

## Statisk dokumentation

---

23.419

Adresse: Kildeparken 16, 6740 Bramming

Emne: Statisk dokumentation

Udført:

Andreas Kristensen

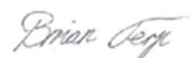
Kolding 12.12.2023



Kontrolleret:

Brian Terp

Kolding 12.12.2023



Status: Udgivet  
Projekt navn: Opførsel af tilbygning  
Projekt nummer: 23.419  
Dato: 12-12-2023 Revision 0

## A1 Indholdsfortegnelse

<b>A1</b>	<b>INDHOLDSFORTEGNELSE .....</b>	<b>3</b>
<b>A1</b>	<b>STATISK PROJEKTGRUNDLAG.....</b>	<b>5</b>
A1.1	FORMÅL .....	5
A1.2	BYGVÆRKET .....	5
A1.2.1	Bygnings art og anvendes.....	5
A1.2.2	Konstruktionens art og opbygning.....	5
A1.2.3	Konstruktionsafsnit .....	5
A1.2.4	Konstruktionsnummerering .....	5
A1.3	GRUNDLAG .....	6
A1.3.2	Sikkerhed .....	7
A1.3.3	IT-Værktøjer .....	7
A1.3.4	Anvendt faglitteratur.....	7
A1.4	FORUNDERSØGELSER .....	7
A1.4.1	Geotekniske forhold .....	7
A1.5	KONSTRUKTIONER .....	8
A1.5.1	Statisk virkemåde .....	8
A1.5.2	Funktionskrav .....	9
A1.5.3	Robusthed .....	9
A1.5.4	Brand .....	9
A1.6	KONSTRUKTIONSMATERIALER.....	9
A1.6.1	Beton .....	9
A1.6.2	Armering.....	9
A1.6.3	Stål.....	10
A1.6.4	Træ.....	10
A1.6.5	Fundering.....	11
A1.7	LAST .....	12
A1.7.1	Lastkombinationer .....	12
A1.7.2	Permanente belastninger .....	13
A1.7.3	Snelast .....	13
A1.7.4	Nyttelast .....	14
A1.7.5	Vindlast.....	15
A1.7.6	Vandret masselast .....	16
A1.7.7	Ulykkeslast.....	16
A1.8	LASTNEDFØRING .....	16
<b>A2</b>	<b>STATISKE BEREGNINGER.....</b>	<b>17</b>
A2.1	LB01 .....	17

A2.2	LB03 .....	20
A2.3	SB01 .....	23
A2.4	RANDSTOLPE .....	25
A2.5	SAMMENSAT BJÆLKE OVER VINDUE .....	28
A2.6	VEKSELBJÆLKE .....	30
A2.7	STABILITETSBEREGNING .....	35
A2.7.1	Oversigt over stabiliserende vægge .....	35
A2.7.2	Vandret last .....	36
A2.8	YDERVÆGSFUNDAMENTER .....	42

## A1 Statisk projektgrundlag

### A1.1 Formål

Formålet med nærværende beregningsrapport er et skabe et ensartet projektgrundlag for projekterende ingeniør og leverandører. Den statiske dokumentation opbygges og udarbejdes iht. SBI 271

Dokumentationen omfatter

A1: Konstruktionsgrundlag

A2: Statiske beregninger

Dokumenterne er samlet i en rapport

### A1.2 Bygværket

#### A1.2.1 Bygnings art og anvendes

Opførsel af enfamiliehus på Nørlundvej 3H, 6740 Bramming

#### A1.2.2 Konstruktionens art og opbygning

Tag:	Gitterkonstruktion med tagsten
Facader:	Træskeletvæg/murværk
Fundamenter	Stribefundament

#### A1.2.3 Konstruktionsafsnit

1. Generel statik: Bærende vægge, bjælker og søjler, fundamenter, stabilitet
2. Spær iht. leverandør

#### A1.2.4 Konstruktionsnummerering

Konstruktionselementerne i underkonstruktionen nummereres efter nedenstående

SB Stålbjælke

SS Stålsøjle

SR Stålramme

TB Træbjælke

TS Træsøjle

TE Træelement

LB Limtræsbjælke

LS Limtræssøjle

PF Punktfundament

SF Stribefundament

OL Overligger

VX(xx) Væg nr. xx i x-retning  
VY(yy) Væg nr. yy i y-retning

## A1.3 Grundlag

### 1.3.1.1 Normer

DS/EN 1990+ DK NA	Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner
DS/EN 1991+DK NA	Laster
DS/EN 1992+DK NA	Betonkonstruktioner
DS/EN 1993+DK NA	Stålkonstruktioner
DS/EN 1995+ DK NA	Trækonstruktioner
DS/EN 1996+DK NA	Murværkskonstruktioner
DS/EN 1997+ DK NA	Fundering
EN 12602	Porebeton

### A1.3.2 Sikkerhed

#### 1.3.2.1 Konsekvensklasse

Med udgangspunkt i bygværkets geometri og brug, henføres bygværket til normal konsekvensklasse, CC2, jf. DS/EN 1990. KFI = 1,0

#### 1.3.2.2 Konstruktionsklasse

Da bygningen er et enfamiliehus henført til konsekvensklasse CC2 og bygget efter kendte principper kan bygningen placeres i konstruktionsklasse KK1, jf. BR18 para 489 1.b.

#### 1.3.2.3 Dokumentationsklasse

Projektet henføres til middel dokumentationsklasse jf. SBI 271

#### 1.3.2.4 Geoteknisk kategori

Med reference til DS/EN 1997 DK NA anneks K.3, samt til den geotekniske rapport, vurderes det at bygningen henføres til geoteknisk kategori 2 (normal).  $\gamma_5 = 1,0$

#### 1.3.2.5 Miljøklasse for beton

Miljøklassen fastlægges for de enkelte bygningsdele under hensyntagen til placeringen af disse.

### A1.3.3 IT-Værktøjer

Winbeam	3.10
Scia Engineer	20.1
Sundateps, Sundolitt	1.03
Hilti Profis Anchor	2.3.5
Autodesk AutoCAD LT 2021	2021

### A1.3.4 Anvendt faglitteratur

BR 18	2018
Teknisk Ståbi	25. udg. 2019
Bygningsberegninger, Jensen og Hansen	1. udg. 2010
Betonkonstruktioner efter DS/EN 1992-1-1, Jensen	2. udg. 2012
Stålkonstruktioner efter Eurocode 3, DKB	1. udg. 2010
Træinformation, Beregning af forbindelser	2. udg. 2016

## A1.4 Forundersøgelser

### A1.4.1 Geotekniske forhold

Da der ikke foreligger geotekniske undersøgelser, laves der antagelser for jordparametre, se afsnit A1.6.5

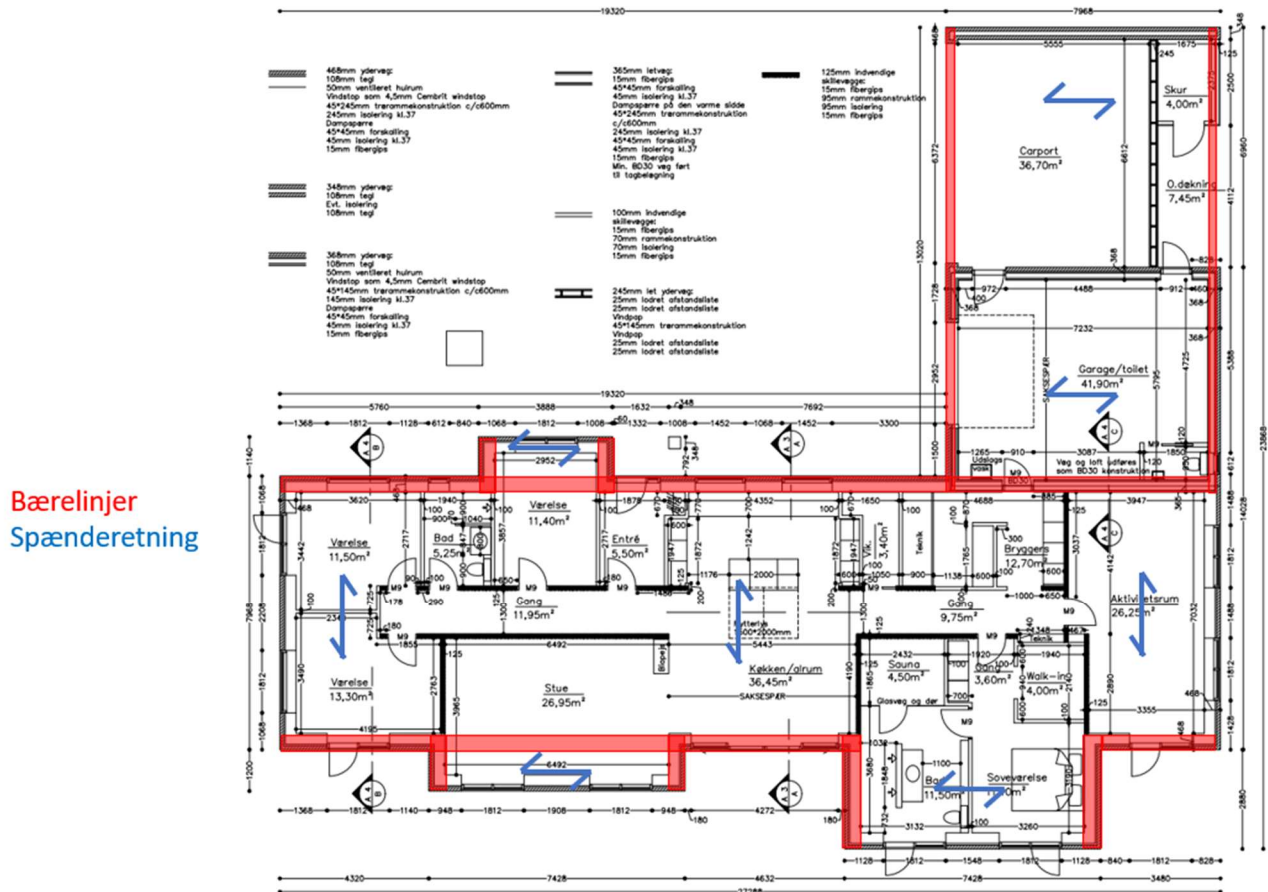
## A1.5 Konstruktioner

### A1.5.1 Statisk virkemåde

Vindlasten er beregnet kvasistatisk og er således indregnet at den ikke giver anledning til dynamiske påvirkninger.

#### Lodret last:

Lodrette laster på tagkonstruktionen føres af spær til bærende vægge/bjælker. Bærende vægge og søjler fører den lodrette last til fundamentet.



#### Vandret last:

Vindlasten regnes at virke vinkelret på tag og vægge.

Vandrette laster føres via skivevirkning i loftskiver til de stabiliserende vægge.



### A1.5.2 Funktionskrav

Bygningsdel:	Stivhedskrav:	Svingningskrav:
Facadeelementer	L/400	-
Søjler	L/300	-
Bjælker	L/400	$\eta_e > 8 \text{ Hz}$
Dækelementer	L/400	-
Glas-/alupartier	L/500	-

Ovenstående er minimumskrav til konstruktioner. Eventuelle skrapere krav fra leverandører mv. skal overholdes.

