-format.





2. Laster

2.1. Egenlast & Nyttelast

Egenvekt & Nyttelast

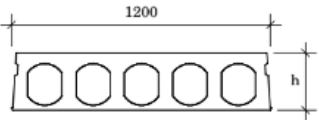
Parametere for utregning: bygget er 60m i lengden, 18m i bredde med utkrager, der utkrager er 2.4m. ellers er bygget 15.6m. Etasjehøyden er 3m. Det er bare regnet på byggets mest utsatte konstruksjonsdeler. Nyttelast og Egenlast er størst, og snølast og vindlast er derfor ikke tatt med i alle dimensjoneringsberegningene. (Veggene er ansett som avstivende for konstruksjonen). Regnes på nedbøyning for utgaker.

Egenvekt Betong: $q_b := 25 \frac{kN}{m^3}$ Gulvareal: $A_{D1x} := 60 \text{ m} \cdot 18 \text{ m} = 1080 \text{ m}^2$

Nyttelast på gulv

Kategori C(C2): $q_k := 4.0 \frac{kN}{m^2}$ Tabell NA.6.2

Egenvekt HD400

ELEMENTTYPE	SKISSE Mål i mm	HØYDE mm	ca. VEKT kN / m ²	ca. MAKS. LENGDE (m)
Hulldekke		200	2,5	10
		265	3,6	12
		320	4,0	15
		400	5,0	17
		500	6,4	21

2.2.Grensetilstander

Her er det brukt verdier for tilnærmet permanent ved bruksgrensekontroll.

Tabell 1 Bruksgrense - dimensjonerende verdier

Lastkombinasjoner som skal påvises	Permanente laster	Dominerende variabel last	Andre variable laster
Karakteristisk	1.0	1.0	1.0 Ψ_0
Ofte forekommende	1.0	1.0 Ψ_1	1.0 Ψ_2
Tilnærmet permanent	1.0	1.0 Ψ_2	1.0 Ψ_2

Brukt 6.10b) for alle beregninger i bruddgrensetilstand.

Tabell 2 Bruddgrense - dimensjonerende verdier

Situasjon	Permanente laster γ_{Gj} eller $\zeta\gamma_{Gj}$	Dominerende variabel last γ_{Q1} eller $\Psi_{01}\gamma_{Q1}$	Andre variable laster ²⁾ γ_{Qi} eller $\Psi_{0i}\gamma_{Qi}$
6.10a)	1,35/1,0 ¹⁾	1,05	1,05
6.10b)	1,20/1,0 ¹⁾	1,5	1,05

¹⁾Den lastfaktor som gir den ugunstigste lastvirkningen skal benyttes. For kontinuerlige bjelker benyttes samme lastfaktor for egenlast i alle spenn, bortsett fra utkragede deler.
²⁾Se NS-EN 1991 til NS-EN 1999 for γ - verdier for påført deformasjon.

2.3.Snølast

Snølast - NS EN 1991-1-3

Snølast Formfaktor:

Tabell 5.2

$$\mu_1 := 0.8 \quad \text{Takvinkel: } 0^\circ$$

Karakteristisk Snølast:

Tabell N.A.4.1(901)

$$S_{k.0} := 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad S_k := 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Topografifaktor

Tabell 5.1

$$C_e := 1$$

Termisk Faktor

5.2(8)

$$C_t := 1$$

Snølast

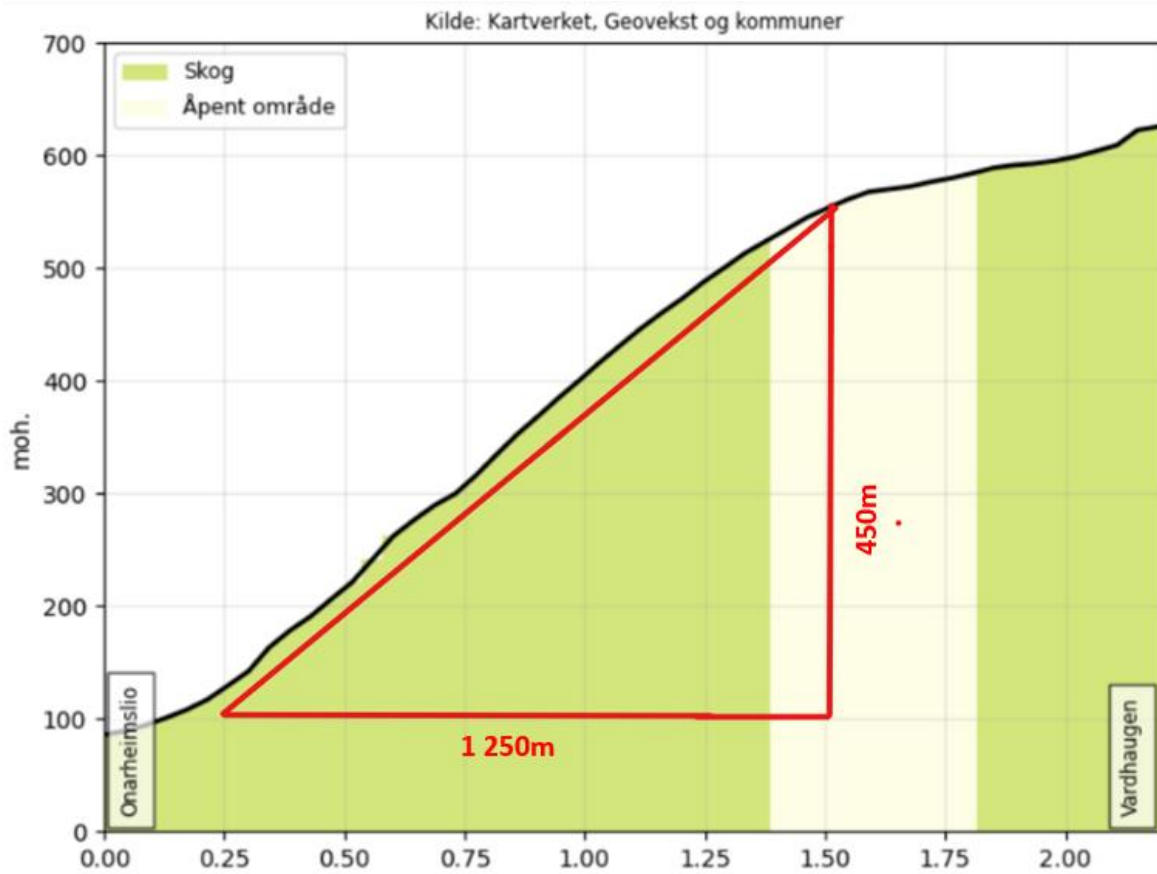
5.2(3)Pa)

$$S := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

(5.1)

