

AC Bygning

A1. PROJEKTGRUNDLAG
BRIAN HEDEGAARD JENSEN

Titelblad

Projekttitle:	AC Bygning
Adresse:	Endrup Brorsensvej 2 6740 Bramming
Bygherre:	Energinet.dk Tonne Kjærvej 65 7000 Fredericia
Projektperiode:	07.09.2015 til 13.11.2015
Vejleder:	Lars Hjortskov Larsen

Abstract

Energinet wishes in connection with the establishment of Horns Rev 3 offshore wind farm, to expand the substation in Endrup. In connection with the expansion requested built a new service building. The project concerns the design and dimensioning of the service building, built of lightweight aggregate concrete and steel profiles. The report consists of assumptions, which are based on different standards / Eurocodes, vertical and horizontal loads are led to the foundation, selected structural elements is dimensioned. Drawings of plans, sections, facades and details illustrating the calculated solutions

Udarbejdet af: Brian Hedegaard Jensen

Underskrift

Forord

Afgangsprojektet er udarbejdet af ingeniørstuderende Brian Hedegaard Jensen i perioden 07.09.2015 til 13.11.2015. Projektet er udarbejdet i samarbejde med Expan Brørup sammen med Lars Hjortskov Larsen som vejleder.

Projektet er inddelt i to rapporter, samt bilag/appendiksmappe og tegningsmappe.

- A1. Projektgrundlag
- A2. Statiske beregninger
- Bilag/appendiksmappe
- Tegningsmappe

Projektet er udarbejdet efter studieordningen omkring Bachelorprojekt.

Rapporten henvender sig til læsere med et grundlæggende kendskab til dimensionering og projektering inden for bygninger.

Projektet er udarbejdet efter arkitekt- og ingeniørtegninger, samt placering af bygningen som har været udleveret til Expan Brørup.

En stor tak til Expan Brørup samt ingeniør Lars Hjortskov Larsen for et godt samarbejde og værdifulde faglige viden undervejs i projektarbejdet.



Læsevejledning

Projektet er opdelt i to rapporter, som hver især omhandler forskellige dele af projektet

A1. Projektgrundlag indeholder de generelle forudsætninger for konstruktionen. Herunder beskrivelse af konstruktionen, normer og standarder, konstruktionsmaterialer, styrkeparameter, sikkerhed og laster på konstruktionen.

A2. Statiske beregninger indeholder statisk dokumentation iht. lodret lastnedføring, stabilitet. Derudover vil her også være dimensionering af enkelte konstruktionselementer heraf stål, letklinker beton, fundament og samlinger.

slutnoter i de respektive rapporter anvendes til kildeangivelser.

Projektets bilag/appendiks medfølger i en bilag/appendiks mappe og tegninger medfølger i en tegningsmappe.



Indholdsfortegnelse

1. Indledning	4
2. Bygværket	5
2.1 Bygværkets art og anvendelse	5
2.2 Konstruktionens art og opbygning	5
2.3 Projektafgrænsninger	6
3. Grundlag	7
3.1 Normer og standarder	7
3.2 Sikkerhed	7
3.3 IKT-værktøjer	7
4. Forundersøgelser	8
5. Konstruktion	8
5.1 Statisk virkemåde	8
5.2 Funktionskrav og levetid	8
5.3 Robusthed	8
6. Konstruktionsmaterialer	9
6.1 Letbeton	9
6.2 Stål	9
6.3 Fundament	9
6.4 Aflejring	9
7. Laster	10
7.1 Lastkombination	10
7.2 Permanente laster	10
7.3 Nyttelast	11
7.4 Snelast	11
7.5 Vindlast	12



1. Indledning

I forbindelse med etablering af horns rev 3 havmøllepark ønsker energinet at udvide transformerstationen Endrup Brorsensvej 2, 6740 Bramming. I forbindelsen med udvidelsen ønskes der at bliver opført en ny servicebygning. I bygningen skal der udføres rum til, relæer, telekommunikationsudstyr, batterirum med blyakkumulatorer, et kontrolrum, en frokoststue, et toilet, et mindre værksted og et depotrum til reservedele. Som udgangspunkt er der primært fokuseret på overordnede konstruktionselementer. For placering af konstruktion se figur 1.



Figur 1: placering af servicebygningen Endrup.

Konstruktionen er hovedsageligt opbygget af letklinker betonelementer som vil blive omtalt letbeton elementer i rapporten.

2. Bygværket

Dette afsnit omhandler bygningens opbygning og anvendelse. Derudover vil rapportens formål blive beskrevet og de afgrænsninger der er foretaget for projektet.

