

# Vedlegg 11

Beregning av vindlast

## BACHELOROPPGAVE

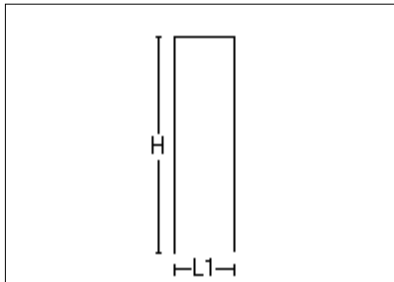
Tittel LASTBEREGNING VINDLAST			Side 1
Prosjekt FriSikt	Ordre BACHELOROPPGAVE	Sign MMB	Dato 06-04-2019

Dataprogram: LastBeregning versjon 6.2.5 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: P:\Privat\Martin\Skule NTNU\BACHELOR\VINDLAST.sls

### 1. Geometri



H 45000 mm  
L1 25000 mm

Byggets lengde, L2: 30000 mm  
Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

### 2. Vindhastighet

Fylke: Møre og Romsdal Kommune: Ålesund Referansevindhastighet: 29 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 2 Calt: 1

Returperiode (år):50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region):Møre og Romsdal, ytre. Cdir: 1 V

Basisvindhastighet: 29 m/s

Høyde Z over grunnivået: 45 m

#### BYGGESTEDETS TERRENGDATA

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): 41,47 Cr: 1,43

TOPOGRAFI: Ingen topografisk påvirkning.

Terrengformfaktor Co(z): 1 Turbulensfaktor Ki: 1

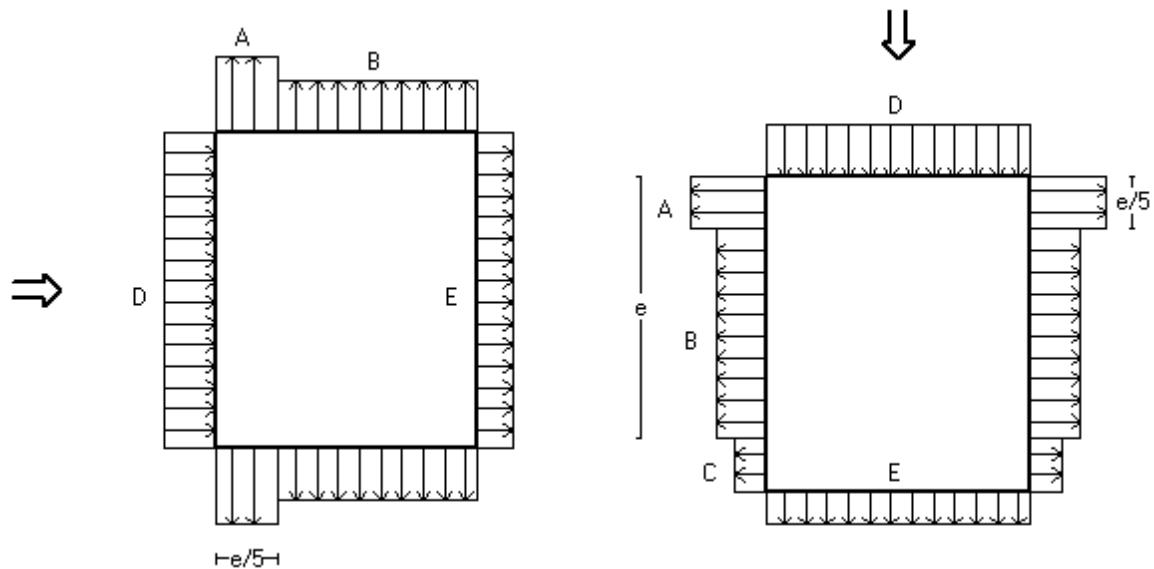
Vkast: 56,13 m/s

Qkast: 1,969 kN/m<sup>2</sup>

Tittel <b>LASTBEREGNING VINDLAST</b>			Side 2
Prosjekt FriSikt	Ordre BACHELOROPPGAVE	Sign MMB	Dato 06-04-2019