2.4.Vindlast

2.4.1. Topografifaktor:



Helning bratteste skråning:

$$l := 1500 \text{ m} - 250 \text{ m} = (1.25 \cdot 10^3) \text{ m} \quad h := 550 \text{ m} - 100 \text{ m} = 450 \text{ m}$$

$$\text{helning} := \text{atan}\left(\frac{h}{l}\right) = 19.799 \text{ deg}$$

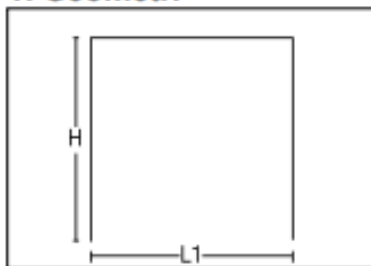
2.4.2.Vindlastberegning OS-prog

Vindlast

Titel Karakteristisk vindlast		Side 1	
Prosjekt Garderobebygg Husnes	Order	Sign M.B	Date 11-05-2023

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.3.1 Laget av Sletten Byggdata AS
Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster
Data er lagret på fil: C:\Users\mbjan\OneDrive\Dokumenter\Bachelor\Vindlast.sls

1. Geometri



H 9000 mm
L1 18000 mm

Byggets lengde, L2: 60000 mm
Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Kvinnherad Referansevindhastighet: 26 m/s
Byggested, høyde over havet (m): 18 Calt: 1
Returperiode (år):50 Cprob: 1
Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året
Vindretning (region):Bruker retningsfaktoren C-ret: 1
Basisvindhastighet: 26 m/s
Høyde Z over grunnivået: 9 m

BYGGSTEDETS TERRENGDATA

Terrengkategorikategori III: Sammenhengende småhusbebyggelse industriområder eller skogsområder.
Terrengkategorifaktoren K_t : 0,22 Ruhetslengden Z_o (m): 0,3 Z_{min} (m): 8 V_m (m/s): 19,45 C_r : 0,75

OVERGANGSONE

Terrengkategorikategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.
Terrengkategorifaktoren K_t : 0,17 Ruhetslengden Z_o (m): 0,01 Z_{min} (m): 2 V_m (m/s) : 30,07 C_r : 1,16
Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierendring X_b (m): 500
Overgangsonenfaktor $C_s(X_b)$: 1,27 $V_m(z)$: 24,7(lign NA.4(901.2/3))

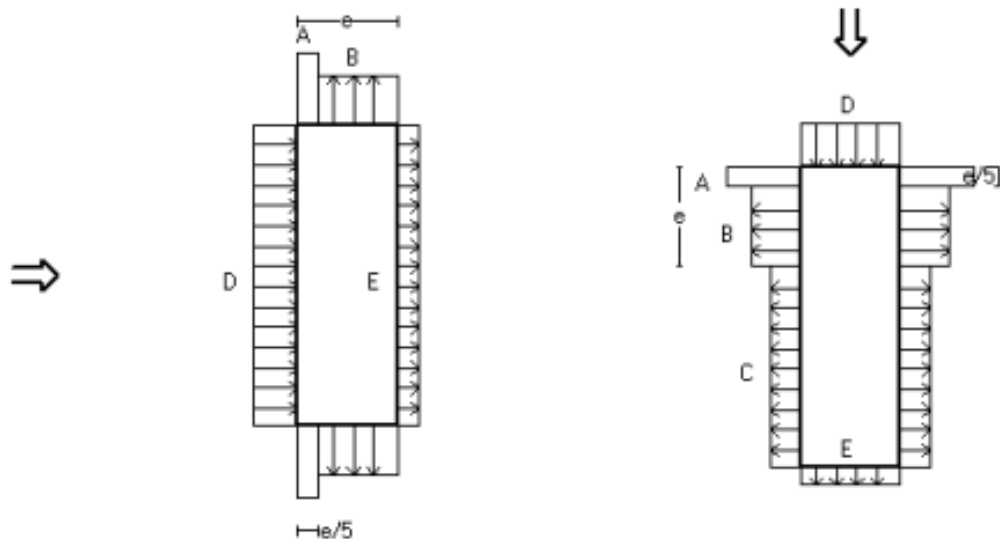
TOPOGRAFI: Ingen topografisk påvirkning.
Terrengformfaktor $C_o(z)$: 1 Turbulensfaktor K_i : 1

Vkast: 37,25 m/s
Qkast: 0,867 kN/m²

Tittel Karakteristisk vindlast		Side 2	
Prosjekt Garderobebygg Husnes	Ordre	Sign M.B	Dato 11-05-2023

3. Yttervegger

3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader. $e=18000$ mm

Vindretning 90 grader. $e=18000$ mm

Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80		0,73	-0,37
Utvendig last (kN/m ²)	-1,04	-0,69		0,64	-0,32
Formfaktor $C_{pe,l}$	-1,40	-1,10		1,00	-0,37
Utvendig last (kN/m ²)	-1,21	-0,95		0,87	-0,32
Utstrekning (mm)	3600	14400		60000	60000

Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
Utvendig last (kN/m ²)	-1,04	-0,69	-0,43	0,61	-0,26
Formfaktor $C_{pe,l}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,30
Utvendig last (kN/m ²)	-1,21	-0,95	-0,43	0,87	-0,26
Utstrekning (mm)	3600	14400	42000	18000	18000

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.