### A1.5.3 Robusthed

Der stilles ikke krav om dokumentation af robusthed

### A1.5.4 Brand

For bygninger i en etage med max etageareal på 1000m<sup>2</sup> henføres bærende konstruktioner til R30

## A1.6 Konstruktionsmaterialer

### A1.6.1 Beton

Konstruktionsdel	Beton	f <sub>ck</sub>	Miljøklasse	Dæklag	$\gamma_c$ (uarmeret)	$\gamma_c$ (armeret)
Fundamenter	C20	20	Passiv	15 mm ± 5 mm	1,6	1,45
Terrændæk, bolig	C20	20	Passiv	15 mm ± 5 mm	1,6	1,45
Terrændæk, garage	C25	25	Moderat	20 mm ± 5 mm	1,6	1,45
Renselag	C8	8	Passiv	*	1,6	-

### A1.6.2 Armering

Der skal anvendes ribbet Y-stål, iht. DS/EN 10080 og DS/INF 165, duktilitetsklasse B, med nedenstående egenskaber:

Minimumsstyrke:	$f_{yk}$ eller $f_{0,2k}$	550 MPa
	$\gamma_c$	1,2 $\gamma_0\gamma_3$
Minimum duktilitet:	$(f_t/f_y)/k$	1,08
	$\epsilon_{uk}$	5,0 %

### A1.6.3 Stål

Hvor ikke andet er angivet anvendes stål S235JR (materialegruppe I).

Normal materialekontrolklasse

$$\gamma_m = 1,0$$

Regningsmæssige styrker afhænger af materialetykkelsen. Værdierne tages fra Teknisk Ståbi og er anført de steder hvor de anvendes.

Svejsesamlinger udføres i udførelsesklasse EXC2.

Boltesamlingen udføres med bolte i bolteklasse 8.8. Dornsamlinger udføres som kategori A samling med normalhuller. Friktionssamlinger udføres som kategori C samlinger med klasse B overflader og kontrolleret tilspænding.

### A1.6.4 Træ

Konstruktionstræ Styrker klassificeret i henhold til EN 338

Limtræ Styrker klassificeret i henhold til EN 1194

Konstruktionsdel	Kvalitet	$f_{mk}$	$f_{t0k}$	$f_{t90k}$	$f_{c0k}$	$f_{c90k}$	$f_{vk}$	$E_0$	$E_{0k}$	$P_{12}$
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kg/m <sup>3</sup>		
Konstruktionstræ	C18	18	11	0,50	18	2,2	3,4	9000	6000	380
Konstruktionstræ	C24	24	14	0,50	21	2,5	4,0	11000	7400	420
Konstruktionstræ	C30	30	18	0,60	23	2,7	4,0	12000	8000	460
Limtræ	GL24c	24	14	0,35	21	2,4	2,2	11600	9400	420
Limtræ	GL24h	24	16,5	0,40	24	2,7	2,7	11600	9400	460
Limtræ	GL28c	28	16,5	0,40	24	2,7	2,7	12600	10200	460
Limtræ	GL28h	28	19,5	0,45	26,5	3,0	3,2	12600	10200	490
Limtræ	GL32c	32	19,5	0,45	26,5	3,0	3,2	13700	11100	490
Limtræ	GL32h	32	22,5	0,50	29	3,3	3,8	13700	11100	510

Partialkoefficienter:	Konstruktionstræ	$g_M = 1,35$
	Limtræ	$g_M = 1,30$
	Samlinger	$g_M = 1,35$
	Limede samlinger	$g_M = 1,50$

Ved tryk endetræ mod endetræ reduceres trykstyrken med faktor 0,6.

Lastvarighed:	P-last	Egenlast	> 10 år
	M-last	Nyttelast	1 uge til 6 mdr.
	K-last	snelast	< 1 uge
	Ø-last	Vindlast	Øjeblikkelig last

Styrkemonifikationsfaktor  $k_{mod}$  for konstruktionstræ, limtræ og krydsfiner:

	P-last	M-last	K-last	Ø-last
Anvendelsesklasse 1+2	0,60	0,80	0,90	1,10
Anvendelsesklasse 3	0,50	0,65	0,70	0,90

Anvendelsesklasse: Der regnes med anvendelsesklasse 2

Anvendelsesklasse 1	Indendørs, opvarmet
Anvendelsesklasse 2	Overdækket, uopvarmet
Anvendelsesklasse 3	Udendørs, ubeskyttet, tagunderlag i uventile-rede tage

Deformationer:

Udbøjning beregnes som:

$U_{fin} = U_{inst} \times (1 + k_{def} \times \Psi_2)$ , hvor  $k_{def}$  bestemmes jf. DS/EN 1995-1-1, samt  $\Psi_2$  bestemmes jf. DS/EN 1990.

Dvs.

$$U_{fin,P-last} = U_{inst} \times (1 + 1 \times 0,6) = U_{inst} \times 1,6 \text{ Anvkl. 1}$$

$$U_{fin,P-last} = U_{inst} \times (1 + 1 \times 0,8) = U_{inst} \times 1,8 \text{ Anvkl. 2}$$

$$U_{fin,P-last} = U_{inst} \times (1 + 1 \times 2,0) = U_{inst} \times 3,0 \text{ Anvkl. 3}$$

$$U_{fin,M-last} = U_{inst} \times (1 + 0,2 \times 0,6) = U_{inst} \times 1,12 \text{ Anvkl. 1}$$

$$U_{fin,M-last} = U_{inst} \times (1 + 0,2 \times 0,8) = U_{inst} \times 1,16 \text{ Anvkl. 2}$$

$$U_{fin,M-last} = U_{inst} \times (1 + 0,2 \times 2,0) = U_{inst} \times 1,40 \text{ Anvkl. 3}$$

$$U_{fin,K-last} = U_{inst} \times (1 + 0) = U_{inst} \text{ Anvkl. 1-3}$$

$$U_{fin,\emptyset-last} = U_{inst} \times (1 + 0) = U_{inst} \text{ Anvkl. 1-3}$$

### A1.6.5 Fundering

Da der ikke foreligger en geoteknisk rapport, skal det sikres at jorden har følgende parametre:

Sand,	$\rho_g \phi_{pl,k}$	= 35°
	$\gamma/\gamma'$	= 18/8 kN/m <sup>3</sup>
	$\gamma_{\phi'}$	= 1,2 $\gamma_0\gamma_3$

Ler	$c_{uk}$	= 50 kN/m <sup>2</sup>
	$c'$	= 5 kN/ m <sup>2</sup>
	$\gamma/\gamma'$	= 19/9 kN/m <sup>3</sup>
	$\gamma_{cu}$	= 1,8 $\gamma_0\gamma_3$

## A1.7 Last

### A1.7.1 Lastkombinationer

$K_{Fi}=1,0$

	Egen last	Snelast	Vindlast last	Nytte last
<b>ULS 1.1</b>	1,2	0	0	0
<b>ULS 2.1</b>	1,0	1,5	0,45	0,75
<b>ULS 3.1</b>	1,0	0	1,5	0,75
<b>ULS 4.1</b>	1,0	0,45	0,45	1,5
<b>ULS 5.1</b>	0,9		1,5	
<b>ACC 1</b>	1	0,2		
<b>ACC 2</b>	1		0,2	
<b>ACC 3</b>	1			0,2
<b>SLS 1.1</b>	1			
<b>SLS 2.1</b>	1	1	0,3	0,5
<b>SLS 3.1</b>	1		1	0,5
<b>SLS 4.1</b>	1	0,3	0,3	1

## A1.7.2 Permanente belastninger

### Tag/loftkonstruktion

#### G01

Tagsten			0,45 kN/m <sup>2</sup>
Taglægter	c/c	300 mm	0,06 kN/m <sup>2</sup>
Afstandsliste	c/c	1000 mm	0,01 kN/m <sup>2</sup>
Undertag			0,04 kN/m <sup>2</sup>
Spær			0,05 kN/m <sup>2</sup>
Isolering		390 mm	0,078 kN/m <sup>2</sup>
Dampspærre		0,2 mm	0,04 kN/m <sup>2</sup>
Forskalling 45x70mm	c/c	600 mm	0,04 kN/m <sup>2</sup>
Isolering		70 mm	0,014 kN/m <sup>2</sup>
Forskalling 21mm	c/c	300 mm	0,022 kN/m <sup>2</sup>
Træbeton		25 mm	0,04 kN/m <sup>2</sup>
<b>Tagkonstruktion</b>			<b>0,84 kN/m<sup>2</sup></b>

### Ydervæg/tegl

#### G02

Teglsten			2,0 kN/m <sup>2</sup>
Vindstop extreme		4,5 mm	0,144 kN/m <sup>2</sup>
Konstruktionstræ 45x245mm	c/c	600 mm	0,13 kN/m <sup>2</sup>
Isolering		245 mm	0,05 kN/m <sup>2</sup>
Dampspærre		0,2 mm	0,04 kN/m <sup>2</sup>
Forskalling 45x45mm	c/c	300 mm	0,05 kN/m <sup>2</sup>
Isolering 45mm		45 mm	0,001 kN/m <sup>2</sup>
Fibergips		15 mm	0,13 kN/m <sup>2</sup>
<b>Ydervæg</b>			<b>2,6 kN/m<sup>2</sup></b>

## A1.7.3 Snelast

### Naturlast – Sne (S)

Snelast på tag i overensstemmelse med EC1, del 1-3.

Snelasten fastsættes til  $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ , jf. tilhørende nationale anneks.

Formfaktorer i henhold til EC1, del 1-3, kapitel 5 og 6.

