

# Vedleggsliste

<b>Vedlegg A: Vindlast BUS2</b> .....	<b>II</b>
<i>A1 – Vindretning nordvest</i> .....	<i>II</i>
A1.1: Vindlastberegning OS-prog Lastberegning .....	II
A1.2: Vindlastberegning Mathcad .....	VI
A1.3: Grunnverdi for hastighetstrykk fra vindlast $q_{p0(z)} = 26$ m/s .....	VII
<i>A2 – Vindretning vest</i> .....	<i>VIII</i>
A2.1 Vindlastberegning OS-prog Lastberegning .....	VIII
A2.2 Vindlastberegning Mathcad .....	XII
<i>A3 – Vindretning øst</i> .....	<i>XV</i>
A3.1: Vindlastberegning OS-prog.....	XV
A3.2: Vindlastberegning Mathcad .....	XIX
A3.3: Vindlastberegning øst med $C_{dir}=1.0$ . .....	XXII
<b>Vedlegg B: Dekkeforkanter</b> .....	<b>XXVI</b>
<i>B1 – Høgskolen i Bergen, K1</i> .....	<i>XXVI</i>
B1.1: Festebraket i stål ved utkraget hulldekke.....	XXVI
<i>B2 – Nonneseterkvartalet</i> .....	<i>XXVII</i>
B2.1: Profilstål på tvers av hulldekkets spennretning .....	XXVII
<b>Vedlegg C: Bilder BUS 2</b> .....	<b>XXVIII</b>
<i>C1 – Bilder av tangent 51 fra byggeplass</i> .....	<i>XXVIII</i>
C2: BUS2 fra BIM-modell.....	XXIX

# Vedlegg A: Vindlast BUS2

## A1 – Vindretning nordvest

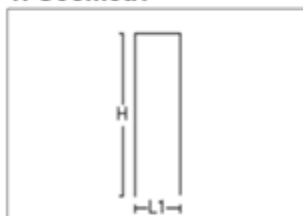
### A1.1: Vindlastberegning OS-prog Lastberegning

#### Vindlastberegning

Tittel Vindretning Nordvest		Side 1
Prosjekt BUS 2	Ordre	Sign Date 10-03-2020

Dataprogram: LastBeregning versjon 6.2.5 Laget av Sletten Byggdata AS  
Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster  
Data er lagret på fil:

#### 1. Geometri



H 32500 mm  
L1 18600 mm

Byggets lengde, L2: 90000 mm  
Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

#### 2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s  
Byggested, høyde over havet (m): 50 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: 32,5 m

#### BYGGESTEDETS TERRENGDATA

Terrengkategrori III: Sammenhengende småhusbebyggelse industriområder eller skogsområder.  
Terrengkategrifaktoren  $K_t$ : 0,22 Ruhetslengden  $Z_0$  (m): 0,3  $Z_{min}$  (m): 8  $V_m$  (m/s): 26,80  $C_r$ : 1,03

#### OVERGANGSONE

Terrengkategrori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.  
Terrengkategrifaktoren  $K_t$ : 0,17 Ruhetslengden  $Z_0$  (m): 0,01  $Z_{min}$  (m): 2  $V_m$  (m/s): 35,74  $C_r$ : 1,37  
Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategroriendring  $X_b$  (m): 5000  
Overgangsonedefaktor  $C_s(X_b)$ : 1,06  $V_m(z)$ : 28,3(lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: Ingen topografisk påvirkning.

Terrengformfaktor  $C_o(z)$ : 1 Turbulensfaktor  $K_i$ : 1

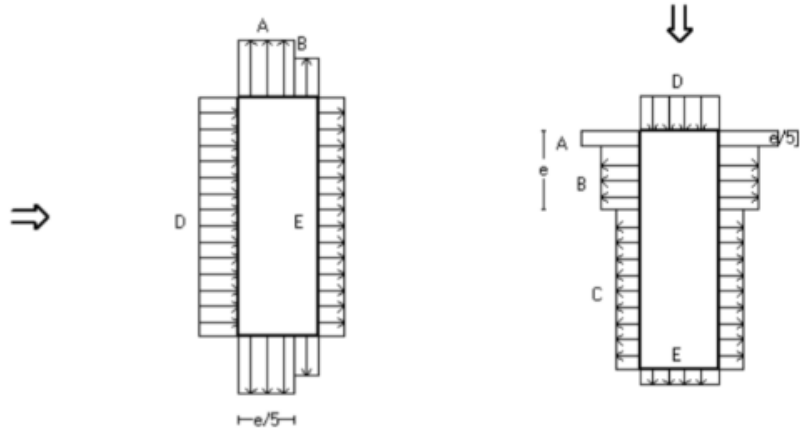
$V_{kast}$ : 42,52 m/s

$Q_{kast}$ : 1,130 kN/m<sup>2</sup>

Tittel Vindretning Nordvest		Side 2
Prosjekt BUS 2	Ordre	Sign Dato 10-03-2020

### 3. Yttervegger

#### 3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader.  $e=65000$  mm

Vindretning 90 grader.  $e=18600$  mm

Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80		0,80	-0,54
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,36	-0,90		0,90	-0,61
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10		1,00	-0,54
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,58	-1,24		1,13	-0,61
Utstrekning (mm)	13000	5600		90000	90000

Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,33
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,36	-0,90	-0,56	0,81	-0,37
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,33
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,58	-1,24	-0,56	1,13	-0,37
Utstrekning (mm)	3720	14880	71400	18600	18600