3.2 Innvendig vindlast

Bygning uten dominerende vindfasade

Beregn innvendig vindlast for $u=0.2$ overtrykk og $u=-0.3$ (undertrykk)

	Undertrykk	Overtrykk
Formfaktor	-0,30	0,20
Innvendig last (kN/m ²)	-0,26	0,17

Tittel Karakteristisk vindlast		Side 3	
Prosjekt Garderobebygg Husnes	Ordre	Sign M.B	Dato 11-05-2023

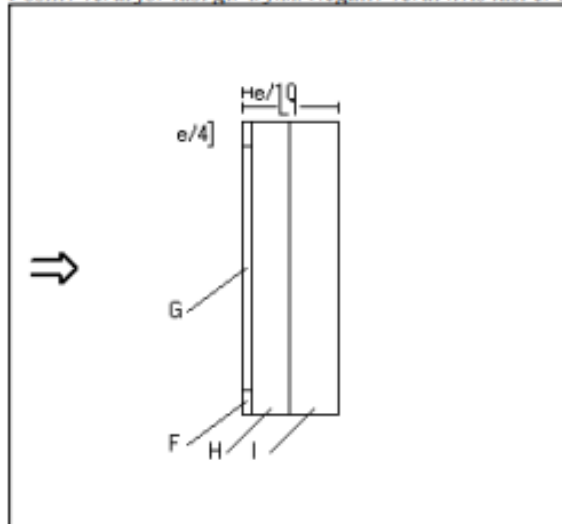
4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=18000 mm L2=60000 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. (>=10m2)

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



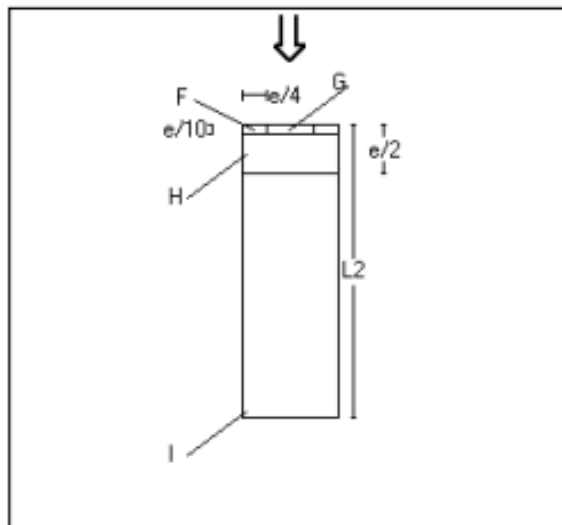
Utstrekning (mm)

$e=18000$

$e/4=4500$

$e/10=1800$

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-1,56	4500x1800
G	-1,20	-1,04	51000x1800
H	-0,70	-0,61	60000x7200
I	+/-0,20	+/-0,17	60000x9000



Utstrekning (mm)

$e=18000$

$e/4=4500$

$e/10=1800$

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-1,56	4500x1800
G	-1,20	-1,04	9000x1800
H	-0,70	-0,61	18000x7200
I	+/-0,20	+/-0,17	18000x51000

Titel Karakteristisk vindlast			Side 4
Prosjekt Garderobebygg Husnes	Ordre	Sign M.B	Date 11-05-2023

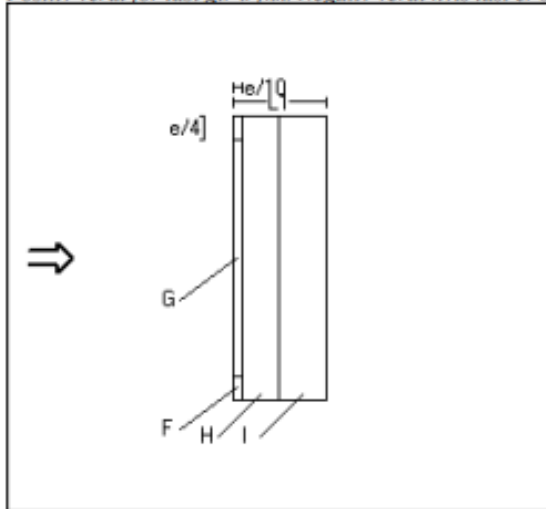
Taktype: Flatt tak

L1=18000 mm L2=60000 mm

Cpe,1 Gjelder for en lokal flate på 1m². Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m² : $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10} A$

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



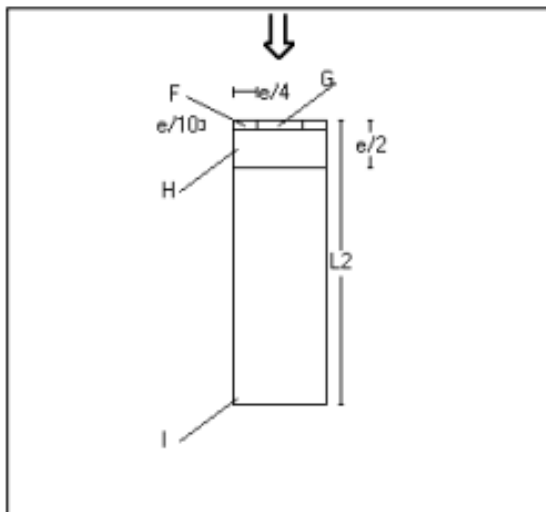
Utstrekning (mm)

e=18000

e/4=4500

e/10=1800

	Cpe,1	Last (kN/m ²)	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-2,17	4500x1800
G	-2,00	-1,73	51000x1800
H	-1,20	-1,04	60000x7200
I	+/-0,20	+/-0,17	60000x9000



Utstrekning (mm)