For snelast gælder aktuelt, jf. det nationale anneks til EC0:

$$\psi_0=0,3; \psi_1=0,2; \psi_2=0$$

<p><b>Snelast på sadeltag</b></p> <p><math>a = 36^\circ</math></p> <p><math>B_{\text{tag}} = 7,97 \text{ m}</math></p> <p><math>L_{\text{tag}} = 27,29 \text{ m}</math></p> <p><math>H = 5,63 \text{ m}</math></p>	<p>Tilfælde (i) <math>\mu_1(\alpha_1)</math> </p> <p>Tilfælde (ii) <math>0,5\mu_1(\alpha_1)</math> </p> <p>Tilfælde (iii) <math>\mu_1(\alpha_1)</math> </p> 
--	--

<p>Kar. terrænværdi, <math>s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2</math></p> <p>Topografi, <math>C_{\text{top}} = 1,00</math></p> <p>Størrelse, <math>C_s = 1,00</math></p> <p>NB: Længderne <math>l_1</math> og <math>l_2</math> er længden af henholdsvis den længste og korteste side af bygningen.</p> <p>Eksponeringsfaktoren <math>C_e = C_{\text{top}} C_s = 1,00</math></p> <p>Formfaktor, <math>\mu_1</math>, afhængig af taghældningen:</p>	<p>Vindblæst: 0,8 Normal: 1,0 Afskærrmet: 1,25</p> <p>Afskærrmet: sættes til 1,0</p> <p>Normal og vindblæst dimensioneres iht. følgende:</p> <p>For: <math>2h &gt; l_1</math> er <math>C_s = 1,0</math></p> <p>For: <math>2h &lt; l_1</math> dimensioneres <math>C_s</math> iht. nederstående:</p> <p><math>C_s = 1</math> for: <math>l_2 \leq 10h</math></p> <p><math>C_s = 1 + 0,025((l_2 - 10h)/h)</math> for: <math>10h &lt; l_2 &lt; 20h</math></p> <p><math>C_s = 1,25</math> for: <math>l_2 \geq 20h</math></p> <p><math>\mu_1 = 0,67</math></p> <p><math>\mu_2 = 0,33</math></p>
---	--

Snelast uden ophobning:	$s_1 = 0,67$ (virk er over hele taget)
	$s_2 = 0,33$ (virk er over den ene tagflade)

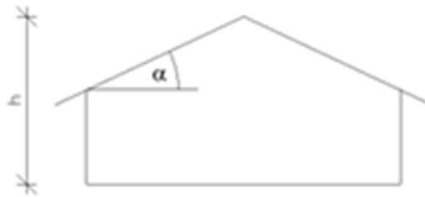
A1.7.4 Nyttelast

Bolig (A1)	=1,50kN/m <sup>2</sup>
Tagrum (A2)	=0,50kN/m <sup>2</sup>
Lastkombinationsfaktor	$\Psi_0 \quad \Psi_1 \quad \Psi_2$
	0,5      0,3      0,2

A1.7.5 Vindlast

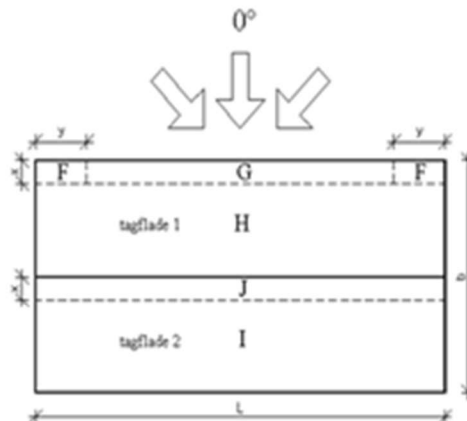
Vindlast på sadeltag

$h = 5,63$  m  
 $B_{tag} = 7,97$  m  
 $L = 27,29$  m  
 $a = 35^\circ$   
 $q_p = 0,86$  kNm<sup>2</sup>



$e = 11,3$  m       $y = 2,8$  m  
 $x = 1,1$  m

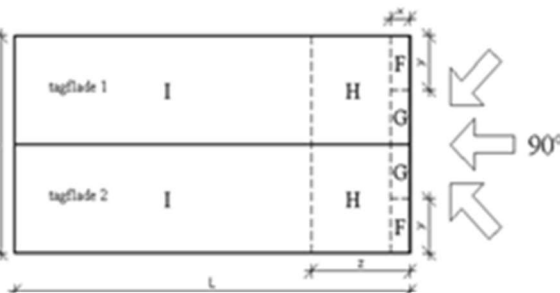
Område	tryk sug		tryk sug	
	c		w [kNm <sup>2</sup> ]	
F	= 0,70	-0,33	0,60	-0,29
G	= 0,70	-0,33	0,60	-0,29
H	= 0,47	-0,13	0,40	-0,11
I	= 0,00	-0,33	0,00	-0,29
J	= 0,00	-0,43	0,00	-0,37
Gns.tagfl.1	= 0,53	-0,19	0,46	-0,16
Gns.tagfl.2	= 0,00	-0,36	0,00	-0,31



Gns.	= 0,53	-0,36	0,46	-0,37
Inkl. indiv. vind	= 0,83	-0,56	0,71	-0,48
Lodret komposant	0,68	-0,46	<b>0,58</b>	<b>-0,39</b>
Vandret komposant	0,48	-0,32	0,41	-0,28

$e = 8,0$  m       $y = 2,0$  m  
 $x = 0,8$  m       $z = 4,0$  m

Område	tryk sug		tryk sug	
	c		w [kNm <sup>2</sup> ]	
F	= 0,00	-1,10	0,00	-0,94
G	= 0,00	-1,40	0,00	-1,20
H	= 0,00	-0,83	0,00	-0,71
I	= 0,00	-0,50	0,00	-0,43
Gns.tagfl.1	= 0,00	-0,56	0,00	-0,48
Gns.tagfl.2	= 0,00	-0,56	0,00	-0,48



Gns.	= 0,00	-0,56	0,00	-0,48
Inkl. indiv. vind	= 0,30	-0,76	0,26	-0,65
Lodret komposant			<b>0,21</b>	<b>-0,53</b>
Vandret komposant			0,15	-0,37

<b>Max gns.</b>	= 0,53	-0,56	0,46	-0,48
Inkl. indiv. vind	= 0,83	-0,76	0,71	-0,65

Korrelationsfaktor 0,85

### A1.7.6 Vandret masselast

Der ses bort fra vandret masselast

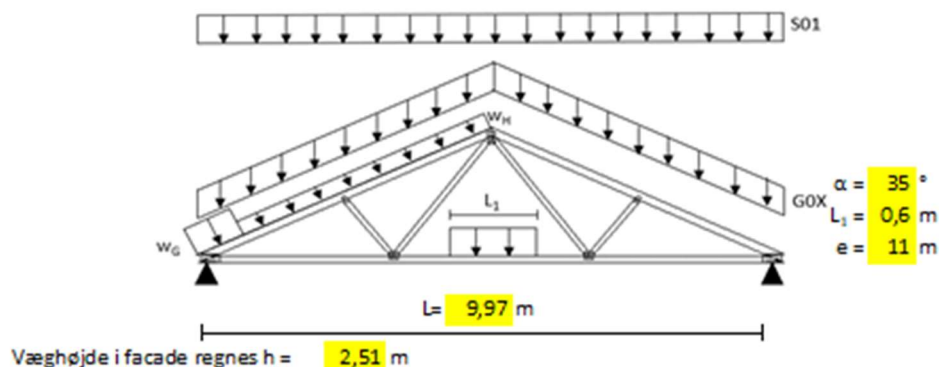
### A1.7.7 Ulykkeslast

Konstruktionerne dimensioneres ikke for ulykkeslast

## A1.8 Lastnedføring

Laster	Lastkombinationer - partikoefficient			
	6.10a	6.10b1	6.10b2	6.10b3
Egenlast	1,2	1	1	1
Nyttelast	0	1,5	0,75	0,75
Snelast	0	0,45	1,5	0
Vindlast	0	0,45	0,45	1,5

Tilfælde 1 med jævn fordelt snelast over hele taget



Bærende facade		Lastkombinationer					
Lastbenaevnelser	Last	Fladelast [kN/m <sup>2</sup> ]	Karakteristisk	6.10			
				6.10a	6.10b1	6.10b2	6.10b3
G01	Taglast, bolig	0,84	5,11	6,13	5,11	5,11	5,11
Q01	Nyttelast	0,5	0,15	0	0,23	0,11	0,11
S01	Snelast, jævnt fordelt	0,67	3,34	0	1,5	5,01	0
w <sub>G</sub>	Vindtryk	0,6	0,6	0	0,29	0,29	0,96
w <sub>H</sub>	Vindtryk	0,4	1,08	0	0,49	0,49	1,62
Sum af laster på toppen af væg			10,3	6,13	7,61	11	7,81
G02	Ydervægge, bolig	2,6	6,52	7,82	6,52	6,52	6,52
Sum af laster på fundament			16,8	14	14,1	17,5	14,3



## A2 Statiske Beregninger

### A2.1 LB01

#### LB01

Materialedata:

Anvendelseskategori: 1

**GL30c**

$$f_{m,k} := 30 \text{ MPa} \quad \gamma_M := 1.30$$

$$f_{v,k} := 3.5 \text{ MPa} \quad G := 0.3$$

$$E_0 := 13000 \text{ MPa} \quad H := 0.2$$

Tværsnitsdata:

$$b := 90 \text{ mm} \quad L := 3.100 \text{ m} \quad g_{træ} := 7.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$h := 267 \text{ mm} \quad I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = (142.76 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

Laster og sikkerhed:

$$K_{FI} := 1.0$$

$$\text{Egenlast: } g_k := 5.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + g_{træ} \cdot b \cdot h = 5.2782 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,g} := 0.6$$

$$\text{Nyttelast: } q_k := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,q} := 0.8$$

$$\psi_{0,q} := 0.5 \quad \psi_{1,q} := 0.3 \quad \psi_{2,q} := 0.2$$

$$\text{Snelast: } s_k := 3.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,s} := 0.9$$

$$\psi_{0,s} := 0.3 \quad \psi_{1,s} := 0.2 \quad \psi_{2,s} := 0$$

$$\text{Vindlast: } v_k := 1.608 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,v} := 1.1$$

$$\psi_{0,v} := 0.3 \quad \psi_{1,v} := 0.2 \quad \psi_{2,v} := 0$$

Regningsmæssig last:

$$p_{Ed,g} := g_k \cdot 1.2 \cdot K_{FI} = 6.33 \frac{kN}{m}$$

$$p_{Ed,q} := (g_k + 1.5 \cdot q_k + 0.45 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 7.73 \frac{kN}{m}$$

$$p_{Ed,v} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 7.8 \frac{kN}{m}$$

$$p_{Ed,s} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 11.12 \frac{kN}{m}$$

**Brudgrænsetilstand:**

På baggrund af forskydningsudnyttelsen, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for dominerende egenlast:

Forskydning:

$$k_{mod} := 0.9$$

Regningsmæssig linjelast:

$$p_{Ed,g} = 6.33 \frac{kN}{m}$$

Maksimal forskydning

$$V_{Ed} := p_{Ed,g} \cdot L \cdot 0.5 = 9.82 \text{ kN}$$

Forskydningsspænding

$$\tau_{Ed} := 1.5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b \cdot h} = 0.61 \text{ MPa}$$

Bæreevne:

$$f_{v,d} := f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 2.42 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} \leq f_{v,d} = 1 \quad \text{OK}$$

Bøjning:

På baggrund af bøjningsudnyttelse, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for bøjning er egenlast

Regningsmæssig linjelast:

$$p_{Ed,g} = 6.33 \frac{kN}{m}$$

$$k_{mod} := 0.9$$

Maksimal moment

$$M_{Ed} := \frac{1}{8} \cdot p_{Ed,g} \cdot L^2 = 7.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Spænding

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{h}{2} = 7.12 \text{ MPa}$$

Bæreevne:

$$f_{m,d} := f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 20.77 \text{ MPa}$$

OK

**Anvendelsesgrænsetilstand:**

Det vurderes at største nedbøjning er forårsaget af egenlast:

Karakteristiske last:  $g_k = 5.28 \frac{kN}{m}$

$k_{def} := 0.6$

Øjeblikkelig udbøjning:  $u_{inst} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_0 \cdot I_y} = 3.42 \text{ mm}$

Langtids udbøjning:  $u_{fin} := u_{inst} \cdot (1 + k_{def}) = 5.47 \text{ mm}$

Nedbøjningskrav:  $u_{max} := \frac{L}{400} = 7.75 \text{ mm}$

Udnyttelse:  $\frac{u_{fin}}{u_{max}} = 0.71$  OK

A2.2 LB03

LB03

Materialedata:

Anvendelseskategori: 1

GL30c

$$f_{m,k} := 30 \text{ MPa} \quad \gamma_M := 1.30$$

$$f_{v,k} := 3.5 \text{ MPa} \quad G := 0.3$$

$$E_0 := 13000 \text{ MPa} \quad H := 0.2$$

Tværsnitsdata:

$$b := 115 \text{ mm} \quad L := 4.3 \text{ m} \quad g_{trae} := 7.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$h := 333 \text{ mm} \quad I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = (353.87 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

Laster og sikkerhed:

$$K_{FI} := 1.0$$

$$\text{Egenlast: } g_k := 5.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + g_{trae} \cdot b \cdot h = 5.3781 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,g} := 0.6$$

$$\text{Nyttelast: } q_k := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,q} := 0.8$$

$$\psi_{0,q} := 0.5 \quad \psi_{1,q} := 0.3 \quad \psi_{2,q} := 0.2$$

$$\text{Snelast: } s_k := 3.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,s} := 0.9$$

$$\psi_{0,s} := 0.3 \quad \psi_{1,s} := 0.2 \quad \psi_{2,s} := 0$$

$$\text{Vindlast: } v_k := 1.608 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod,v} := 1.1$$

$$\psi_{0,v} := 0.3 \quad \psi_{1,v} := 0.2 \quad \psi_{2,v} := 0$$

Regningsmæssig last:

$$p_{Ed.g} := g_k \cdot 1.2 \cdot K_{FI} = 6.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{Ed.q} := (g_k + 1.5 \cdot q_k + 0.45 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 7.83 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{Ed.v} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 7.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{Ed.s} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 11.22 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Brudgrænsetilstand:**

På baggrund af forskydningsudnyttelsen, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for dominerende egenlast:

Forskydning:

$$k_{mod} := 0.9$$

Regningsmæssig linjelast:

$$p_{Ed.g} = 6.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Maksimal forskydning

$$V_{Ed} := p_{Ed.g} \cdot L \cdot 0.5 = 13.88 \text{ kN}$$

Forskydningsspænding

$$\tau_{Ed} := 1.5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b \cdot h} = 0.54 \text{ MPa}$$

Bæreevne:

$$f_{v,d} := f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 2.42 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} \leq f_{v,d} = 1 \text{ OK}$$

Bøjning:

På baggrund af bøjningsudnyttelse, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for bøjning er egenlast

Regningsmæssig linjelast:

$$p_{Ed.g} = 6.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{mod} := 0.9$$

Maksimal moment

$$M_{Ed} := \frac{1}{8} \cdot p_{Ed.g} \cdot L^2 = 14.92 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Spænding

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{h}{2} = 7.02 \text{ MPa}$$

Bæreevne:

$$f_{m,d} := f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 20.77 \text{ MPa}$$

OK

**Anvendelsesgrænsetilstand:**

Det vurderes at største nedbøjning er forårsaget af egenlast:

Karakteristiske last:  $g_k = 5.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$k_{def} := 0.6$$

Øjeblikkelig udbøjning:  $u_{inst} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_0 \cdot I_y} = 5.2 \text{ mm}$

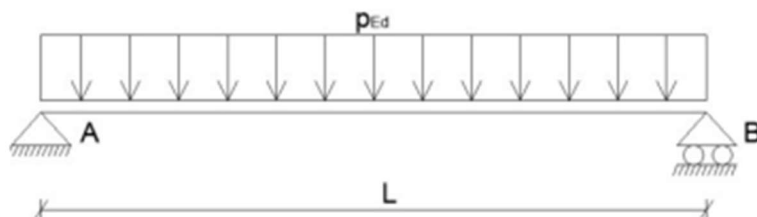
Langtids udbøjning:  $u_{fin} := u_{inst} \cdot (1 + k_{def}) = 8.33 \text{ mm}$

Nedbøjningskrav:  $u_{max} := \frac{L}{400} = 10.75 \text{ mm}$

Udnyttelse:  $\frac{u_{fin}}{u_{max}} = 0.77$  OK

A2.3 SB01

Stålbjælke



Længde:  $L := 6.5 \text{ m}$

Materiale parametre:

Stålstyrke:  $f_{yk} := 235 \text{ MPa}$

Elasticitetsmodul:  $E := 210000 \text{ MPa}$

Tværsnit:

Valg:  $Tværsnit := \text{"HE220B"}$

Areal af kroppen  $A_w := 2090 \text{ mm}^2$

Egenvægt:  $g_{k\text{stål}} := 71.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot g = 0.701 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Modstandsmoment:  $W_y := 736 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Inertimoment:  $I_y := 80.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Laster og sikkerhed

$K_{FI} := 1.0$

Partialkoefficient:  $\gamma_M := 1.1$

Egenlast:  $g_k := 5.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + g_{k\text{stål}} = 5.811 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Nyttelast:  $q_k := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Kategori:  $kategori := \text{"A"}$

$\psi_{0,q} := 0.5 \quad \psi_{1,q} = 0.3 \quad \psi_{2,q} = 0.2$

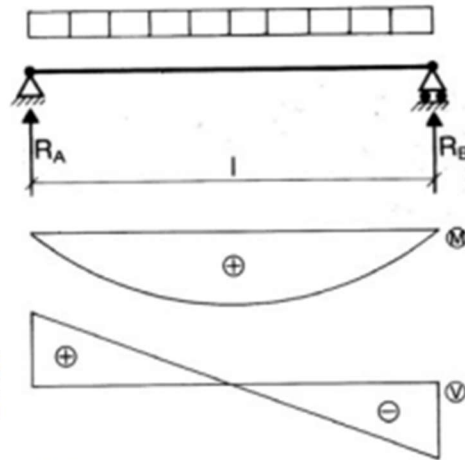
Snelast:  $s_k := 3.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 3.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$\psi_{0,s} := 0.3 \quad \psi_{1,s} := 0.2 \quad \psi_{2,s} := 0$

Vindlast:  $v_k := 1.608 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$\psi_{0,v} := 0.3 \quad \psi_{1,v} := 0.2 \quad \psi_{2,v} := 0$

**Brudgrænsetilstand:**



Dom Egenlast:  $p_{Ed,g} := g_k \cdot 1.2 \cdot K_{FI} = 6.973 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dom nyttelast:  $p_{Ed,q} := (g_k + 1.5 \cdot q_k + 0.45 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 8.263 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dom vindlast:  $p_{Ed,v} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 8.336 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dom snelast:  $p_{Ed,s} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 11.657 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dimensionsgivende:  $p_{Ed} := \max(p_{Ed,g}, p_{Ed,q}, p_{Ed,v}, p_{Ed,s}) = 11.657 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Reaktioner:

$$V_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot L \cdot p_{Ed} = 37.886 \text{ kN} \quad \tau := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{A_w} = 27.191 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau^2} = 47.096 \text{ MPa} < \frac{f_{yk}}{1.1} = 213.636 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$M_{Ed} := \frac{1}{8} \cdot L^2 \cdot p_{Ed} = 61.565 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := W_y \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = 157.236 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{OK}$$

**Anvendelsesgrænsetilstand:**

Dom nyttelast:  $p_{k,q} := g_k + q_k + s_k \cdot 0.3 + v_k \cdot 0.3 = 7.446 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dom snelast:  $p_{k,s} := g_k + s_k + v_k \cdot \psi_{0,v} = 9.634 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dom vindlast:  $p_{k,v} := g_k + s_k \cdot 0 + v_k = 7.419 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dimensionsgivende:  $p_k := \max(p_{k,q}, p_{k,s}, p_{k,v}) = 9.634 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

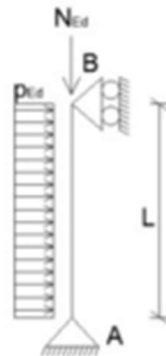
$$u := \frac{5}{384} \cdot \frac{p_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = 13.18 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{400} = 16.25 \text{ mm}$$



## A2.4 Randstolpe

### Randstolpe i skelletvæg



Der regnes med en momentpåvirket træstolpe med et lastopland på  $l_{opland} := \frac{3 \text{ m}}{2} + 0.3 \text{ m} = 1.8 \text{ m}$

Formfaktor:  $D := 0.7$  ;  $U_{tryk} := 0.47$

Vind:  $q_p := 0.86 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$   $\Rightarrow v_k := q_p \cdot (D + U_{tryk}) = 1.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Længde:  $L := 3.6 \text{ m}$   $\Rightarrow L_s := L = 3.6 \text{ m}$

Materiale parametre:  $Styrkeklasse := \text{"C18"}$

Anvendelsesklasse  $Anvendelsesklasse := 2$

Trykstyrke  $f_{c,0,k} := 18 \text{ MPa}$

Bøjningsstyrke  $f_{m,k} := 18 \text{ MPa}$

Elasticitetsmodul:  $E_{0,k} := 6000 \text{ MPa}$

### Tværsnit:

Udbøjning om:  $udbøjning := \text{"Stærk akse"}$

Faktor for forhåndskrumning:  $\beta_c := 0.2$

Bredde:  $b := 45 \text{ mm} \cdot 3 = 135 \text{ mm}$

Højde  $h := 145 \text{ mm}$

Tværsnitsareal:  $A := b \cdot h = (1.96 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$

Inertimoment  $I := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$

Slankhedsforhold:  $\lambda := \frac{L_s}{\left(\sqrt{\frac{I}{b \cdot h}}\right)} = 86.01$

Relativ slankhed:  $\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{18 \text{ MPa}}{E_{0,k}}} = 1.5$

$$k := 0.5 \cdot (1 + 0.2 \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) = 1.74$$

$$k_s := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.38$$

**Laster og sikkerhed**

Partialkoefficient:

$$K_{FI} := 1.0$$

$$\gamma_M := 1.35$$

Egenlast:

$$G_k := 5.11 \frac{kN}{m} \cdot l_{opland} = 9.2 \text{ kN}$$

$$k_{mod,g} := 0.6$$

Nyttelast:

$$Q_k := 0.15 \frac{kN}{m} \cdot l_{opland} = 0.27 \text{ kN}$$

$$k_{mod,q} := 0.7$$

Kategori:

$$kategori := "A"$$

$$\psi_{0,q} := 0.5 \quad \psi_{1,q} := 0.3 \quad \psi_{2,q} := 0.2$$

Snelast:

$$S_k := 3.34 \frac{kN}{m} \cdot l_{opland} = 6.01 \text{ kN}$$

$$k_{mod,s} := 0.8$$

$$\psi_{0,s} := 0.3 \quad \psi_{1,s} := 0.2 \quad \psi_{2,s} := 0$$

Vindlast:

$$V_k := 1.608 \frac{kN}{m} \cdot l_{opland} = 2.89 \text{ kN}$$

$$v_k := v_k \cdot l_{opland} = 1.81 \frac{kN}{m}$$

$$k_{mod,v} := 0.9$$

$$\psi_{0,v} := 0.3 \quad \psi_{1,v} := 0.2 \quad \psi_{2,v} := 0$$

**Brudgrænsetilstand:**

Dom Egenlast:

$$N_{Ed,g} := G_k \cdot 1.2 \cdot K_{FI} = 11.04 \text{ kN}$$

$$P_{Ed,g} := g_k \cdot 1.2 \cdot K_{FI} = 0 \frac{kN}{m}$$

Dom nyttelast:

$$N_{Ed,q} := (G_k + 1.5 \cdot Q_k + 0.45 \cdot S_k + 0.45 \cdot V_k) \cdot K_{FI} = 13.61 \text{ kN}$$

$$P_{Ed,q} := (g_k + 1.5 \cdot q_k + 0.45 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 0.82 \frac{kN}{m}$$