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 <sup>2</sup> )	-0,34	0,23

Tittel Vindretning Nordvest		Side 3
Prosjekt BUS 2	Ordre	Sigs Date 10-03-2020

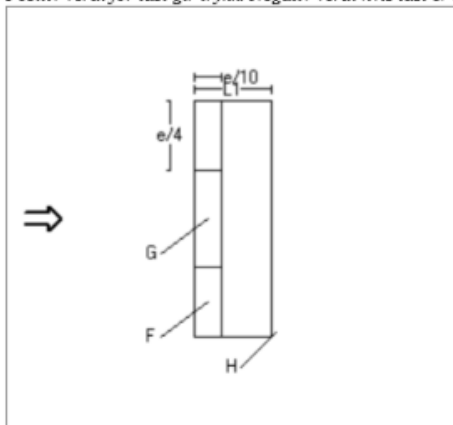
#### 4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=18600 mm L2=90000 mm

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

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



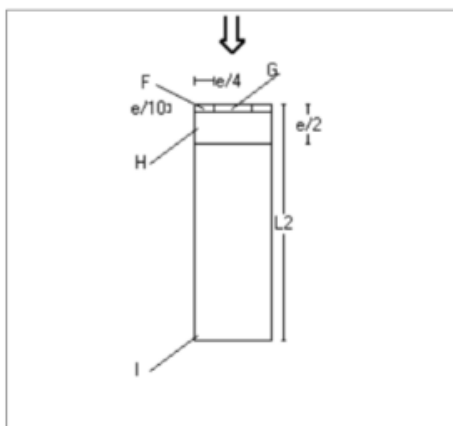
#### Utstrekning (mm)

e=65000

e/4=16250

e/10=6500

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-2,03	16250x6500
G	-1,20	-1,36	57500x6500
H	-0,70	-0,79	90000x12100



#### Utstrekning (mm)

e=18600

e/4=4650

e/10=1860

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-2,03	4650x1860
G	-1,20	-1,36	9300x1860
H	-0,70	-0,79	18600x7440
I	+/-0,20	+/-0,23	18600x80700

Tittel Vindretning Nordvest		Side 4
Prosjekt BUS 2	Ordre	Sigs Date 10-03-2020

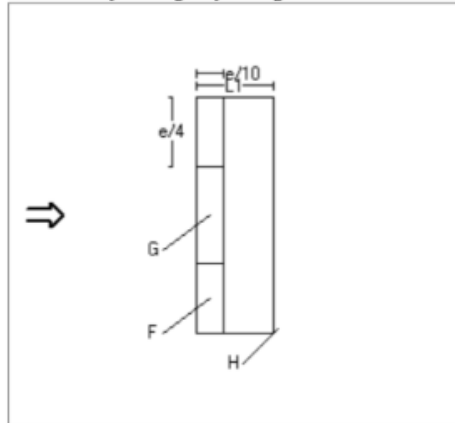
Taktype: Flatt tak

L1=18600 mm L2=90000 mm

$C_{pe,1}$  Gjelder for en lokal flate på 1m<sup>2</sup>. Beryttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m<sup>2</sup> :  $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10} A$

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



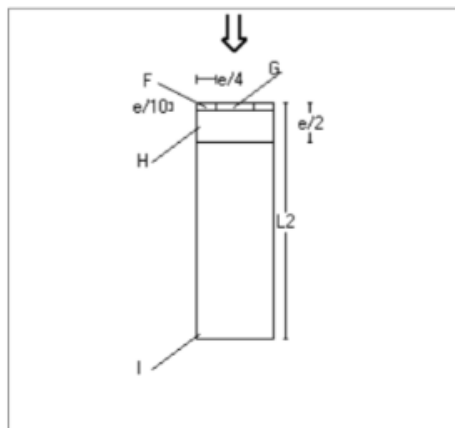
**Utstrekning (mm)**

e=65000

e/4=16250

e/10=6500

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,50	-2,82	16250x6500
G	-2,00	-2,26	57500x6500
H	-1,20	-1,36	90000x12100



**Utstrekning (mm)**

e=18600

e/4=4650

e/10=1860

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,50	-2,82	4650x1860
G	-2,00	-2,26	9300x1860
H	-1,20	-1,36	18600x7440
I	+/-0,20	+/-0,23	18600x80700

## A1.2: Vindlastberegning Mathcad

Kontroll vindlastberegning tilfelle 1: Ingen topografi effekter, benytter forenklet metode

### Basisvindhastighet

(Tab. NA.4(901.1))	Referansevindhastighet Fylke Hordaland Kommune Bergen	$V_{b,0} := 26 \frac{m}{s}$
(V.2)	$C_{alt} := 1$ $C_{dir} := 1$ $C_{prob} := 1$ $C_{season} := 1$	
(NA.4.1)	$V_b := C_{alt} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot V_{b,0} = 26 \frac{m}{s}$	

### Topografi

Ingen topografieffekter	$C_0 := 1.0$ $K_1 := 1.0$ $K_2 := 1.0$
-------------------------	--

### Terrengruhet

(Tab.NA.4.1)	Terrengruhetskategori III Nabokategori I	
[NA.4.3.2(2) (901.1)]	Soner med ruhetsendring	$\Delta n_{BA} := 3 - 1 = 2$
	Avstand mellom kategori	$X_B := 5.0 \text{ km}$
(Tab. V.1)	Overgangssonefaktor	$K_3 := 1.0$

### Grunnverdi vindkasthastighetstrykk

Vi har referansevindhastighet lik 26 m/s, terrengruhetskategori III og høyde over grunnivå lik 32.5 m. Dette gir:

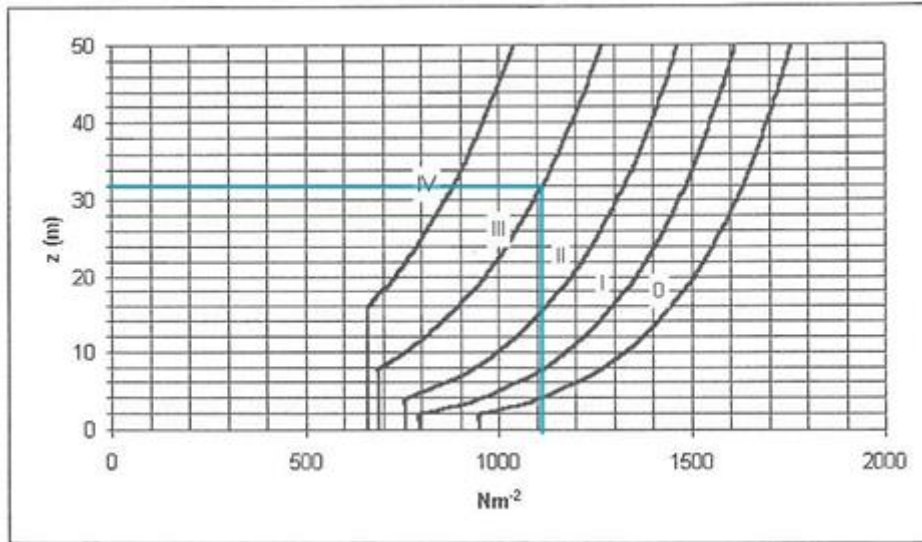
(Fig. V.1C)	$q_{p0,z} := 1.13 \frac{kN}{m^2}$
-------------	-----------------------------------

### Vindkasthastighetstrykk

(V.1)	$q_{p,z} := K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot C_{dir} \cdot C_{alt} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot q_{p0,z}$
	$q_{p,z} = 1.13 \frac{kN}{m^2}$

A1.3: Grunnverdi for hastighetstrykk fra vindlast  $q_{p0(z)} = 26 \text{ m/s}$

Figur hentet fra NS-EN 1991-1-4, fig. V1c)



## A2 – Vindretning vest

### A2.1 Vindlastberegning OS-prog Lastberegning

#### Vindlastberegning

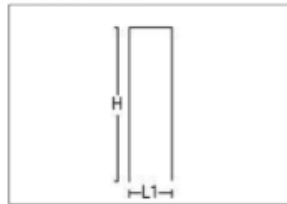
Tittel Vindretning VEST		Side 1	
Prosjekt	Ordre	Signe	Dato 24-04-2020

Dataprogram: LastBeregning versjon 6.2.6 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Users\Sofie Stensæth\Documents\BYGGINGENIØR\3.semester\BACHELOR\Os - vind vest.sls

#### 1. Geometri



H 32500 mm  
L1 18500 mm

Byggets lengde, L2: 90000 mm  
Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

#### 2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 50 Calt: 1

Returperiode (år): 50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region): Hordaland, ytre. Cdir: 1 V

Basisvindhastighet: 26 m/s

Høyde Z over grunnivået: 32,5 m

##### BYGGESTEDETS TERRENGDATA

Terrengkategorikategori III: Sammenhengende småhusbebyggelse industriområder eller skogsområder.

Terrengkategorifaktoren  $K_t$ : 0,22 Ruhetslengden  $Z_0$  (m): 0,3  $Z_{min}$  (m): 8  $V_m$  (m/s): 26,80  $C_r$ : 1,03

##### OVERGANGSONE

Terrengkategorikategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengkategorifaktoren  $K_t$ : 0,17 Ruhetslengden  $Z_0$  (m): 0,01  $Z_{min}$  (m): 2  $V_m$  (m/s): 35,74  $C_r$ : 1,37

Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierendring  $X_b$  (m): 2750

Overgangsfaktor  $C_s(X_b)$ : 1,11  $V_m(z)$ : 29,7 (lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: Ingen topografisk påvirkning.

Terrengformfaktor  $C_o(z)$ : 1 Turbulensfaktor  $K_i$ : 1

$V_{kast}$ : 43,32 m/s

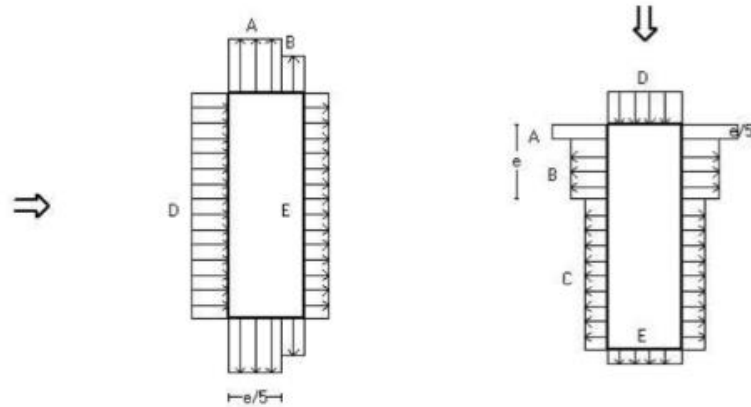
$Q_{kast}$ : 1,173 kN/m<sup>2</sup>



Tittel Vindretning VEST		Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign Date 24-04-2020

### 3. Yttervegger

#### 3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader.  $e=65000$  mm

Vindretning 90 grader.  $e=18500$  mm

##### Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80		0,80	-0,54
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,41	-0,94		0,94	-0,63
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10		1,00	-0,54
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,64	-1,29		1,17	-0,63
Utstrekning (mm)	13000	5500		90000	90000

##### Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,33
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,41	-0,94	-0,59	0,84	-0,39
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,33
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,64	-1,29	-0,59	1,17	-0,39
Utstrekning (mm)	3700	14800	71500	18500	18500

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 <sup>2</sup> )	-0,35	0,23

Tittel Vindretning VEST		Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign Date 24-04-2020