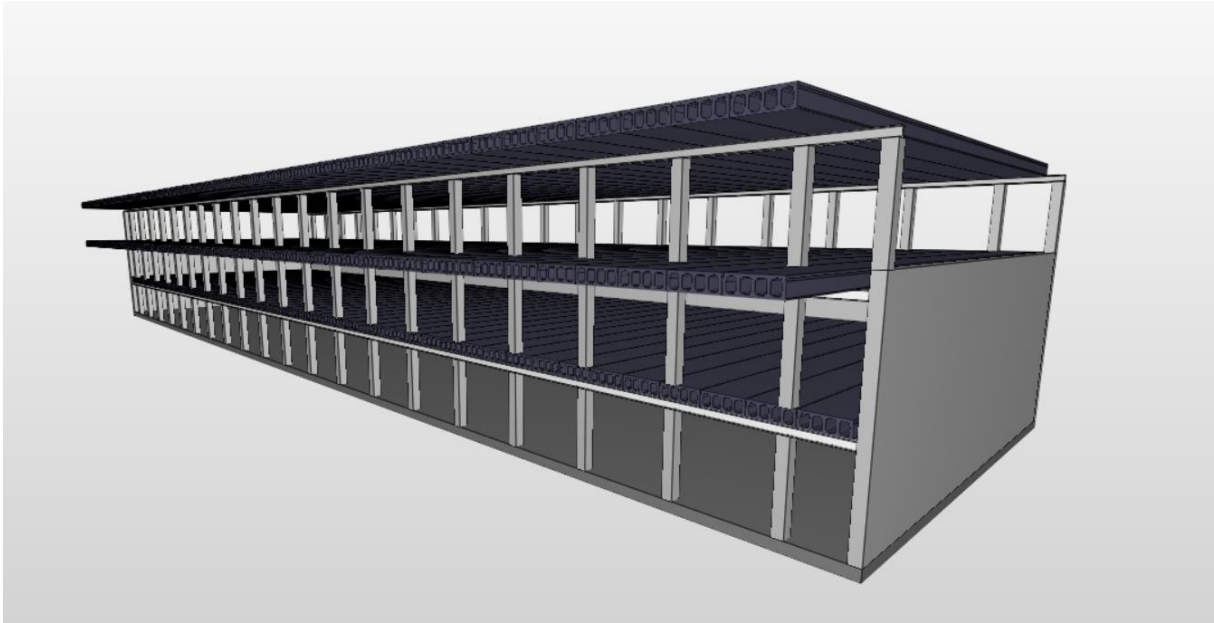
e=18000

e/4=4500

e/10=1800

	Cpe,1	Last (kN/m ²)	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-2,17	4500x1800
G	-2,00	-1,73	9000x1800
H	-1,20	-1,04	18000x7200
I	+/-0,20	+/-0,17	18000x51000

3. Bæresystem 1



3.1. Dekke

Dimensjonering av Bæresystem 1

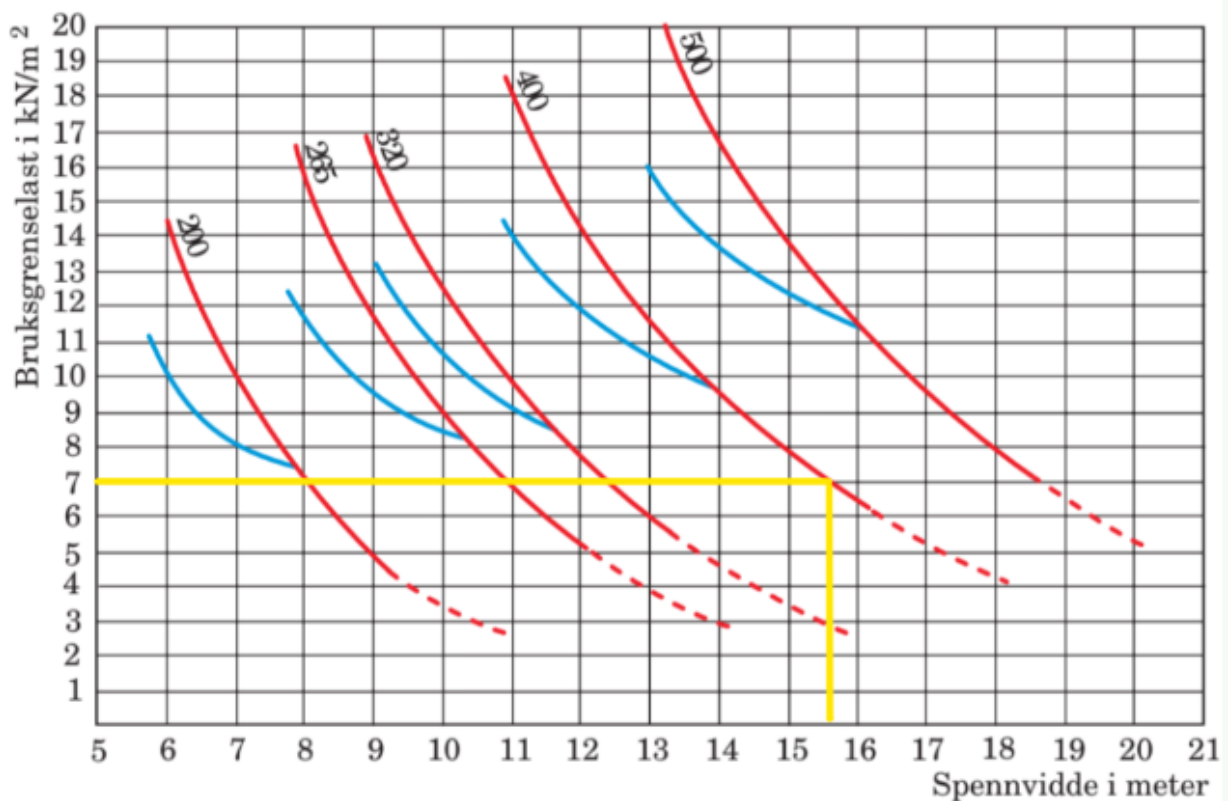
Dekke HD400, Bæresystem 1

Spennvidde for hulldekket er 15.6m, med utkragende del 2.4m. blir regnet på nedbøyning for utkraget del.