### 3. Yttervegger

#### 3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader.  $e=30000 \text{ mm}$

Vindretning 90 grader.  $e=25000 \text{ mm}$

**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> )	-2,36	-1,58		1,58	-1,06
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10		1,00	-0,54
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-2,76	-2,17		1,97	-1,06
Utrekning (mm)	6000	19000		30000	30000

**Vindinnfallsretning på 90 grader.**

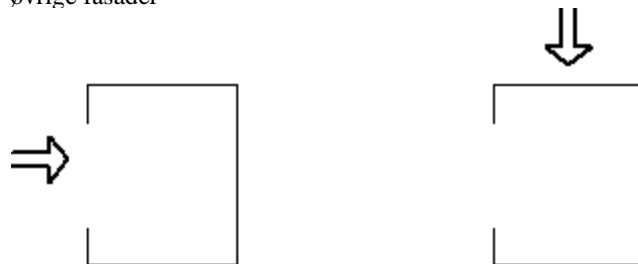
	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,80	-0,53
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-2,36	-1,58	-0,98	1,58	-1,03
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,53
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-2,76	-2,17	-0,98	1,97	-1,03
Utrekning (mm)	5000	20000	5000	25000	25000

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

#### 3.2 Innvendig vindlast

Bygning med dominerende vindfasade

$C_{pi} = 0.75 \cdot C_{pe,10}$  (sone D) når åpningene i den dominerende vindfasaden er minst 2 ganger summen av åpningen i de øvrige fasader



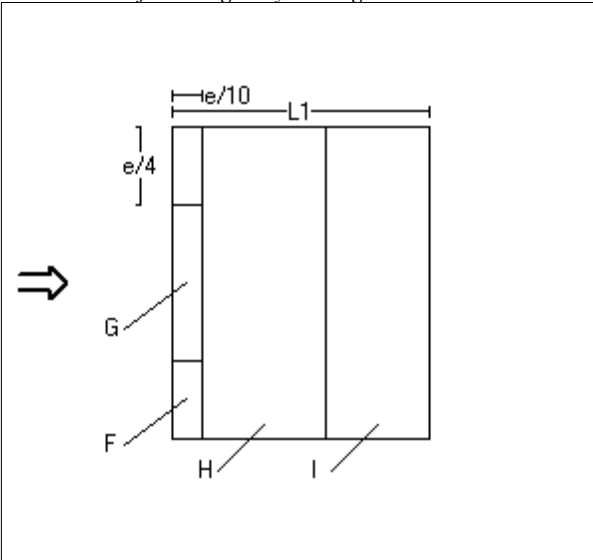
	Overtrykk
Last(kN/m <sup>2</sup> )	1,18

	Undertrykk
Last(kN/m <sup>2</sup> )	-1,18

Tittel <b>LASTBEREGNING VINDLAST</b>			Side <b>3</b>
Prosjekt <b>FriSikt</b>	Ordre <b>BACHELOROPPGAVE</b>	Sign <b>MMB</b>	Dato <b>06-04-2019</b>

4 Overside av tak

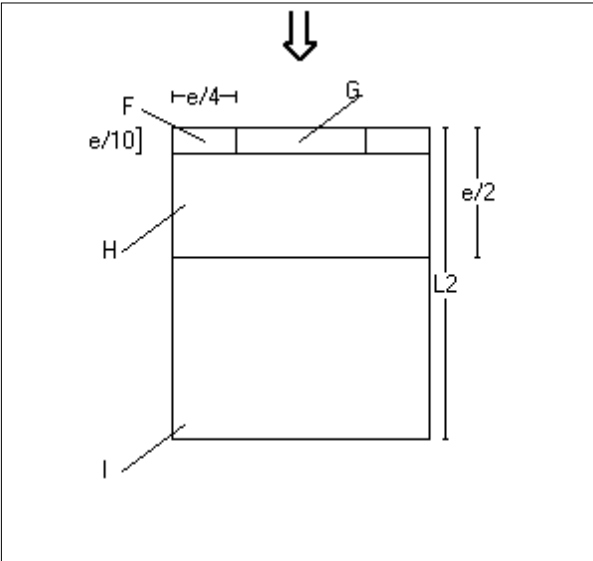
Taktype: Flatt tak  
L1=25000 mm      L2=30000 mm  
*Cpe,10 Gjelder for hele bygget. (>=10m2)*  
*Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.*