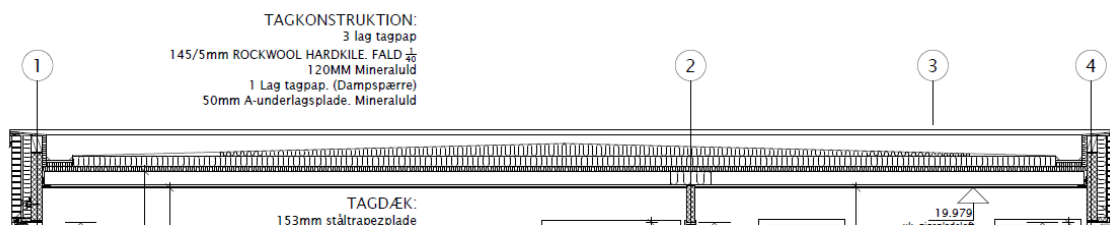
2.1 Bygværkets art og anvendelse

Byggeriet omfatter en ny etplans servicebygning med en længde på ca. 22,2 m og en bredde på ca. 12,6 m hvilket giver et bruttoareal på ca. 280 m².

2.2 Konstruktionens art og opbygning

Tag

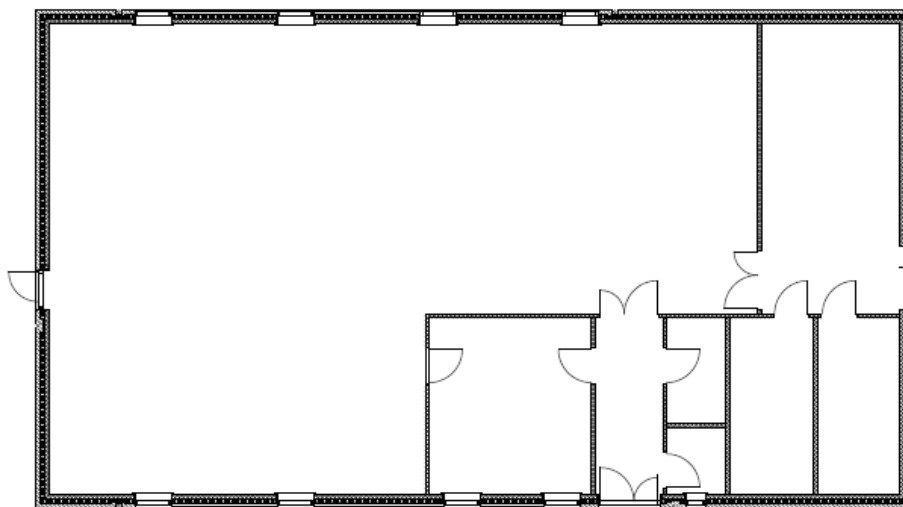
Taget udføres som varmt tag i ståltrapezplader. Taget bliver opbygget af 3 lag tagpap, 145/5 mm rockwool hardkile med et fald på 1/40, 120 mm mineraluld, herunder et lag tagpap der fungerer som dampspærre, til sidst vil der ligge et lag mineraluld på 50 mm. I siderne vil der være rander til afvanding. Se figur 2