$$g_{HD400} := 5 \frac{kN}{m^2}$$

Sammenlikning med verdi

$$\text{Avlest verdi: } 7 \frac{kN}{m^2} > q_k \quad (\text{ok})$$



(Betonelementboka)

Nedbøyning:

Satt nedbøyningskrav til $(1/200) \cdot l$

$$d_{\text{maks}} \text{ (for utkragning ved } y = a) \dots\dots\dots = \frac{qa^3}{24EI} (4\ell + 3a) \quad a := 2.4 \text{ m} \quad l_b := 15.6 \text{ m}$$

(Byggforsk)

$$\psi_2 := 0.6$$

Tabell NA.A1.1.

$$E_b := 360000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad I_b := \frac{(1.2 \text{ m} \cdot (0.4 \text{ m})^3)}{12} = (6.4 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$q_{\text{butjevn}} := g_{HD400} \cdot 1.2 \text{ m} \cdot 1 + q_k \cdot 1.2 \text{ m} \cdot 1 \cdot \psi_2 = 8.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$d_b := \frac{(q_{\text{butjevn}} \cdot a^3)}{24 \cdot E_b \cdot I_b} \cdot (4 \cdot l_b + 3 \cdot a) = 0.015 \text{ cm}$$

Ok for nedbøyning

3.2. Bjelker

Bjelke HEA220, Bæresystem 1

Spennvidde for bjelken er 3m, der største lastbredde er 10.2m. Det blir forenklet sett vekk fra vipping og nedbøyning.

$$\text{Egenvekt HEA220: } g_{HE220A} := 0.50 \frac{kN}{m}$$

$$G_{bn} := (q_k \cdot 1.5 + g_{HD400} \cdot 1.2) \cdot \left(\frac{15.6 \text{ m}}{2} + 2.4 \text{ m} \right) + g_{HE220A} \cdot 1.2 = 123 \frac{kN}{m}$$

Sammenlikning med verdi

$$\text{Avlest verdi: } 143.7 \text{ kn/m} \quad 143.7 \frac{kN}{m} > G_{bn} \quad (\text{ok})$$

Bjelketype	Egenlast kN/m	Bjelkedim. B×H mm×mm	Type kap. pkt. 31	Lastkapasitet (kN/m)											
				Spennvidde, L (m)											
				3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
HE200A	0,42	200×190	q _m	125,0	94,9	72,7	57,4	46,5	38,4	32,3	27,5	23,7	20,7	18,2	16,1
			q _v	110,1	76,6	55,5	41,5	31,8	24,9	19,9	16,2	13,3	11,1	9,3	7,9
			q ₆₄₀₀	55,1	34,7	23,2	16,3	11,9	8,9	6,9	5,4	4,3	3,5	2,9	2,4
HE220A	0,50	220×210	q _m	163,2	121,4	96,0	75,9	61,5	50,8	42,7	36,4	31,4	27,3	24,0	21,3
			q _v	143,7	104,4	75,9	56,9	43,7	34,3	27,4	22,3	18,3	15,3	12,8	10,9
			q ₆₄₀₀	80,8	50,9	34,1	23,9	17,5	13,1	10,1	7,9	6,4	5,2	4,3	3,6

(Byggforsk)

3.3.Søyler



Søyle 300x300, Bæresystem 1

Avstand mellom søyler er 3m. Regnes ikke på deformasjon, da det er god kapasitet.

$$G_{sn} := \frac{(G_{bn} \cdot 3 \text{ m})}{2} = 184.5 \text{ kN}$$

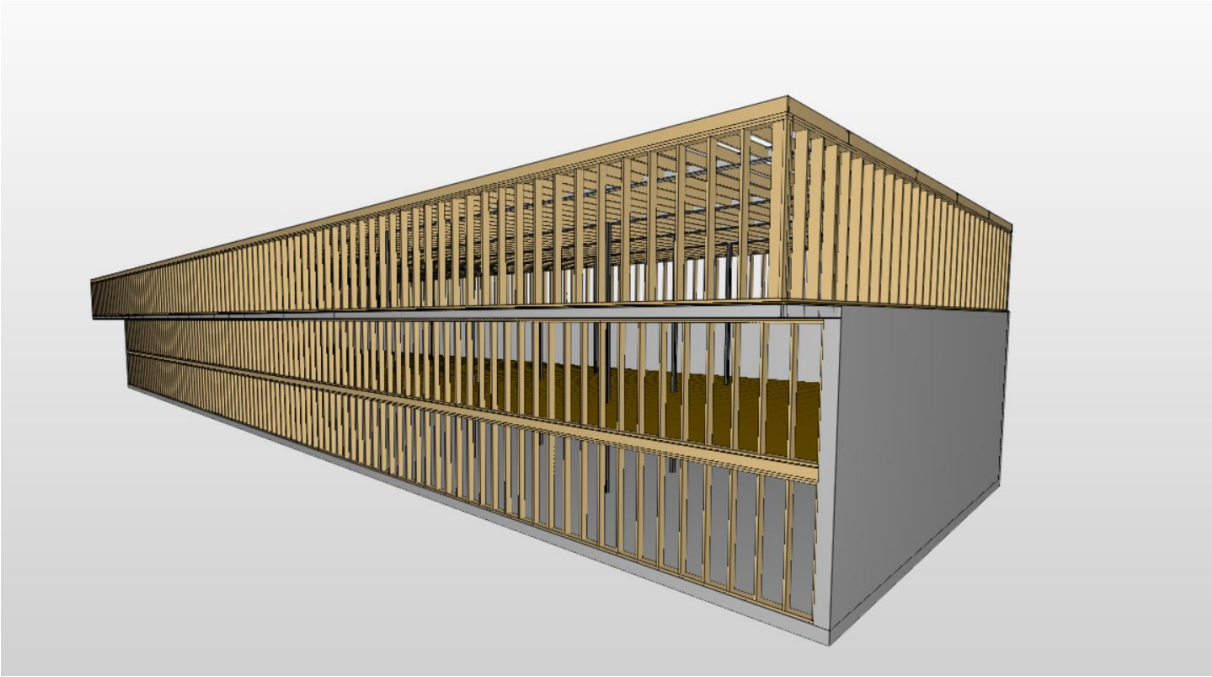
Sammenlikning med verdi

Avlest verdi: 1465 kN $1465 \text{ kN} > G_{sn}$ (ok)