Dom snelast:

$$N_{Ed,s} := (G_k + 1.5 \cdot Q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot S_k + 0.45 \cdot V_k) \cdot K_{FI} = 19.72 \text{ kN}$$

$$P_{Ed,s} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 0.82 \frac{kN}{m}$$

Dom vindlast:

$$N_{Ed,v} := (G_k + 1.5 \cdot Q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot V_k) \cdot K_{FI} = 13.74 \text{ kN}$$

$$P_{Ed,v} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 2.72 \frac{kN}{m}$$

Det vurderes, på baggrund af udnyttelsen, at dimensionsgivende lastkombination er vindlast: =>

$$k_{mod} := 0.9$$

Normalkraft:  $N_{Ed,v} = 13.74 \text{ kN}$   $\sigma_{c,0,d} := \frac{N_{Ed,v}}{A} = 0.7 \text{ MPa}$

Bøjning:  $p_{Ed,v} = 2.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$   $\sigma_{m,d} := \frac{\frac{1}{8} \cdot p_{Ed,v} \cdot L^2}{I} \cdot \frac{b}{2} = (8.66 \cdot 10^6) \text{ Pa}$

Udnyttelse:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot \frac{18 \text{ MPa} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}} + \frac{\sigma_{m,d}}{\frac{18 \text{ MPa} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}} = 0.88 \quad \text{OK}$

Lokal tryk i bundrem:  $k_{c,90} := 1.25$

Materiale parametre:  $\text{Styrkeklasse} := \text{"C18"}$

Anvendelsesklasse  $\text{Anvendelsesklasse} := 2$

Trykstyrke  $f_{c,90,k} := 2.2 \text{ MPa}$

Bredde:  $b := 220 \text{ mm}$

Højde  $h := 45 \text{ mm}$

$A_{ef} := b \cdot (h \cdot 2) = 198 \text{ cm}^2$

Dom egenlast:  $\frac{N_{Ed,g}}{A_{ef}} \cdot \frac{1}{\left(k_{c,90} \cdot \frac{2.2 \text{ MPa} \cdot 0.6}{1.35}\right)} = 45.61\% \Rightarrow \text{OK}$

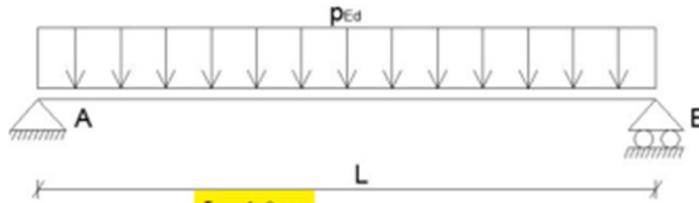
Dom nyttelast:  $\frac{N_{Ed,q}}{A_{ef}} \cdot \frac{1}{\left(k_{c,90} \cdot \frac{2.2 \text{ MPa} \cdot 0.8}{1.35}\right)} = 42.18\% \Rightarrow \text{OK}$

Dom snelast:  $\frac{N_{Ed,s}}{A_{ef}} \cdot \frac{1}{\left(k_{c,90} \cdot \frac{2.2 \text{ MPa} \cdot 0.9}{1.35}\right)} = 54.33\% \Rightarrow \text{OK}$

Dom vindlast:  $\frac{N_{Ed,v}}{A_{ef}} \cdot \frac{1}{\left(k_{c,90} \cdot \frac{2.2 \text{ MPa} \cdot 1.1}{1.35}\right)} = 30.97\% \Rightarrow \text{OK}$

A2.5 Sammensat bjælke over vindue

Overligger:



Længde:  $L := 1.9 \text{ m}$

Materiale parametre:

Styrkeklasse := "C18"

Anvendelsesklasse

Anvendelsesklasse := 1

Bøjningsstyrke:

$f_{m,k} := 18 \text{ MPa}$

Forskydning

$f_{v,k} := 3.4 \text{ MPa}$

Elasticitetsmodul:

$E_0 := 9000 \text{ MPa}$

Tværsnit:

Bredde:

$b := 2 \cdot 45 \text{ mm}$

Højde

$h := 245 \text{ mm}$

Inertimoment

$I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = (1.1 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$

Laster og sikkerhed

$K_{FI} := 1.0$

Partialkoefficient:

$\gamma_M := 1.35$

Egenlast:

$g_k := 5.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + b \cdot h \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 5.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$k_{mod,g} := 0.6$

Nyttelast:

$q_k := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$k_{mod,q} := 0.8$

Kategori:

kategori := "A"

$\psi_{0,q} := 0.5 \quad \psi_{1,q} := 0.3 \quad \psi_{2,q} := 0.2$

Snelast:

$s_k := 3.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$k_{mod,s} := 0.9$

$\psi_{0,s} := 0.3 \quad \psi_{1,s} := 0.2 \quad \psi_{2,s} := 0$

Vindlast:

$v_k := 1.608 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$k_{mod,v} := 1.1$

$\psi_{0,v} := 0.3 \quad \psi_{1,v} := 0.2 \quad \psi_{2,v} := 0$

**Brudgrænsetilstand:**

$$p_{Ed,g} := g_k \cdot 1.2 \cdot K_{FI} = 6.32 \frac{kN}{m}$$

$$p_{Ed,q} := (g_k + 1.5 \cdot q_k + 0.45 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 7.72 \frac{kN}{m}$$

$$p_{Ed,s} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot s_k + 0.45 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 11.11 \frac{kN}{m}$$

$$p_{Ed,v} := (g_k + 1.5 \cdot q_k \cdot \psi_{0,q} + 1.5 \cdot v_k) \cdot K_{FI} = 7.79 \frac{kN}{m}$$

Forskydning:

På baggrund af forskydningsudnyttelsen, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for snelast:  $\Rightarrow k_{mod,s} := 0.9$

Regningsmæssig linjelast:  $p_{Ed,s} = 11.11 \frac{kN}{m}$

Maksimal forskydning  $V_{Ed} := p_{Ed,s} \cdot L \cdot 0.5 = 10.55 kN$

Forskydningsspænding  $\tau_{Ed} := 1.5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b \cdot h} = 0.72 MPa$

Bæreevne:  $f_{v,d} := f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod,s}}{\gamma_M} = 2.27 MPa$  OK

Bøjning:

På baggrund af bøjningsudnyttelse, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for bøjning er snelast:  $k_{mod,s} = 0.9$

Regningsmæssig linjelast:  $p_{Ed,s} = 11.11 \frac{kN}{m}$

Maksimal moment  $M_{Ed} := \frac{1}{8} \cdot p_{Ed,s} \cdot L^2 = 5.01 kN \cdot m$

Spænding  $\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{h}{2} = 5.57 MPa$

Bæreevne:  $f_{m,d} := f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod,s}}{\gamma_M} = 12 MPa$  OK

**Anvendelsesgrænsetilstand:**

Det vurderes at største nedbøjning er forårsaget af egenlast:

Karakteristiske last:  $p_{Ed,g} = 6.32 \frac{kN}{m}$

$\psi_2 := 0.2$   $k_{def} := 0.6$

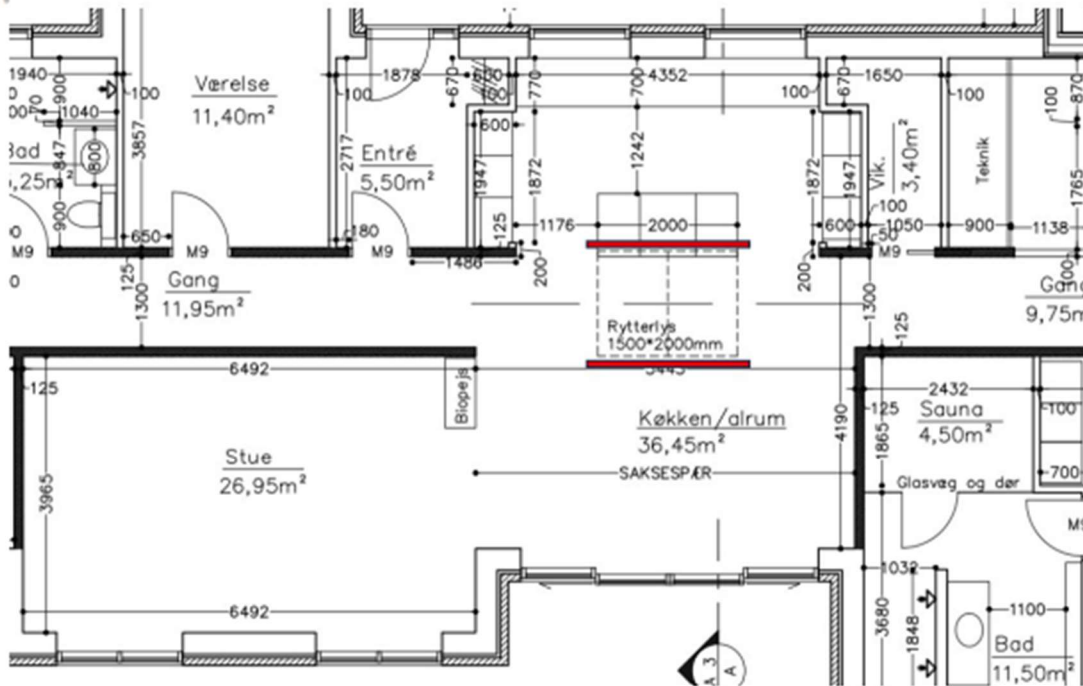
Øjeblikkelig udbøjning:  $u_{inst} := \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{Ed,g} \cdot L^4}{E_0 \cdot I_y} = 1.08 mm$

Langtids udbøjning:  $u_{fin} := u_{inst} \cdot (1 + k_{def}) = 1.73 mm$

$\frac{L}{400} \geq u_{fin} = 1$   $\frac{L}{400} = 4.75 mm$

## A2.6 Vekselsbjælke

Vekselsbjælke:



Tagkonstruktion:

Lastoplend

$$L_a := \frac{7968 \text{ mm}}{2} = 3.984 \text{ m}$$

Taghældning:

$$\alpha := 35 \text{ deg}$$

Peakhastighedstryk:

$$q_p := 0.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Karakteristiske laster