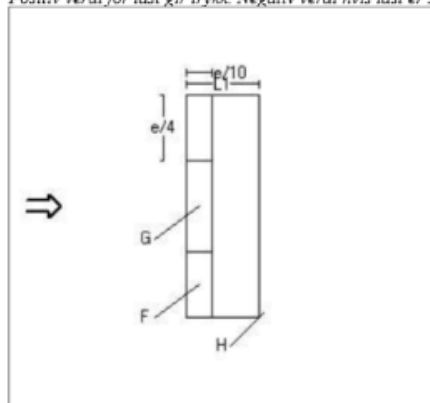
#### 4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=18500 mm L2=90000 mm

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

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



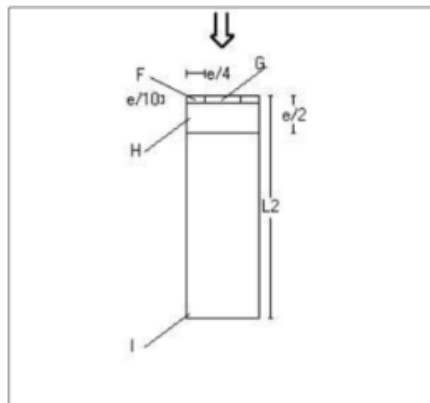
#### Utstrekning (mm)

e=65000

e/4=16250

e/10=6500

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.prosjeksjon (mm)
F	-1,80	-2,11	16250x6500
G	-1,20	-1,41	57500x6500
H	-0,70	-0,82	90000x12000



#### Utstrekning (mm)

e=18500

e/4=4625

e/10=1850

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.prosjeksjon (mm)
F	-1,80	-2,11	4625x1850
G	-1,20	-1,41	9250x1850
H	-0,70	-0,82	18500x7400
I	+/-0,20	+/-0,23	18500x80750

Tittel Vindretning VEST		Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign Date 24-04-2020

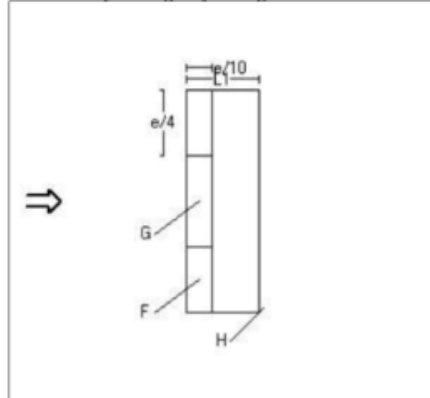
Taktype: Flatt tak

L1=18500 mm L2=90000 mm

$C_{pe,1}$  Gjelder for en lokal flate på 1m<sup>2</sup>. Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m<sup>2</sup>:  $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10} A$

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



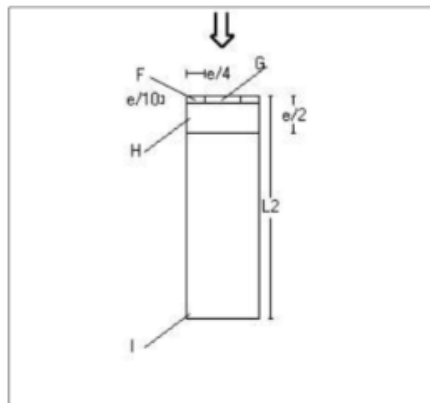
**Utstrekning (mm)**

e=65000

e/4=16250

e/10=6500

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,50	-2,93	16250x6500
G	-2,00	-2,35	57500x6500
H	-1,20	-1,41	90000x12000



**Utstrekning (mm)**

e=18500

e/4=4625

e/10=1850

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,50	-2,93	4625x1850
G	-2,00	-2,35	9250x1850
H	-1,20	-1,41	18500x7400
I	+/-0,20	+/-0,23	18500x80750

## A2.2 Vindlastberegning Mathcad

Kontroll: Vindlastberegning retning vest.

Geometri [mm]

$$H := 32500$$

$$B := 18600$$

$$L := 90000$$

$$\alpha := 0^\circ$$

Basisvindhastighet

(Tab. NA.4(901.1))

Referansevindhastighet  
Fylke Hordaland  
Kommune Bergen

$$V_{b0} := 26 \frac{m}{s}$$

(Tab.NA.4(901.2))

Byggested: 50 m.o.h  
(H<Hg)

$$C_{alt} := 1$$

(Tab.NA.4(901.4))

Vindretningsfaktor

$$C_{dir} := 1$$

(NA.4.1)

Returperiode 50 år

$$C_{prob} := 1$$

(Tab. NA.4(901.5))

Årstidsfaktor

$$C_{season} := 1$$

(NA.4.1)

$$V_b := C_{alt} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot V_{b0}$$

$$V_b = 26 \frac{m}{s}$$

Terrengruhet

Høyde over grunnivå

$$z := 32.5 \text{ m}$$

(Tab.NA.4.1)

Kategori III

Terrengruhetsfaktor  
Ruhetslengde

$$k_r := 0.22$$

$$z_0 := 0.3$$

$$z_{min} := 8$$

[4.3.2]

Ruhetsfaktor

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

(4.4)

$$C_r = 1.031$$

### Topografi

[N.A.4.3.3(901.4)] Må ta hensyn til Løvsakkken 439m.o.h, med avstand 2.75km til "topp".  
Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større enn  $\alpha > 30^\circ$  i vindretning

$$\begin{aligned} \text{Høydeforskjell} & H_{\Delta} := 300 - 100 = 200 \\ \text{Lengde Byggested til "topp"} & L_x := 2750 - 2450 = 300 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hellningsvinkel} & \alpha_g := \frac{H_{\Delta}}{L_x} \\ & G := \text{atan}(\alpha_g) \\ & G_d := G \cdot \frac{360}{2 \cdot \pi} = 33.69 \end{aligned}$$