Søyleverrsnitt		Dimensjonerende aksiallastkapasitet, $N_{Rd,red}$, i ordinær bruddgrensetilstand					
Tverrsnittsdimensjon, sidekanter/diameter, h	Lengdearmring, antall og diameter ³⁾ (bøylearmring, se tab. 25)	Kvadratisk søyle 			Rund søyle 		
		$N_{Rd,red}$ for ulike søylelengder, $L^{1)}$ (se også fig. 24 a)			$N_{Rd,red}$ for ulike søylelengder, $L^{1)}$ (se også fig. 24 b)		
mm	mm	L = 2,5 m kN	L = 3,0 m kN	L = 4,5 m kN	L = 2,5 m kN	L = 3,0 m kN	L = 4,5 m kN
200	4Ø12	500	450	250	415	345	170
225	4Ø16	750	715	450	650	555	300
250	4Ø16	925	920	635 ²⁾	810	710	435
275	4Ø16	1 115		825	975	905	630 ²⁾
300	4Ø20	1 465		1 170	1 290	1 225	885

(Byggforsk)

4.Bæresystem 2



4.1. Bjelke

4.1.1. HEA220

Dimensjonering av Bæresystem 2

Bjelke HEA220, Bæresystem 2 Spennvidde: $L_{H220} := 7.5 \text{ m}$

Spennvidde for bjelke er 7.5m, med lastbredde på 3.9m. Bjelke er fastholdt mot vipping, regnes forenklet ikke på nedbøyning.

$$g_{48x223} := 0.22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$L_{48x223} := 3.9 \text{ m}$$

$$q_{HEA} := (g_{48x223} \cdot 3.9 \text{ m} + g_{HE220A}) \cdot 1.2 + q_k \cdot 3.9 \text{ m} \cdot 1.5 = 25.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Sammenlikning med verdi

Avlest verdi: 27.3 kN/m $27.3 \text{ kN} > q_{HEA}$ (ok. NB! høy utnyttelse.)

Bjelketype	Egenlast kN/m	Bjelkedim. B×H mm×mm	Type kap. pkt. 31	Lastkapasitet (kN/m)												
				Spennvidde, L (m)												
				3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	
HE200A	0,42	200×190	q _m	125,0	94,9	72,7	57,4	46,5	38,4	32,3	27,5	23,7	20,7	18,2	16,1	
			q _v	110,1	76,6	55,5	41,5	31,8	24,9	19,9	16,2	13,3	11,1	9,3	7,9	
			q ₆₄₀₀	55,1	34,7	23,2	16,3	11,9	8,9	6,9	5,4	4,3	3,5	2,9	2,4	
HE220A	0,50	220×210	q _m	163,2	121,4	96,0	75,9	61,5	50,8	42,7	36,4	31,4	27,3	24,0	21,3	
			q _v	143,7	104,4	75,9	56,9	43,7	34,3	27,4	22,3	18,3	15,3	12,8	10,9	
			q ₆₄₀₀	80,8	50,9	34,1	23,9	17,5	13,1	10,1	7,9	6,4	5,2	4,3	3,6	

(Byggforsk)

4.1.2. C30 48x223

Bjelke C30 48x223 Bæresystem 2Spennvidde: $L_{48x223} := 3.9 \text{ m}$

Spennvidde for bjelke er 3.9m, med lastbredde på 0.6m. Regnes forenklet ikke på nedbøyning eller vipping.

$$q_{48x223} := (g_{48x223} \cdot 1.2 + q_k \cdot 1.5) \cdot 0.6 \text{ m} = 3.744 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$v_{gk} := q_{48x223} \cdot \frac{L_{48x223}^2}{2} = 7.301 \text{ kN}$$

$$m_{gk} := q_{48x223} \cdot \frac{L_{48x223}^3}{8} = 7.118 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll moment

$$G_m := \frac{m_{gk}}{\frac{1}{6} \cdot 48 \text{ mm} \cdot (223 \text{ mm})^2} = 17.893 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad k_{mod} := 0.8 \quad \gamma_m := 1.25 \quad \text{Table 1, Tabell 3.1 \& Tabell 2.3}$$

$$f_{md} := f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 19.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{md} > G_m \quad (\text{ok, NB! høy utnyttelse})$$

Kontroll trykk vinkelrett

$$G_{c90d} := \frac{v_{gk}}{48 \text{ mm} \cdot 223 \text{ mm}} = 0.682 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (6.4)$$

$$f_{c90k} := 2.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c90d} := f_{c90k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 1.728 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c90d} > G_{c90d} \quad (\text{ok}) \quad (6.3)$$

Kontroll skjær

$$T_d := 1.5 \cdot \frac{v_{gk}}{0.67 \cdot 48 \text{ mm} \cdot 223 \text{ mm}} = 1.527 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{vk} := 4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Table 1}$$

$$f_{vd} := f_{vk} \cdot \left(\frac{k_{mod}}{\gamma_m} \right) = 2.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (2.17)$$

$$f_{vd} > T_d \quad (\text{ok}) \quad (6.13)$$

4.1.3. IPE220

Bjelke IPE220, Bæresystem 2 (sjekker også for nedbøyning på utkrager)