Utstrekning (mm)

e=30000  
e/4=7500  
e/10=3000

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-3,54	7500x3000
G	-1,20	-2,36	15000x3000
H	-0,70	-1,38	30000x12000
I	+/-0,20	+/-0,39	30000x10000



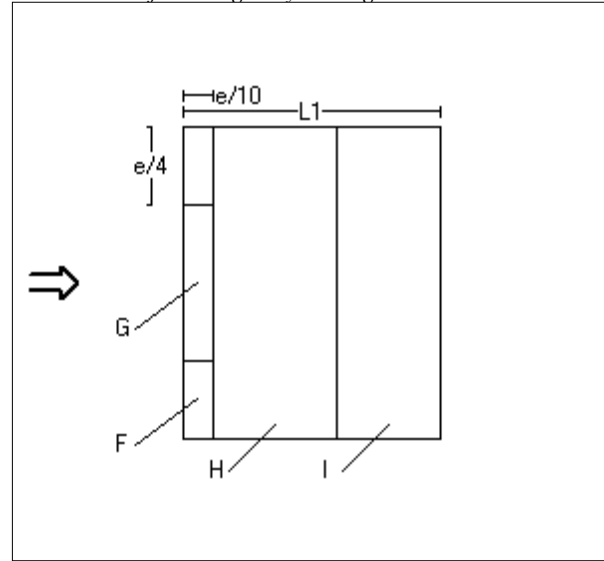
Utstrekning (mm)

e=25000  
e/4=6250  
e/10=2500

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-3,54	6250x2500
G	-1,20	-2,36	12500x2500
H	-0,70	-1,38	25000x10000
I	+/-0,20	+/-0,39	25000x17500

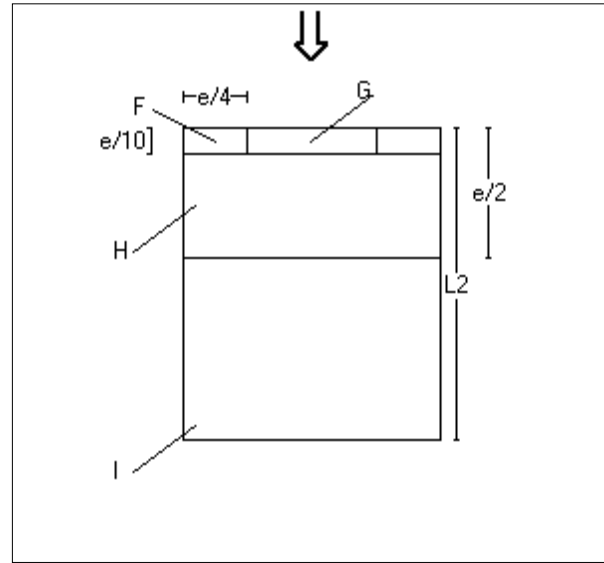
Tittel <b>LASTBEREGNING VINDLAST</b>			Side <b>4</b>
Prosjekt <b>FriSikt</b>	Ordre <b>BACHELOROPPGAVE</b>	Sign <b>MMB</b>	Dato <b>06-04-2019</b>

Taktype: flatt tak  
L1=25000 mm      L2=30000 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=30000  
e/4=7500  
e/10=3000