(Fig.NA.4(901.5)) Parametere for hellningsvinkel mellom  $30^\circ$  og  $40^\circ$   
 $L_h > 8 \cdot H_{\Delta}$

$$\begin{aligned} C_0 & := 1 \\ K_1 & := 1 \end{aligned}$$

### Vindhastighetstrykket

[4.3.1] Stendsvindhastighet  $V_m := C_r \cdot C_0 \cdot V_b$   
(4.3)  $V_m = 26.799 \frac{m}{s}$

[4.4] Turbulensintensitet  $I_v := \frac{K_1}{C_0 \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$   
(4.7)  $I_v = 0.213$

[4.5] Vindkasthastighetstrykk  
(NA.4.8) Lufttetthet  $\rho$   $\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3}$   
Toppfaktor  $k_p := 3.5$

$$q_p := \left[ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2 \cdot (1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v) \right]$$

$$q_p = [1.12] \frac{kN}{m^2}$$

### Overgangssonefaktor V.6

(Tab.NA.4.1)

Terrengruhetskategori III  
Nabokategori I

[NA.4.3.2(2) (901.1)]

Soner med ruhetsendring

$$\Delta n_{BA} := 3 - 1$$
$$\Delta n_{BA} = 2$$

Avstand mellom kategori

$$X_B := 2.75 \text{ km}$$

(Tab. V.1(a))

Positiv n  
(Vindretning fra glatt til ru sone)

Interpolering

$$X_1 := 2.5 \text{ km}$$

$$X_2 := 5.0 \text{ km}$$

$$f_1 := 1.05$$

$$f_2 := 1.00$$

$$K_3 := f_1 + (f_2 - f_1) \cdot \left( \frac{(X_B - X_1)}{(X_2 - X_1)} \right)$$

$$K_3 = 1.045$$

### Vindhastighetstrykk med overgangssonefaktor

$$q_{p2} := q_p \cdot K_3$$

$$q_{p2} = [1.17] \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

# A3 – Vindretning øst

## A3.1: Vindlastberegning OS-prog

### Vindlastberegning

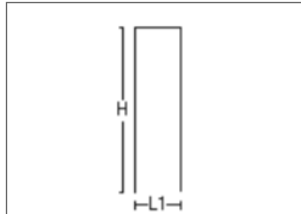
Tittel Vindretning øst		Side 1	
Prosjekt BUS 2	Ordre	Sign	Dato 20-05-2020

Dataprogram: LastBeregning versjon 6.2.6 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Users\Sofie Stensæth\Documents\BYGGINGENIØR\3.semester\BACHELOR\OS - vind øst cdir.sls

### 1. Geometri



H 32500 mm  
L1 18600 mm

Byggets lengde, L2: 90000 mm  
Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

### 2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 50 Calt: 1

Returperiode (år): 50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region): Hordaland, ytre. Cdir: 0,8 Ø

Basisvindhastighet: 20,8 m/s

Høyde Z over grunnivået: 32,5 m

#### BYGGESTEDETS TERRENGDATA

Terrengruhetskategori II: Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,19 Ruhetslengden Zo (m): 0,05 Zmin (m): 4 Vm (m/s): 25,60 Cr: 1,23

#### OVERGANGSONE

Terrengruhetskategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,17 Ruhetslengden Zo (m): 0,01 Zmin (m): 2 Vm (m/s): 35,74 Cr: 1,37

Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierendring Xb (m): 1200

Overgangseffektoren Cs(Xb): 1,09 Vm(z): 27,9(lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: NA.4.3.3 (901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.

Terrengformfaktor Co(z): 0,9 Turbulensfaktor Ki: 1,75

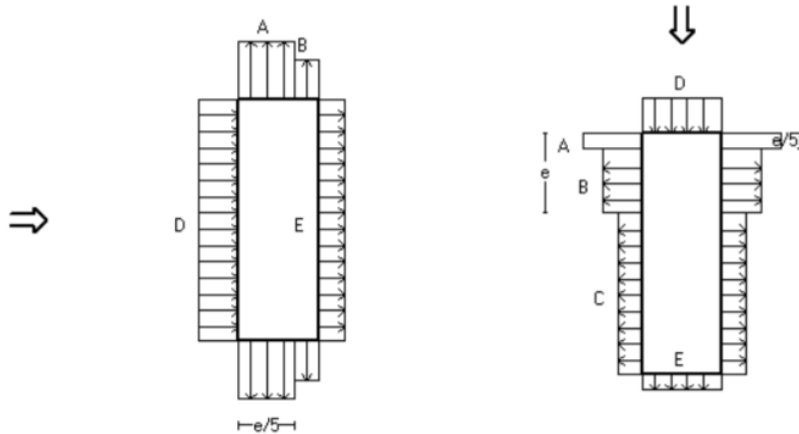
Vkast: 42,84 m/s

Qkast: 1,147 kN/m<sup>2</sup>

Tittel Vindretning øst		Side 2
Prosjekt BUS 2	Ordre	Sign Dato 20-05-2020

### 3. Yttervegger

#### 3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader.  $e=65000$  mm

Vindretning 90 grader.  $e=18600$  mm

##### Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80		0,80	-0,54
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,38	-0,92		0,92	-0,62
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10		1,00	-0,54
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,61	-1,26		1,15	-0,62
Utstrekning (mm)	13000	5600		90000	90000

##### Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,33
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,38	-0,92	-0,57	0,82	-0,38
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,33
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,61	-1,26	-0,57	1,15	-0,38
Utstrekning (mm)	3720	14880	71400	18600	18600