Spennvidde til bjelke er 3.9m, med lastbredde på 2m. Utkrager er på 2.4m. Regnes på nedbøyning på utkrager da det sees på som veldig ugunstig med for stor nedbøyning på denne konstruksjonsdelen.

$$g_{IPE220} := 0.26 \frac{kN}{m} \quad \text{Spennvidde} \quad L_{IPE} := 3.9 \text{ m}$$

$$q_{IPE220} := (g_{IPE220} + g_{48x223} \cdot 2 \text{ m}) \cdot 1.2 + q_k \cdot 2 \text{ m} \cdot 1.5 = 12.792 \frac{kN}{m}$$

Sammenlikning med verdi

$$\text{Avlest verdi: } 48.3 \text{ kN/m} \quad 48.3 \frac{kN}{m} > q_{IPE220} \quad (\text{ok})$$

Bjelketype	Egenlast kN/m	Bjelkedim. B×H mm×mm	Type kap. pkt. 31	Lastkapasitet, kN/m								
				Spennvidde, L (m)								
				3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
IPE220	0,26	110×220	q _m	86,0	63,1	48,3	38,2	30,9	25,6	21,5	18,3	15,8
			q _v	42,6	27,7	19,0	13,7	10,2	7,8	6,1	4,9	4,0
			q _{s400}	41,4	26,0	17,5	12,3	8,9	6,7	5,2	4,1	3,3

(Byggforsk)

Nedbøyning:

Satt neibøyningskrav til $(1 \cdot 200) \cdot l$

$$d_{\text{maks}} \text{ (for utkragning ved } y = a) \dots \dots \dots = \frac{qa^3}{24EI} (4l + 3a) \quad a := 2.4 \text{ m} \quad l := 3.9 \text{ m}$$

(Byggforsk)

$$E := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad I_{\text{IPE}} := (27.72 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$q_{\text{utjevn}} := g_{\text{IPE220}} \cdot 1 + g_{48x223} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 + q_k \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \cdot \psi_2 = 5.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$d_1 := \frac{(q_{\text{utjevn}} \cdot a^3)}{24 \cdot E \cdot I_{\text{IPE}}} \cdot (4 \cdot l + 3 \cdot a) = 1.232 \text{ cm}$$

$$d_{\text{maks}} \text{ (ved fri ende)} \dots \dots \dots = \frac{F\ell^3}{3EI} \quad l = a \text{ i denne formelen}$$

(Byggforsk)

$$S := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Snølast på tak}$$

$$F_{\text{utpunkt}} := g_{48x223} \cdot 0.6 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} + g_{\text{HE220A}} \cdot 2 \text{ m} + S \cdot 2 \text{ m} \cdot \frac{2.4 \text{ m}}{2} \cdot \psi_2 = 3.544 \text{ kN}$$

$$d_2 := \frac{(F_{\text{utpunkt}} \cdot a^3)}{3 \cdot E \cdot I_{\text{IPE}}} = 0.281 \text{ cm}$$

$$d_{\text{tot}} := d_1 + d_2 = 15.123 \text{ mm}$$

Nedbøyning ca. 15mm, krav: $3.9\text{m}/200 = 19.5\text{mm}$, ok

4.2.Søyler

4.2.1. HUP120

Søyle HUP 120, Bæresystem 2

$$L_{HUP} := 2.8 \text{ m}$$

Avstand mellom søyler er 7.5m. Regnes ikke på deformasjon.

$$N_{HUP} := \frac{(q_{HEA} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = 93.51 \text{ kN}$$

Sammenlikning med verdi
(konservativ verdi, pga leser på 100x100)

$$\text{Avlest verdi: } 328 \text{ kN} \quad 328 \text{ kN} > N_{HUP} \quad (\text{ok})$$

Stålprofil H×B×t mm×mm×mm	Egenlast kN/m	Lastkapasitet (kN)													
		Knekk lengde (m)													
		2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0
KFHUP 100×100×3,0	0,09	280	256	232	209	187	168	151	135	122	110	100	91	83	76
KFHUP 100×100×4,0	0,12	363	331	300	269	241	216	193	174	156	141	128	116	106	97
KFHUP 100×100×5,0	0,14	445	405	365	328	293	262	234	210	189	171	155	141	128	117

(Byggforsk)

4.2.2. C24 48x198

Søyle C24 48x198 (stendere), Bæresystem 2

Avstand mellom søyler er 0.6m. Regnes ikke på deformasjon.

$$N_{48x198} := \frac{(q_{HEA} \cdot 0.6 \text{ m})}{2} = 7.509 \text{ kN}$$

$$G_n := \frac{(N_{48x198})}{48 \text{ mm} \cdot 198 \text{ mm}} = 0.79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (6.36)$$

$$f_{c0k} := 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Table 1}$$

$$f_{c0d} := f_{c0k} \cdot \left(\frac{k_{mod}}{\gamma_m} \right) = 13.44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (2.17)$$

$$f_{c0d} > G_n \quad (\text{ok})$$

5.Klima

5.1.Materialmengder

5.1.1.Betong

Volumtall hentet fra livssyklusanalysen.

Materialdata Bæresystem 1	
Betong	
$HD400 := 548.77 \text{ m}^3$	$B300x300 := 18.07 \text{ m}^3$
$Betong.1 := HD400 + B300x300 = 566.84 \text{ m}^3$	
Stål	
$Stål.1 := 1.56 \text{ m}^3$	
Total mengde materiale	
$Bæresystem.1 := Betong.1 + Stål.1 = 568.4 \text{ m}^3$	

5.1.2.Tre

Volumtall hentet fra livssyklusanalysen.