Egenlast:

$$g_k := \frac{0.84 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot L_a}{\cos(35 \text{ deg})} = 4.085 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nyttelast:

$$q_k := 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snelast

$$s_k := 0.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot L_a = 2.669 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vindlast:

$$v_k := q_p \cdot (0.7 + 0.3) \cdot L_a \cdot \tan(\alpha) \cdot 0.85 \cdot 1.5 = 3.166 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dom. egenlast  $K_{FI} := 1$   $\psi_0 := 0.5$   $g_k \cdot$

$$p_{d.y.1} := 1.2 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \cos(\alpha) = 4.016 \frac{kN}{m} \quad g_k \cdot$$

$$p_{d.z.1} := 1.2 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \sin(\alpha) = 2.812 \frac{kN}{m}$$

Dom. nyttelast

$$p_{d.y.2} := 1.0 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \cos(\alpha) + 1.5 \cdot q_k \cdot \cos(\alpha) + 0.45 \cdot K_{FI} \cdot s_k \cdot \cos(\alpha) + 0.45 \cdot K_{FI} \cdot v_k = 5.755 \frac{kN}{m}$$

$$p_{d.z.2} := 1.0 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \sin(\alpha) + 1.5 \cdot q_k \cdot \sin(\alpha) + 0.45 \cdot K_{FI} \cdot s_k \cdot \sin(\alpha) + 0.45 \cdot K_{FI} \cdot v_k = 4.457 \frac{kN}{m}$$

Dom. snelast

$$p_{d.y.3} := 1.0 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \cos(\alpha) + 1.5 \cdot \psi_0 \cdot q_k \cdot \cos(\alpha) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot s_k \cdot \cos(\alpha) + 0.45 \cdot K_{FI} \cdot v_k = 8.051 \frac{kN}{m}$$

$$p_{d.z.3} := 1.0 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \sin(\alpha) + 1.5 \cdot \psi_0 \cdot q_k \cdot \sin(\alpha) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot s_k \cdot \sin(\alpha) + 0.45 \cdot K_{FI} \cdot v_k = 6.064 \frac{kN}{m}$$

Dom. vindlast

$$p_{d.y.4} := 1.0 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \cos(\alpha) + 1.5 \cdot \psi_0 \cdot q_k \cdot \cos(\alpha) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot v_k = 8.095 \frac{kN}{m}$$

$$p_{d.z.4} := 1.0 \cdot K_{FI} \cdot g_k \cdot \sin(\alpha) + 1.5 \cdot \psi_0 \cdot q_k \cdot \sin(\alpha) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot v_k = 7.092 \frac{kN}{m}$$

Dimensionsgivende:

$$p_{ed.y} := \max(p_{d.y.1}, p_{d.y.2}, p_{d.y.3}, p_{d.y.4}) = 8.095 \frac{kN}{m}$$

y-retning:

Dom. snelast

Dimensionsgivende:

$$p_{ed.z} := \max(p_{d.z.1}, p_{d.z.2}, p_{d.z.3}, p_{d.z.4}) = 7.092 \frac{kN}{m}$$

z-retning:

Dom. snelast

### Vekselsbjælke

Længde:  $L := 2.5 \text{ m}$

#### Tværsnit:

Bredde:  $b := 115 \text{ mm}$

Højde:  $h := 233 \text{ mm}$

Inertimoment y  $I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = (1.21 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$

Inertimoment z  $I_z := \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = (2.95 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$

#### Materiale parametre for GL30c:

Anvendelsesklasse 2  $k_{def} := 0.8$

Dominerende sne  $k_{mod} := 0.9$

Bøjningsstyrke:  $f_{m,k} := 24 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} := f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{1.35} = 16 \text{ MPa}$$

Forskydning  $f_{v,k} := 4 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} := f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{1.35} = 2.667 \text{ MPa}$$

Elasticitetsmodul:  $E_0 := 11000 \text{ MPa}$

### Brudgrænsetilstand:

#### Forskydning y retning:

På baggrund af forskydningsudnyttelsen, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for snelast

$k_{mod.sne} := 0.9$        $\gamma_M := 1.35$

Reaktioner:  $R_A := \frac{1}{2} \cdot L \cdot p_{ed,y} = 10.119 \text{ kN}$

$$R_B := \frac{1}{2} \cdot L \cdot p_{ed,y} = 10.119 \text{ kN}$$

Maksimal forskydning  $V_{Ed} := \max(R_A, R_B) = 10.119 \text{ kN}$

Forskydningsspænding  $\tau_{Ed} := 1.5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b \cdot h} = 0.566 \text{ MPa}$

Bæreevne:  $f_{v,d} := f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod.sne}}{\gamma_M} = 2.667 \text{ MPa}$

OK



Forskydning z retning:

På baggrund af forskydningsudnyttelsen, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for snelast

$$k_{mod.sne} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.35$$

Reaktioner:  $R_A := \frac{1}{2} \cdot L \cdot p_{ed.z} = 8.864 \text{ kN}$

$$R_B := \frac{1}{2} \cdot L \cdot p_{ed.z} = 8.864 \text{ kN}$$

Maksimal forskydning  $V_{Ed} := \max(R_A, R_B) = 8.864 \text{ kN}$

Forskydningsspænding  $\tau_{Ed} := 1.5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b \cdot h} = 0.496 \text{ MPa}$

Bæreevne:  $f_{v.d} := f_{v.k} \cdot \frac{k_{mod.sne}}{\gamma_M} = 2.667 \text{ MPa} \quad \text{OK}$

Bøjning y retning:

På baggrund af forskydningsudnyttelsen, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for snelast  $\Rightarrow k_{mod.sne} := 0.9$

Regningsmæssig linjelast  $p_{ed.y} = 8.095 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Moment:  $M_{Ed} := \frac{1}{8} \cdot L^2 \cdot p_{ed.y} = 6.324 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Bøjningsspænding  $\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{h}{2} = 6.078 \text{ MPa}$

Bæreevne:  $f_{m.d} := f_{m.k} \cdot \frac{k_{mod.sne}}{\gamma_M} = 16 \text{ MPa}$

OK

**Bøjning z retning:**

På baggrund af forskydningsudnyttelsen, vurderes at dimensionsgivende lasttilfælde for snelast  $\Rightarrow k_{mod.sne} := 0.9$

Regningsmæssig linjelast  $p_{ed.z} = 7.092 \frac{kN}{m}$

Moment:  $M_{Ed} := \frac{1}{8} \cdot L^2 \cdot p_{ed.z} = 5.54 kN \cdot m$

Bøjningsspænding  $\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed}}{I_z} \cdot \frac{b}{2} = 10.788 MPa$

Bæreevne:  $f_{m.d} := f_{m.k} \cdot \frac{k_{mod.sne}}{\gamma_M} = 16 MPa$

OK

**Anvendelsesgrænsetilstand:**

$\psi_{2.g} := 1 \quad \psi_2 := 1$

Tag - SLS 2.1  $p_{Ok} := \left( 0.81 \frac{kN}{m^2} + 0.8 \frac{kN}{m^2} \right) \cdot L_a = 6.414 \frac{kN}{m}$

Tag - SLS 1.1  $p_{Pk} := \left( 0.81 \frac{kN}{m^2} \right) \cdot L_a = 3.227 \frac{kN}{m}$

Øjeblikkelig udbøjning y-retning  $u_{inst} := \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{Pk} \cdot L^4}{E_0 \cdot I_y} = 1.231 mm$

Langtids udbøjning y-retning  $u_{fin} := u_{inst} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 2.216 mm$

Nedbøjningskrav  $\frac{L}{400} = 6.25 mm \geq u_{fin} \quad OK$

Øjeblikkelig udbøjning z-retning  $u_{inst} := \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{Pk} \cdot L^4}{E_0 \cdot I_z} = 5.053 mm$

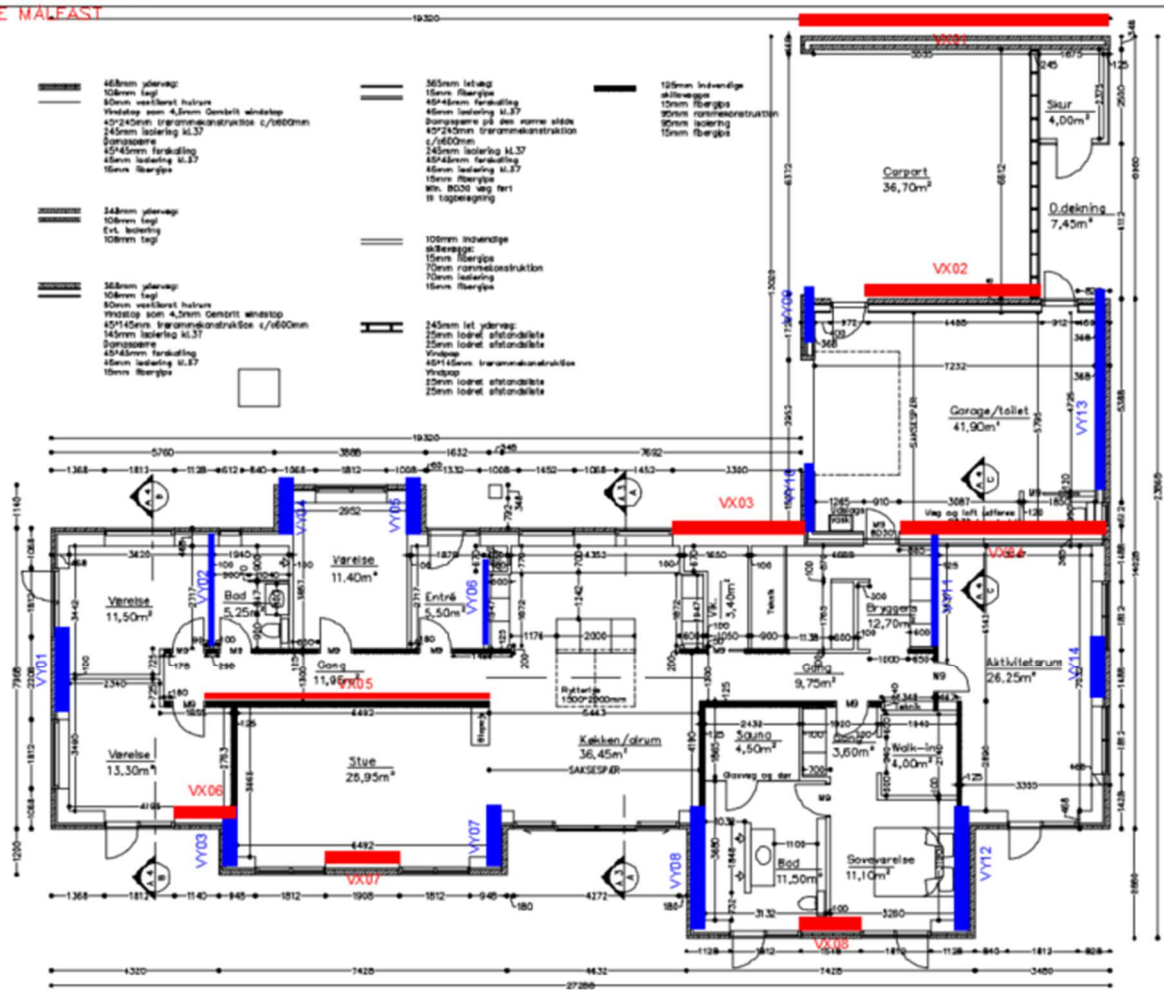
Langtids udbøjning z-retning  $u_{fin} := u_{inst} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 9.095 mm$