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 <sup>2</sup> )	-0,34	0,23



Tittel <b>Vindretning øst</b>		Side 3	
Prosjekt BUS 2	Ordre	Sign	Dato 20-05-2020

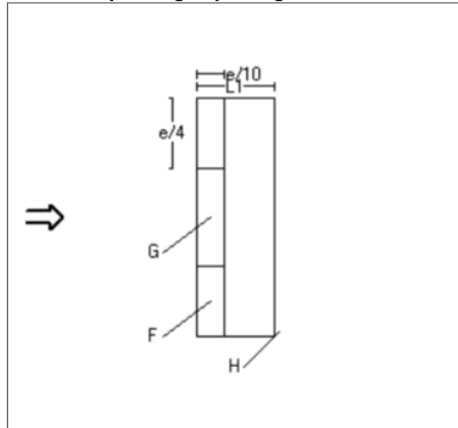
#### 4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=18600 mm L2=90000 mm

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

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



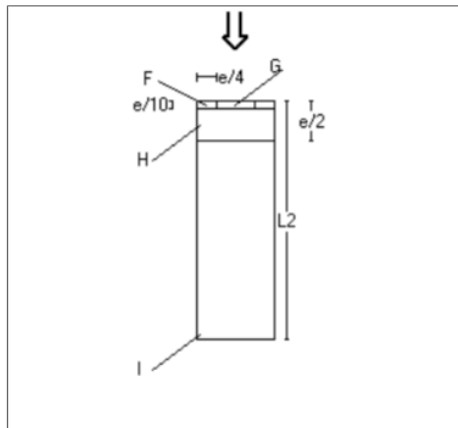
#### Utstrekning (mm)

e=65000

e/4=16250

e/10=6500

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.prosjeksjon (mm)
F	-1,80	-2,06	16250x6500
G	-1,20	-1,38	57500x6500
H	-0,70	-0,80	90000x12100



#### Utstrekning (mm)

e=18600

e/4=4650

e/10=1860

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.prosjeksjon (mm)
F	-1,80	-2,06	4650x1860
G	-1,20	-1,38	9300x1860
H	-0,70	-0,80	18600x7440
I	+/-0,20	+/-0,23	18600x80700

Tittel Vindretning øst		Side 4
Prosjekt BÜS 2	Ordre	Sign Dato 20-05-2020

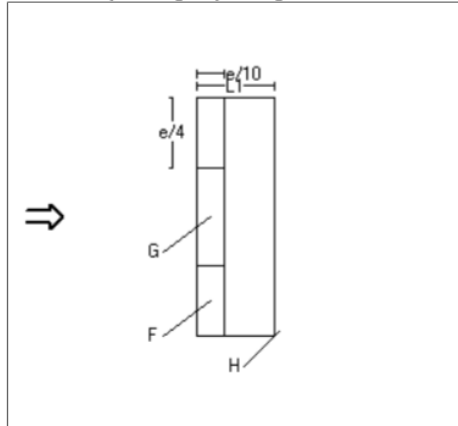
Taktype: Flatt tak

L1=18600 mm L2=90000 mm

$C_{pe,1}$  Gjelder for en lokal flate på 1m<sup>2</sup>. Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m<sup>2</sup> :  $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10} A$

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



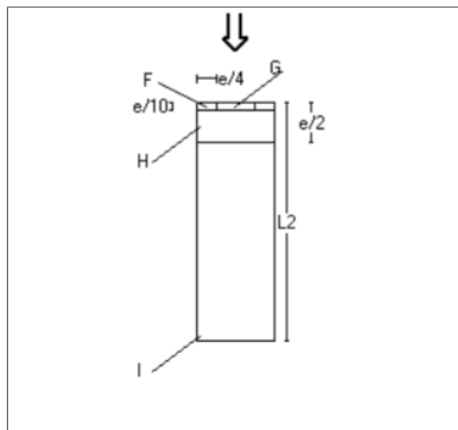
**Utstrekning (mm)**

e=65000

e/4=16250

e/10=6500

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,50	-2,87	16250x6500
G	-2,00	-2,29	57500x6500
H	-1,20	-1,38	90000x12100



**Utstrekning (mm)**

e=18600

e/4=4650

e/10=1860

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,50	-2,87	4650x1860
G	-2,00	-2,29	9300x1860
H	-1,20	-1,38	18600x7440
I	+/-0,20	+/-0,23	18600x80700

## A3.2: Vindlastberegning Mathcad

Kontroll: Vindlastberegning retning øst		
Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større enn 30° i vindretning. Terrengruhet II.		
Geometri [mm]		
$H := 32500$	$B := 18600$	$L := 90000$
$\alpha := 0^\circ$		
<u>Basisvindhastighet</u>		
(Tab. NA.4(901.1))	Referansevindhastighet Fylke Hordaland Kommune Bergen	$V_{b0} := 26 \frac{m}{s}$
(Tab.NA.4(901.2))	Byggested: 50 m.o.h (H<Hg)	$C_{alt} := 1$
(Tab.NA.4(901.4))	Vindretningsfaktor	$C_{dir} := 0.8$
(NA.4.1)	Returperiode 50 år	$C_{prob} := 1$
(Tab. NA.4(901.5))	Årstidsfaktor	$C_{season} := 1$
(NA.4.1)	$V_b := C_{alt} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot V_{b0}$	
	$V_b = 20.8 \frac{m}{s}$	
<u>Terrengruhet</u>		
	Høyde over grunnivå	$z := 32.5 \text{ m}$
(Tab.NA.4.1)	Kategori II Nabokategori I	
Terrengruhetsfaktor	Kategori II (B)	$k_{rB} := 0.19$
Ruhetslengde	Kategori I (A)	$k_{rA} := 0.17$
		$z_{0B} := 0.05$
		$z_{0A} := 0.01$
		$z_{minB} := 4$
		$z_{minA} := 2$
[4.3.2]	Ruhetsfaktor	$C_{rB} := k_{rB} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0B}}\right)$
(4.4)		$C_{rA} := k_{rA} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0A}}\right)$
		$C_{rB} = 1.231$
		$C_{rA} = 1.375$

Created with PTC Mathcad Express. See [www.mathcad.com](http://www.mathcad.com) for more information.