Materialdata Bæresystem 2		
Tre		
$T48x223 := 64.09 \text{ m}^3$	$T48x198 := 11.93 \text{ m}^3$	$Sp.plater := 67.83 \text{ m}^3$
$Tre.2 := T48x223 + T48x198 + Sp.plater = 143.85 \text{ m}^3$		
Stål		
$HEA220 := 3.89 \text{ m}^3$	$IPE220 := 0.81 \text{ m}^3$	$HUP120 := 0.4 \text{ m}^3$
$Stål.2 := HEA220 + IPE220 + HUP120 = 5.1 \text{ m}^3$		
Total mengde Materiale		
$Bæresystem.2 := Tre.2 + Stål.2 = 148.95 \text{ m}^3$		

5.2. Betong

Totalt klimagassutslipp for tre- og stålbaresystemet, hentet fra One Click LCA

Resultatkategori	Klimagassutslipp kg CO ₂ e	Forsuring kg SO ₂ e	Eutrofiering kg PO ₄ e	Ozonreduksjonspotensial kg CFC11e	Formasjon av ozon i lavere atmosfære kg Ethenee	Totalbruk av primærenergi unntatt råmaterialer MJ	Biogent karbonlagring kg CO ₂ e bio
A1-A3	9,05E4	1,62E2	1,96E1	2,02E-3	1,25E2	9,46E5	0E0
A4	1,85E3	8,53E0	1,86E0	3,66E-4	1,04E-1	5,27E4	
C1-C4	2,86E3	1,33E1	2,79E0	5,4E-4	2,21E-1	8,15E4	
D	-5,33E4	-2,23E2	-3,34E1	-2,93E-3	-3,16E1	-7,89E5	
Total	9,52E4	1,84E2	2,43E1	2,92E-3	1,25E2	1,08E6	0E0
Resultater per nevner							
Oppvarmet bruksareal (oppv. BRA), Norway 1.0 m ²	9,52E4	1,84E2	2,43E1	2,92E-3	1,25E2	1,08E6	0E0

5.3. Tre


Totalt klimagassutslipp, tre- og stålbaresystem, hentet fra One Click LCA

Resultatkategori	Klimagassutslipp kg CO ₂ e	Forsuring kg SO ₂ e	Eutrofiering kg PO ₄ e	Ozonreduksjonspotensial kg CFC11e	Formasjon av ozon i lavere atmosfære kg Ethenee	Totalbruk av primærenergi unntatt råmaterialer MJ	Biogent karbonlagring kg CO ₂ e bio
A1-A3	7,07E4	2,38E2	3,79E1	2,13E-3	2,37E1	1,22E6	1,28E5
A4	5,91E2	2,72E0	5,93E-1	1,17E-4	3,33E-2	1,68E4	
C1-C4	3,16E3	1,91E1	5,22E0	4,92E-4	4,7E-1	7,05E4	
D	-1,06E5	-4,91E2	-8,44E1	-5,79E-3	-6,13E1	-1,5E6	
Total	7,44E4	2,6E2	4,37E1	2,74E-3	2,42E1	1,31E6	1,28E5
Resultater per nevner							
Oppvarmet bruksareal (oppv. BRA), Norway 1.0 m ²	7,44E4	2,6E2	4,37E1	2,74E-3	2,42E1	1,31E6	1,28E5

Resultatsammendrag for tre- og stålbaresystemet, hentet fra One Click LCA

Avsnitt	Resultatkategori	Klimagassutslipp kg CO ₂ e	Forsuring kg SO ₂ e	Eutrofiering kg PO ₄ e	Ozonreduksjonspotensial kg CFC11e	Formasjon av ozon i lavere atmosfære kg Ethene	Totalbruk av primærenergi unntatt råmaterialer MJ	Biogent karbonlagring kg CO ₂ e bio
A1-A3	Byggematerialer	7,07E4	2,38E2	3,79E1	2,13E-3	2,37E1	1,22E6	1,28E5
A4	Transport til byggeplassen	5,91E2	2,72E0	5,93E-1	1,17E-4	3,33E-2	1,68E4	
A4	Transport til byggeplassen	5,91E2	2,72E0	5,93E-1	1,17E-4	3,33E-2	1,68E4	
A4-leg2	Transport til byggeplassen - leg 2							
A5	Byggeplass							
B1-B5	Vedlikeholds- og materialerstatning							
B6	Energiforbruk							
B7	Vannbruk							
C1-C4	Endt levetid	3,16E3	1,91E1	5,22E0	4,92E-4	4,7E-1	7,05E4	
C1	Dekonstruksjon / riving							
C2	Avfallstransport	2,03E3	9,33E0	2,03E0	4E-4	1,14E-1	5,77E4	
C3	Avfallsbehandling	1,14E3	9,81E0	3,19E0	9,15E-5	3,56E-1	1,29E4	
C4	Avfallshåndtering							
D	Utover livsløp (ikke inkludert i totalen)	-1,06E5	-4,91E2	-8,44E1	-5,79E-3	-6,13E1	-1,5E6	
A5m-benefit	Byggeplass - materialbruk - fordel							
A5-benefit	Byggeplass - materialsvinn - fordel	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
D2	Eksportert energi (ikke inkludert i totalen)							
D	Installerte materialer - fordeler	-1,06E5	-4,91E2	-8,44E1	-5,79E-3	-6,13E1	-1,5E6	0E0

5.4.Tre sammenlignet med betong

Resultatkategori	Klimagassutslipp kg CO ₂ e 
A1-A3 Byggematerialer	7,07E4 -22 %
A4 Transport til byggeplassen	5,91E2 -68 %
A5 Byggeplass	
B1-B5 Vedlikeholds- og materialerstatning	
B6 Energiforbruk	
B7 Vannbruk	
C1-C4 Endt levetid	3,16E3 +11 %
D Utover livsløp (ikke inkludert i totalen)	-1,06E5 +98 %
Total	7,44E4
Sammenlign samlede resultater med: 2 - Bæresystem i betong og stål	
2 - Bæresystem i betong og stål Total	9,52E4
2 - Bæresystem i tre og stål rett sammenlignet med 2 - Bæresystem i betong og stål	-22 %