Nedbøjningskrav  $\frac{L}{200} = 12.5 mm \geq u_{fin} \quad OK$

## A2.7 Stabilitetsberegning

### A2.7.1 Oversigt over stabiliserende vægge

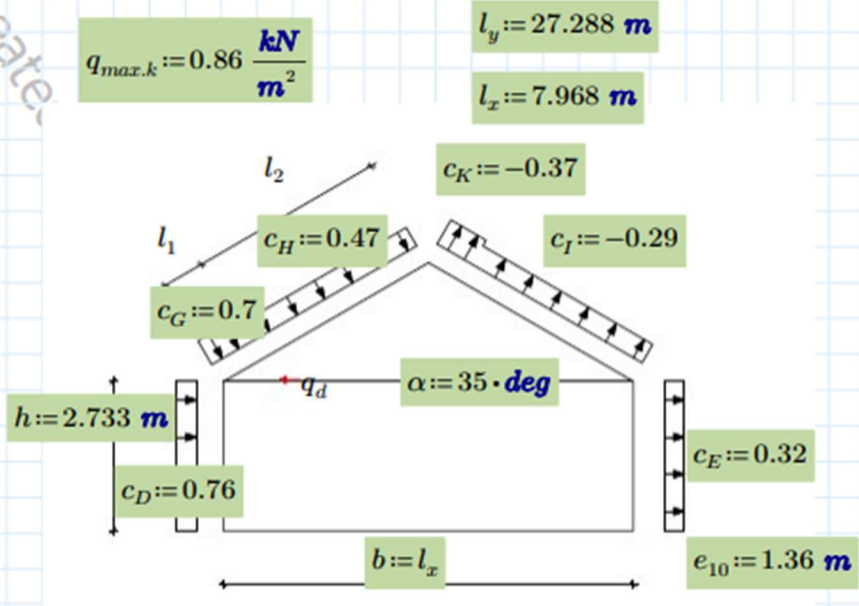
IKKE MALFAST



A2.7.2 Vandret last

Der vises kun de værst belastede vægge.

**Inddata:**



**Beregninger**

$$l_1 := \frac{e_{10}}{\cos(\alpha)} = 1.7 \text{ m} \quad l_2 := \frac{b}{2} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} - l_1 = 3.2 \text{ m}$$

$$q_{d1} := \frac{h}{2} \cdot q_{max,k} \cdot 1.5 \cdot (c_D + c_E) \cdot 0.85 + l_1 \cdot (c_G - c_K) \cdot q_{max,k} \cdot 1.5 \cdot \sin(\alpha) + l_2 \cdot (c_H - c_I) \cdot q_{max,k} \cdot 1.5 \cdot \sin(\alpha)$$

$$q_{d2} := \frac{h}{2} \cdot q_{max,k} \cdot 1.5 \cdot (c_D + c_E) \cdot 0.85$$

**Resultat**

Last i loftskive

Last fra facade

$$q_{d1} = 4.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{d2} = 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{d1} \cdot 3.5 \text{ m} = 16.569 \text{ kN}$$

$$Q_y := l_y \cdot q_{d1} = 129.2 \text{ kN}$$

$$\frac{Q_y}{7} = 18.455 \text{ kN}$$

Resultant i y-retning

$$Q_x := l_x \cdot q_{d2} + \tan(\alpha) \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^2 \cdot q_{max,k} \cdot 1.5 \cdot (c_D + c_E) \cdot 0.85 = 26.1 \text{ kN}$$

Resultant i x-retning

Lasten fordeles ligeligt til de stabiliserende væglinjer. Lasten i hver væglinje fordeles ligeligt til hver væg

**Vindlast på tværs (Y-retning)**

Lasten bliver fordelt ligeligt ud på de stabiliserende vægge

**Vindlast i stabiliserende vægge: y-retning**

Resultierende vindlast, y retning  $Q_y := 4.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 27.288 \text{ m} = 128.254 \text{ kN}$

Der regnes med følgende vindfordeling: Længde Højde:

VY01/VY14:  $V_1 := \frac{Q_y}{14} = 9.161 \text{ kN}$   $L_1 := 1300 \text{ mm}$   $h_1 := 2500 \text{ mm}$

**Materialeparametre - Træskellet**

Karakteristisk bæreevne for HTT4 med  $n_1 := 18$  CNA4,0X40 med US50/50/8 underlagsskive

$$R_{1,k} := \min((n_1 - 3.5) \cdot 1.83, 23.9) \text{ kN} = 23.9 \text{ kN}$$

$$R_{1,d} := R_{1,k} \cdot \frac{1.1}{1.35} = 19.474 \text{ kN}$$

Bæreevne for forbindelser til Cembritt windstopper extreme:

$$F_{V,d} := 1.19 \text{ kN}$$

Bæreevnen i fibergips for klammer med trådtykkelse på  $d=1,5\text{mm}$  og længden  $L=44\text{mm}$  og ryglængde på  $dx6$

$$F_{v,d} := 0.53 \text{ kN}$$

Stabilitet: VY01

C18 konstruktionstræ

Træstolpe:  $h_{stolpe} := 195 \text{ mm}$   $b_{stolpe} := 45 \text{ mm}$

Trærem:  $h_{rem} := 45 \text{ mm}$   $b_{rem} := 195 \text{ mm}$

Elementmål:  $L_1 = 1.3 \text{ m}$   $h_1 = 2.5 \text{ m}$

Dominerende vindlast:

$k_{mod} := 1.1$   $k_{rel} := 0.06$   $f_{c0d} := \frac{18 \text{ MPa}}{1.35} \cdot k_{mod} = 14.667 \text{ MPa}$

VY01:  $V_{Ed} := V_1 = 9.161 \text{ kN}$

Reaktion:  $F_d := \frac{V_{Ed} \cdot h_1}{L_1} = 17.617 \text{ kN} \Rightarrow F_d \leq R_{1,d} \text{ Bæreevne} \Rightarrow \text{OK}$

Fastgørelse af fibergips

Plade: fibergips:  $F_{Vd} = 1.19 \text{ kN}$

Antal forbindelser:  $n := \text{ceil}\left(\frac{V_{Ed}}{F_{Vd}}\right) = 8 \text{ stk}$

Indbyrdes afstand:  $s_1 := \frac{\min(L_1, h_1)}{n} = 162.5 \text{ mm}$

Randstolpen undersøges for tryk

$\lambda := k_{rel} \cdot \frac{h_1}{h_{stolpe}} = 0.769$   $k_c := 0.853$  - Tabel 7.16 - Teknisk Ståb 25.

$N_{Rd} := k_c \cdot h_{stolpe} \cdot b_{stolpe} \cdot f_{c0d} = 109.781 \text{ kN}$   $N_{Rd} \geq F_d \Rightarrow \text{OK}$

Glidningssikring

$G := \frac{V_{Ed}}{L_1} = 7.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  Væggen skal forankres for glidning

$n := \text{ceil}\left(\frac{G}{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}\right) = 8$  Der skal bruges 8 skruer, der minimum kan klare 1kN i tværlast

$cc := \min\left(\frac{L_1}{8}, 300 \text{ mm}\right) = 162.5 \text{ mm}$

**Vindlast på langs: (X-retning)**

Der bliver kun vist de mest kritiske vægge

**Vindlast i stabiliserende vægge: x-retning**

Resultierende vindlast, x retning  $Q_x := 4.7 \frac{kN}{m} \cdot 23.868 m = 112.18 kN$

Der regnes med følgende vindfordeling:

Længde

Højde:

Last til V1 & V2:  $4.7 \frac{kN}{m} \cdot 9.93 m$   
 $\frac{\quad}{2} = 23.336 kN$

VX01:  $V_1 := 23.336 kN$

$L_1 := 1548 mm$

$h_1 := 2500 mm$

VX02:  $V_2 := 23.336 kN$

$L_2 := 4488 mm$

$h_2 := 2500 mm$

Last til V6, V7 & V8:  $4.7 \frac{kN}{m} \cdot 4.8 m$   
 $\frac{\quad}{3} = 7.52 kN$

VX06:  $V_6 := 7.52 kN$

$L_6 := 1400 mm$

$h_6 := 2500 mm$

VX07:  $V_7 := 7.52 kN$

$L_7 := 1900 mm$

$h_7 := 2500 mm$

VX08:  $V_8 := 7.52 kN$

$L_8 := 1548 mm$

$h_8 := 2500 mm$

**Materialeparametre - Træskellet**

Karakteristisk bæreevne for HTT4 med  $n_1 := 18$  CNA4,0X40 med US50/50/8 underlagsskive

$R_{1,k} := \min((n_1 - 3.5) \cdot 1.83, 23.9) kN = 23.9 kN$

$R_{1,d} := R_{1,k} \cdot \frac{1.1}{1.35} = 19.474 kN$

Trækforankring M12 gevindstang:

$R_2 := 15 kN$

Bæreevne for forbindelser til krydsfiner extreme:

$F_{V,d} := 1.19 kN$

Bæreevnen i fibergips for klammer med trådtykkelse på  $d=1,5mm$  og længden  $L=44mm$  og ryglængde på  $dx6$

$F_{v,d} := 0.53 kN$

Stabilitet: VX02

C18 konstruktionstræ

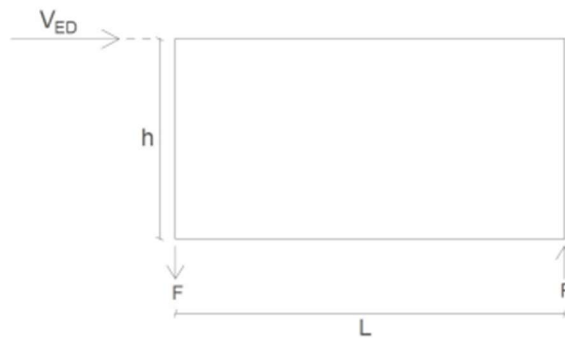
Træstolpe:  $h_{stolpe} := 145 \text{ mm}$   $b_{stolpe} := 45 \text{ mm}$

Trærem:  $h_{rem} := 45 \text{ mm}$   $b_{rem} := 145 \text{ mm}$

Elementmål:  $L_2 = 4.488 \text{ m}$   $h_2 = 2.5 \text{ m}$

Dominerende vindlast:

$k_{mod} := 1.1$   $k_{rel} := 0.06$   $f_{c0d} := \frac{18 \text{ MPa}}{1.35} \cdot k_{mod} = 14.667 \text{ MPa}$



VX02:  $V_{Ed} := V_2 = 23.336 \text{ kN}$

Reaktion:  $F_d := \frac{V_{Ed} \cdot h_2}{L_2} = 12.999 \text{ kN} \Rightarrow F_d \leq R_2 \leq 1$  Bæreevne  $\Rightarrow$  OK

Fastgørelse af fibergips

Plade forbindelsesmidler:  $F_{v,d} = 0.53 \text{ kN}$

Antal forbindelser:  $n := \text{ceil}\left(\frac{V_{Ed}}{F_{v,d}}\right) = 20 \text{ stk}$

Indbyrdes afstand:  $a := \min\left(200 \text{ mm}, \frac{h_1}{n}\right) = 125 \text{ mm}$

Randstolpen undersøges for tryk

$\lambda := k_{rel} \cdot \frac{h_2}{h_{stolpe}} = 1.034$   $k_c := 0.877$  - Tabel 7.16 - Teknisk Ståbi 25.