## Topografi

[N.A.4.3.3(901.4)] Må ta hensyn til Ulriken 643m.o.h, med avstand 1.2km til "topp".  
Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større enn  $\alpha > 30^\circ$  i vindretning

$$\begin{aligned} \text{Høydeforskjell} & H_{\Delta} := 600 - 400 \\ \text{Lengde Byggested til "topp"} & L_x := 1200 - 900 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hellningsvinkel} & \alpha_g := \frac{H_{\Delta}}{L_x} \\ & G := \text{atan}(\alpha_g) \\ & G_d := G \cdot \frac{360}{2 \cdot \pi} = 33.69 \end{aligned}$$

[N.A.4.3.3(901.4)] Parametere for hellningsvinkel mellom  $30^\circ$  og  $40^\circ$   $C_0 := 0.9$   
(Fig.NA.4(901.5))  $K_1 := 1.75$   
 $L_h < 8 \cdot H_{\Delta}$

## Vindhastighetstrykket

[NA.4.3.2(2) (901.2)] Parameterverdier for byggested i avstand X fra ruhetsendring. Terrengruheten øker fra område A til B. Stedsvindhastigheten beregnet etter følgende ligning:

$$\begin{aligned} \text{Avstand mellom kategori} & X_B := 1.2 \\ \text{Faktor } C_0 \text{ settes konservativ} & \\ \text{lik 1.0 i for ligningen.} & C_{0,1} := 1.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [4.3.1] & \text{Stedsvindhastighet} \\ (4.3) & \\ \text{Område A (Kat. I)} & V_{m,A} := C_{rA} \cdot C_{0,1} \cdot V_{b0} \\ & V_{m,A} = 35.74 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \text{Område B (Kat. II)} & V_{m,B} := C_{rB} \cdot C_{0,1} \cdot V_b \\ & V_{m,B} = 25.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (28.8) \end{aligned}$$

$$(NA.4 (901.2)) \quad V_m := \min \left( 10^{-0.04 \cdot \log \left( \frac{X_B}{10} \right)} \cdot V_{m,B}, V_{m,A} \right) = 27.86 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

[NA.4.3.2(2) (901.2) (3)] Må ta hensyn til  $C_0$  som egentlig er lik 0.9  $V_{m.kor.} := V_m \cdot C_0 = 25.076 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   
Justering av  $V_m(z)$ :

[NA.4.3.2(2) (901.2.2)]

Turbulensintensitet ( $I_v$ )

I overgangssoner påvirkes  $I_v$  av begge områdene

$$(4.7) \quad I_{v,A} := \frac{K_1}{C_{0.1} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0A}}\right)} \quad I_{v,B} := \frac{K_1}{C_{0.1} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0B}}\right)}$$
$$I_{v,A} = 0.216 \quad I_{v,B} = 0.27$$
$$c_s := 10^{-0.04 \cdot \log\left(\frac{X_B}{10}\right)} = 1.089$$

$$(NA.4(901.4)) \quad I_V := \frac{I_{v,A} \cdot V_{m,A} \cdot \left(1 - \frac{X_B}{10}\right) + I_{v,B} \cdot V_{m,B} \cdot \frac{X_B}{10}}{V_{m,B} \cdot c_s}$$

$$I_V = 0.274$$

[4.5]

(NA.4.8)

Vindkasthastighetstrykk  $q_p(z)$

Lufttetthet  $\rho$   $\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Toppfaktor  $k_p := 3.5$

$$q_p := \left[ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{m,kor}^2 \cdot (1 + 2 \cdot k_p \cdot I_V) \right]$$

$$q_p = [1.15] \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### A3.3: Vindlastberegning øst med Cdir=1.0.

#### Vindlastberegning

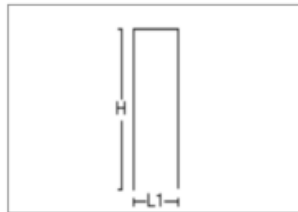
Tittel Vindretning øst			Side 1
Prosjekt BUS 2	Centre	Sign	Dato 09-03-2020

Dataprogram: LastBeregning versjon 6.2.5 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Users\Sofie Stensæth\Høgskulen på Vestlandet\Kristin Sjømo Reistad - Bachelor\_Sofie og Kristin\Vindlast\OS - tilfelle 5.sls

#### 1. Geometri



H 32500 mm  
L1 18600 mm

Byggets lengde, L2: 90000 mm  
Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

#### 2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 50 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: 32,5 m

#### BYGGESTEDET'S TERRENGDATA

Terrengkategorikategori II: Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.

Terrengkategorifaktoren Kt: 0,19 Ruhetslengden Zo (m): 0,05 Zmin (m): 4 Vm (m/s): 32,00 Cr: 1,23

#### OVERGANGSONE

Terrengkategorikategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengkategorifaktoren Kt: 0,17 Ruhetslengden Zo (m): 0,01 Zmin (m): 2 Vm (m/s): 35,74 Cr: 1,37

Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierandring Xb (m): 1200

Overgangseffektoren Cs(Xb): 1,09 Vm(z): 34,8 (lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: NA.4.3.3 (901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.

Terrengformfaktor Co(z): 0,9 Turbulensfaktor Ki: 1,75

Vkast: 50,31 m/s

Qkast: 1,582 kN/m<sup>2</sup>

Kontroll: Vindlastberegning retning øst

Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større enn 30° i vindretning. Terrengruhet II.