	<b>Cpe,1</b>	<b>Last (kN/m2)</b>	<b>Hor.projeksjon(mm)</b>
F	-2,50	-4,92	7500x3000
G	-2,00	-3,94	15000x3000
H	-1,20	-2,36	30000x12000
I	+/-0,20	+/-0,39	30000x10000



**Utstrekning (mm)**  
e=25000  
e/4=6250  
e/10=2500

	<b>Cpe,1</b>	<b>Last (kN/m2)</b>	<b>Hor.projeksjon(mm)</b>
F	-2,50	-4,92	6250x2500
G	-2,00	-3,94	12500x2500
H	-1,20	-2,36	25000x10000
I	+/-0,20	+/-0,39	25000x17500

### Faktorer for vindberegning:

Faktor	Navn	Om
$v_{b,0}$	Referansevindhastighet	Største vindhastigheten som i gjennomsnitt forekommer hvert 50. år i en kommune.
$c_{dir}$	Retningsfaktor	Settes vanligvis lik 1,0, men kan reduseres dersom en vindretning ikke vil gi maksimal vindstyrke.
$c_{season}$	Årstidsfaktor	Settes vanligvis lik 1,0, men kan reduseres dersom konstruksjonen bare brukes i en årstid med lite vind.
$c_{prob}$	Faktor som tar for seg returperiode	Brukes når returperioden som blir brukt er ulik fra den normale som er satt til 50 år.
$c_{alt}$	Nivåfaktor	Brukes for konstruksjoner i høyfjellsstrøk.
$v_b$	Basisvindhastigheten	<p>Produktet av de overliggende faktorene.</p> <p>Gitt ved <math>v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot c_{prob} \cdot v_{b,0}</math></p> <p>Der <math>c_{dir}</math> er retningsfaktor</p> <p><math>c_{season}</math> er årstidsfaktor</p> <p><math>c_{alt}</math> er nivåfaktor</p> <p><math>c_{prob}</math> blir bestemt av returperiode</p>
$v_m(z)$	Stedsvindhastighet	<p>Tar hensyn til terrengruhet. Høye bygninger og vegetasjon rundt bygget vil kunne svekke vindstyrken.</p> <p>Gitt ved <math>v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b</math></p> <p>Der <math>c_r(z)</math> er terrengruhetsfaktoren</p> <p><math>c_0(z)</math> er terrengformfaktoren</p>
$c_r(z)$	Terrengruhetsfaktor	<p>Tar hensyn til terrengruheten. Det tas her hensyn til den terrengruhetskategorien som konstruksjonen vil falle under, samt referansehøyden <math>z</math> til bygget.</p> <p>Terrengruhetsfaktoren kan uttrykkes ved to formler:</p>

		$c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} \text{ for } z_{\min} \leq z \leq 200\text{m}$ $c_r(z) = k_r \cdot z_{\min} \text{ for } z \leq z_{\min}$ <p>Der z er referansehøyden til bygget</p> <p><math>k_r</math>, <math>z_0</math> og <math>z_{\min}</math> blir bestemt ut fra aktuell ruhetsklasse.</p>
$c_0(z)$	Terrengformfaktor	Tar hensyn til at luftstrømninger over fjell, åser og lignende, kan få en økt hastighet på grunn av turbulensvirkninger og trykkendring.
$I_v(z)$	Turbulensintensitet	<p>Gitt ved <math>I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}}</math></p> <p>Der <math>k_1</math> er turbulensfaktoren</p> <p><math>c_0(z)</math> er terrengformfaktor</p> <p><math>z</math> og <math>z_0</math> blir bestemt ut fra aktuell ruhetsklasse</p>
$v_p$	Vindkasthastighet	<p>Gitt ved <math>v_p = v_m(z) \cdot \sqrt{1 + 7 \cdot I_v(z)}</math></p> <p>Der <math>v_m(z)</math> er stedsvindhastigheten</p> <p><math>I_v(z)</math> er turbulensintensiteten</p>
$q_p$	Hastighetstrykk	Gitt ved $q_p = 0,625 \cdot v_p^2$