$N_{Rd} := k_c \cdot h_{stolpe} \cdot b_{stolpe} \cdot f_{c0d} = 83.929 \text{ kN}$   $N_{Rd} \geq F_d \Rightarrow$  OK

Glidningssikring

$G := \frac{V_{Ed}}{L_2} = 5.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  Væggen skal forankres for glidning

$n := \text{ceil}\left(\frac{G}{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}\right) = 6$  Der skal bruges 2 skruer, der minimum kan klare 1kN i tværlast

$cc := \min\left(\frac{L_2}{2}, 300 \text{ mm}\right) = 300 \text{ mm}$



Stabilitet: VX06

C18 konstruktionstræ

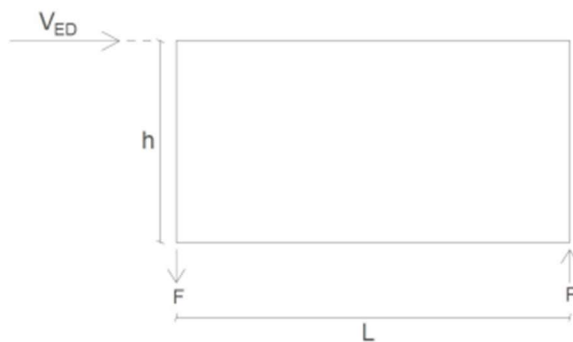
Træstolpe:  $h_{stolpe} := 245 \text{ mm}$   $b_{stolpe} := 45 \text{ mm}$

Trærem:  $h_{rem} := 45 \text{ mm}$   $b_{rem} := 245 \text{ mm}$

Elementmål:  $L_6 = 1.4 \text{ m}$   $h_6 = 2.5 \text{ m}$

Dominerende vindlast:

$k_{mod} := 1.1$   $k_{rel} := 0.06$   $f_{c0d} := \frac{18 \text{ MPa}}{1.35} \cdot k_{mod} = 14.667 \text{ MPa}$



VX06:  $V_{Ed} := V_6 = 7.52 \text{ kN}$

Reaktion:  $F_d := \frac{V_{Ed} \cdot h_6}{L_6} = 13.429 \text{ kN} \Rightarrow F_d \leq R_{1,d} = 1 \text{ Bæreevne} \Rightarrow \text{OK}$

Fastgørelse af fibergips

Plade forbindelsesmidler:  $F_{v,d} = 0.53 \text{ kN}$

Antal forbindelser:  $n := \text{ceil}\left(\frac{V_{Ed}}{F_{v,d}}\right) = 15 \text{ stk}$

Indbyrdes afstand:  $a := \min\left(200 \text{ mm}, \frac{h_1}{n}\right) = 167 \text{ mm}$

Randstolpen undersøges for tryk

$\lambda := k_{rel} \cdot \frac{h_6}{h_{stolpe}} = 0.612$   $k_c := 0.877$  - Tabel 7.16 - Teknisk Ståbi 25.

$N_{Rd} := k_c \cdot h_{stolpe} \cdot b_{stolpe} \cdot f_{c0d} = 141.811 \text{ kN}$   $N_{Rd} \geq F_d \Rightarrow \text{OK}$

Glidningssikring

$G := \frac{V_{Ed}}{L_6} = 5.37 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  Væggen skal forankres for glidning

$n := \text{ceil}\left(\frac{G}{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}\right) = 6$  Der skal bruges 6 skruer, der minimum kan klare 1kN i tværlast

$cc := \min\left(\frac{L_6}{6}, 300 \text{ mm}\right) = 233.333 \text{ mm}$

## A2.8 Ydervægsfundamenter

### Ydervægsfundamenter

Jf. afsnit A1.8 Lastnedføring har fundamenter den største last på:  $V := 17.5 \text{ kN}$

Hvoraf rammer i formuren.  $V_{formur} := 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2.5 \text{ m} = 5 \text{ kN}$

Fundamentet har dimensioner på:  $b := 390 \text{ mm}$   $h := 600 \text{ mm}$

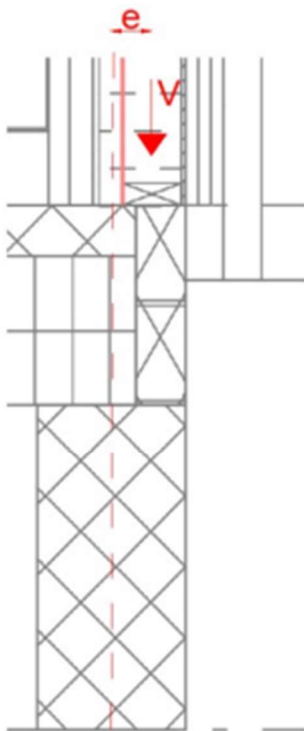
Der regnes med følgende excentricitet:

Bagmur: 
$$e_{bag} := \frac{b}{2} - \frac{108 \text{ mm}}{2} = 141 \text{ mm}$$

Formur: 
$$e_{for} := \frac{b}{2} - \frac{245 \text{ mm}}{2} = 72.5 \text{ mm}$$

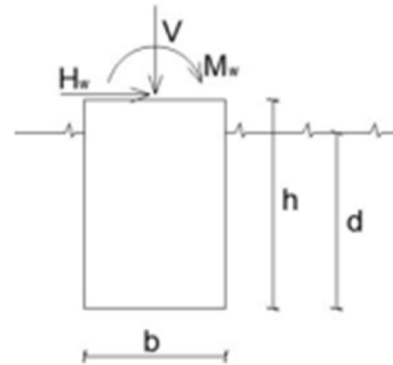
Der regnes med et moment på  $M_w := (V - V_{formur}) \cdot e_{bag} - e_{for} \cdot V_{formur}$

$$M_w = 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



**Geometri:**

Fundamentsbredde:  $b = 390 \text{ mm}$   
 Fundamentshøjde:  $h = 600 \text{ mm}$   
 Fundamentsdybde:  $d := h = 600 \text{ mm}$   
 Fundamentslængde:  $l := 1000 \text{ mm}$



**Sandtilfælde**

**Tyngde:**

Rumvægt:  $\gamma := 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$   
 Vandets tyngde:  $\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$   
 Effektiv tyngde:  $\gamma' := \gamma - \gamma_w = 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$   
 Effektiv overlejringstryk:  $q' := \gamma' \cdot d = 4.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

**Styrkeparametre:**

Friktionsvinkel:  $\phi'_k := 35 \text{ deg} \Rightarrow \phi'_d := \text{atan}\left(\frac{\tan(\phi'_k)}{1.2}\right) = 30.26 \text{ deg}$

**Belastninger:**

Lodret:  $V = 17.5 \text{ kN}$   
 Vandret: På langs  $H_l := 0 \text{ kN}$  På tværs  $H_w := 0 \text{ kN}$

Moment: På langs  $M_l := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$  På tværs  $M_w = 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

**Excentricitet:**

På langs  $e_l := \frac{M_l + H_l \cdot h}{V + 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot l} = 0 \text{ mm}$   
 På tværs:  $e_w := \frac{M_w + H_w \cdot h}{V + 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot l} = 61.18 \text{ mm}$

**Effektiv geometri:**

Effektiv bredde  $b' := b - e_w \cdot 2 = 267.63 \text{ mm}$  Kontrollere at:  $b' > \frac{b}{3}$  OK  
 Effektiv længde  $l' := l - e_l \cdot 2 = 1000 \text{ mm}$   $l' > \frac{l}{3}$  OK  
 Effektiv areal:  $A' := b' \cdot l' = 0.27 \text{ m}^2$

**Bæreevneberegning:**

Hældningsfaktor:  $i_q = 1$   $i_\gamma := i_q^2 = 1$   
 Formfaktor:  $s_q = 1$   $s_\gamma = 0.89$   
 Bæreevnefaktor:  $N_q = 18.96$   $N_\gamma = 15.28$

Bæreevne:  $R_d := \left(\frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q\right) \cdot A' - 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot l \cdot h = 22.65 \text{ kN}$   
 $R_d = 22.65 \text{ kN} \quad \text{OK}$

**Lertilfælde**

**Tyngde:**

Rumvægt:

$$\gamma := 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Vandets tyngde:

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Effektiv tyngde:

$$\gamma' := \gamma - \gamma_w = 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Effektiv overlejringstryk:

$$q' := \gamma' \cdot d = 5.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Styrkeparametre:**

Forskydningstyrke:

$$c_{uk} := 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

=>

$$c_{ud} := \frac{c_{uk}}{1.8} = 27.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$c'_k := 0.1 \cdot c_{uk} = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

=>

$$c'_d := \frac{c'_k}{1.2} = 4.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Friktionsvinkel:

$$\phi'_k := 25 \text{ deg}$$

=>

$$\phi'_d := \text{atan}\left(\frac{\tan(\phi'_k)}{1.2}\right) = 21.24 \text{ deg}$$

**Belastninger:**

Lodret:

$$V = 17.5 \text{ kN}$$

Vandret:

På langs

$$H_l := 0 \text{ kN}$$

På tværs

$$H_w := 0 \text{ kN}$$

Moment:

På langs

$$M_l := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

På tværs

$$M_w = 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**Excentricitet:**

$$e_l := \frac{M_l + H_l \cdot h}{V + 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot l} = 0 \text{ mm}$$

$$e_w := \frac{M_w + H_w \cdot h}{V + 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot l} = 61.18 \text{ mm}$$

**Effektiv geometri:**

Effektiv bredde

Kontrollere at:

$$b' := b - e_w \cdot 2 = 0.27 \text{ m}$$

Effektiv længdem

$$\frac{b'}{l} > \frac{b}{3} \quad \text{OK}$$

Effektiv areal:

$$A' := b' \cdot l = 0.27 \text{ m}^2$$

**Korttidbæreevne:**

Hældningsfaktor:

$$i_{c,0} = 1$$

Formfaktor:

$$s_{c,0} = 1$$

Bæreevnefaktor:

$$N_{c,0} = 5.14$$

Bæreevne:

$$R_d := (N_{c,0} \cdot c_{ud} \cdot s_{c,0} \cdot i_{c,0} + q') \cdot A' - 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot l \cdot h = 34.05 \text{ kN}$$

OK

**Langtidbæreevne:**

Hældningsfaktor:

$$i_c = 1$$

$$i_q := i_c = 1$$

$$i_\gamma := i_q^2 = 1$$

Formfaktor:

$$s_c := s_{c,0} = 1$$

$$s_q := s_c = 1$$

$$s_\gamma = 0.89$$

Bæreevnefaktor:

$$N_c = 16.06$$

$$N_q = 7.24$$

$$N_\gamma = 3.51$$

Bæreevne:

$$R_d := \left(\frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + c'_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c\right) \cdot A' - 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot l \cdot h$$

$$R_d = 23.76 \text{ kN}$$

OK