Geometri [mm]

$$H := 32500$$

$$B := 18600$$

$$L := 90000$$

$$\alpha := 0^\circ$$

Basisvindhastighet

(Tab. NA.4(901.1))

Referansevindhastighet  
Fylke Hordaland  
Kommune Bergen

$$V_{b0} := 26 \frac{m}{s}$$

(Tab.NA.4(901.2))

Byggested: 50 m.o.h  
(H<Hg)

$$C_{alt} := 1$$

(Tab.NA.4(901.4))

Vindretningsfaktor

$$C_{dir} := 1$$

(NA.4.1)

Returperiode 50 år

$$C_{prob} := 1$$

(Tab. NA.4(901.5))

Årstidsfaktor

$$C_{season} := 1$$

(NA.4.1)

$$V_b := C_{alt} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot V_{b0}$$

$$V_b = 26 \frac{m}{s}$$

Terrengruhet

Høyde over grunnivå

$$z := 32.5 \text{ m}$$

(Tab.NA.4.1)

Kategori II  
Nabokategori I

Terrengruhetsfaktor  
Ruhetslengde

Kategori II  
Kategori I

$$k_{rII} := 0.19 \quad z_{0II} := 0.05 \quad z_{minII} := 4$$

$$k_{rI} := 0.17 \quad z_{0I} := 0.01 \quad z_{minI} := 2$$

[4.3.2]

Ruhetsfaktor

$$C_{rII} := k_{rII} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0II}}\right) \quad C_{rII} = 1.231$$

(4.4)

$$C_{rI} := k_{rI} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0I}}\right) \quad C_{rI} = 1.375$$

### Topografi

[N.A.4.3.3(901.4)] Må ta hensyn til Ulriken 643m.o.h, med avstand 1.2km til "topp".  
Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større enn  $\alpha > 30^\circ$  i vindretning

$$\begin{aligned} \text{Høydeforskjell} & H_{\Delta} := 600 - 400 \\ \text{Lengde Byggested til "topp"} & L_x := 1200 - 900 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hellningsvinkel} & \alpha_g := \frac{H_{\Delta}}{L_x} \\ & G := \text{atan}(\alpha_g) \\ & G_d := G \cdot \frac{360}{2 \cdot \pi} = 33.69 \end{aligned}$$

[N.A.4.3.3(901.4)]  
(Fig.NA.4(901.5)) Parametere for hellningsvinkel mellom  $30^\circ$  og  $40^\circ$   
 $L_h < 8 \cdot H_{\Delta}$

$$\begin{aligned} C_0 & := 0.9 \\ K_1 & := 1.75 \end{aligned}$$

### Vindhastighetstrykket

[NA.4.3.2(2) (901.2)] Parameterverdier for byggested i avstand X fra ruhetssending. Terrengruheten øker fra område A til B. Stedsvindhastigheten beregnet etter følgende ligning:

$$\begin{aligned} \text{Avstand mellom kategori} & X_B := 1.2 \\ \text{Faktor } C_0 \text{ settes konservativ} & \\ \text{lik 1.0 i for ligningen.} & C_{0.1} := 1.0 \end{aligned}$$

[4.3.1]  
(4.3)

Stedsvindhastighet

Område A (Kat. I)

$$\begin{aligned} V_{m,A} & := C_{rf} \cdot C_{0.1} \cdot V_b \\ V_{m,A} & = 35.74 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

Område B (Kat. II)

$$\begin{aligned} V_{m,B} & := C_{rf} \cdot C_{0.1} \cdot V_b \\ V_{m,B} & = 32 \frac{m}{s} \end{aligned} \quad (28.8)$$

$$(NA.4 (901.2)) \quad V_m := \min \left( 10^{-0.04 \cdot \log \left( \frac{X_B}{10} \right)} \cdot V_{m,B}, V_{m,A} \right) = 34.83 \frac{m}{s}$$

[NA.4.3.2(2) (901.2) (3)] Må ta hensyn til  $C_0$  som egentlig er lik 0.9  
Justering av  $V_m(z)$ :

$$V_{m.kor.} := V_m \cdot C_0 = 31.345 \frac{m}{s}$$



[NA.4.3.2(2) (901.2.2)]

Turbulensintensitet ( $I_v$ )

I overgangssoner påvirkes  $I_v$  av begge områdene

$$(4.7) \quad I_{v,A} := \frac{K_1}{C_{0.1} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0I}}\right)} \quad I_{v,B} := \frac{K_1}{C_{0.1} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_{0II}}\right)}$$

$$I_{v,A} = 0.216 \quad I_{v,B} = 0.27$$

$$c_s := 10^{-0.04 \cdot \log\left(\frac{X_B}{10}\right)} = 1.089$$

$$(NA.4(901.4)) \quad I_V := \frac{I_{v,A} \cdot V_{m,A} \cdot \left(1 - \frac{X_B}{10}\right) + I_{v,B} \cdot V_{m,B} \cdot \frac{X_B}{10}}{V_{m,B} \cdot c_s}$$

$$I_V = 0.225$$

[4.5]

(NA.4.8)

Vindkasthastighetstrykk  $q_p(z)$

$$\text{Lufttetthet } \rho \quad \rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Toppfaktor} \quad k_p := 3.5$$

$$q_p := \left[ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{m, \text{kor.}}^2 \cdot (1 + 2 \cdot k_p \cdot I_V) \right]$$

$$q_p = [1.582] \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## Vedlegg B: Dekkeforkanter

B1 – Høgskolen i Bergen, K1

B1.1: Festebraket i stål ved utkraget hulldekke



## B2 – Nonneseterkvartalet

### B2.1: Profilstål på tvers av hulldekkets spennretning



# Vedlegg C: Bilder BUS 2

## C1 – Bilder av tangent 51 fra byggeplass



C2: BUS2 fra BIM-modell

Skjerm bilde fra BIM-modell på webhotell