Figur 2: oversigt over tags opbygning

Ydervægge og indervægge

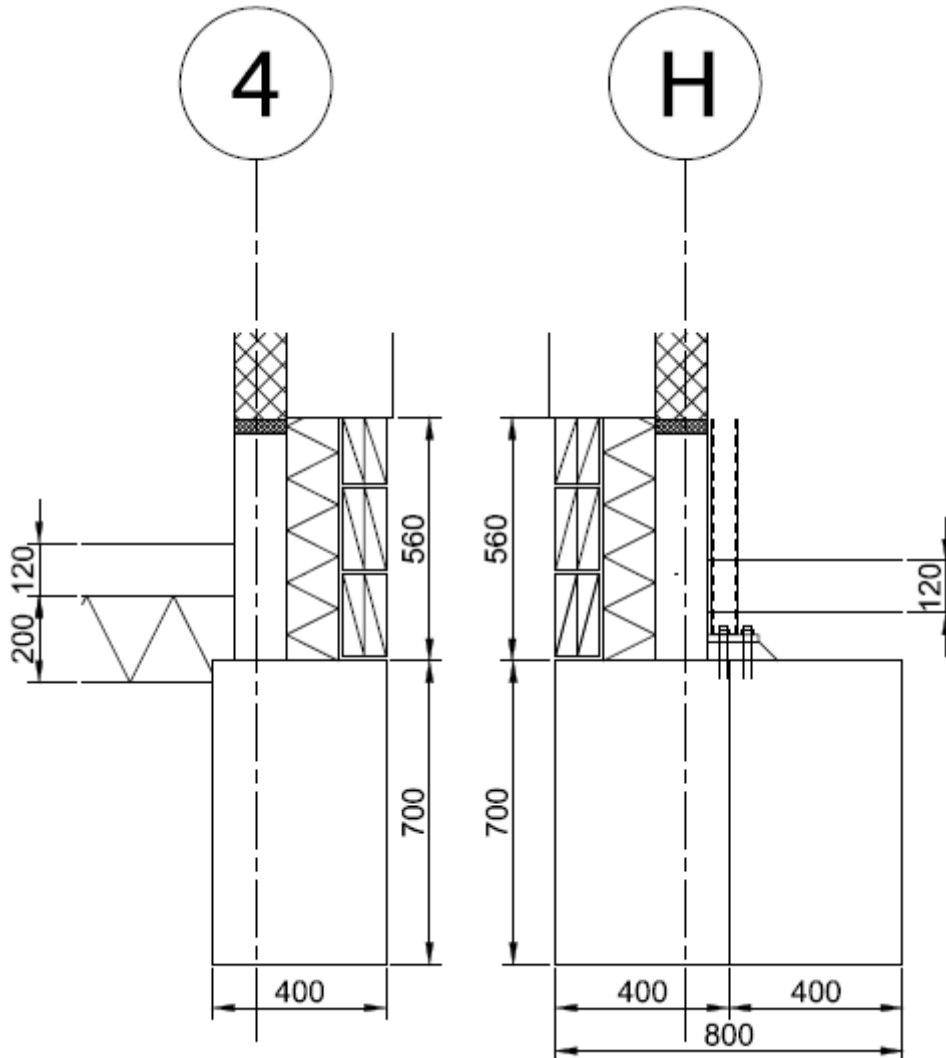
Ydervæggene er opbygget i tre dele mursten, isolering og bagmur af letbeton elementer. Den samlede tykkelse på ydervæggen vil være 344 mm, hvor formuren vil være 108 mm, hulmur til isolering 116 mm og Bagmure 120 mm. Indervæggene er af letbeton elementer og har en tykkelse på 100 mm, der er oven på de bærende indervægge en 10 mm tyk fladstål, som er fastgjort til letbeton væggen med en skrueanker pr. 300 mm. Fladstålet bliver svejst til stålbjælken i modul linje 2. Oven på de ikke bærende indervægge er der et træ mellemlag der er fastholdt på samme måde. Bagmuren i ydervæggene vil virke som de stabiliserende elementer for konstruktionen, ingen indervægge er stabiliserende da de kun er 100 mm tykke. Herunder kan ses en oversigt over ydervæggene og indervæggene.



Figur 3: oversigt over ydervægge og indervægge

Fundamenter

Fundamentet udføres af beton. Der vil under ydervæggene og indervæggene være en linjefundament og under stål søjlerne vil der være punktfundamenter. Herunder kan ses en illustration af linje- og punktfundamentet.



Figur 4: illustration af linje- og punktfundament

2.3 Projektafgrænsninger

I dette afsnit vil alle afgrænsninger blive beskrevet for projektet, der vil i dette projekt blive afgrænset for

- Alle installationer i bygningen
- Varmetab for bygningen, for tykkelser af isolering er der taget udgangspunkt i udleveret tegninger
- Formuren og Murbinder
- Sætninger og armeringen i fundamentet.
- Brandkrav og brandinddækning af bærende dele.
- Gulv, her anvendes samme dimensioner som ingeniør tegningerne.



- Arkitekt- og diverse ingeniørtegninger som har været udleveret til Expan, der vil blive tegnet som leverandør.

3. Grundlag

I dette afsnit beskrives hvilket beregningsforudsætninger og referencer der er anvendt i projektet.

3.1 Normer og standarder

DS/EN 1990 FU:2013 – Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner

DS/EN 1991 FU:2010– Last på bærende konstruktioner

- Del 1-1: Generelle laster – Densiteter, egenlast og nyttelast for bygninger
- Del 1-3: Generelle laster – Snelast
- Del 1-4: Generelle laster – vindlast

DS/EN 1992 FU:2013 Betonkonstruktioner

- Del 1-1: Generelle laster samt regler for betonkonstruktion

DS/EN 1520 2011 Elementer af letbeton med åben struktur

DS/EN 1993 FU:2013 Stålkonstruktion

DS/EN 1997-1 2007 Geoteknik: del 1 generelle regler

Nationale annekser

DS/EN 1991-1-3 DK NA: 2015 version2 – del 1-3: generelle laster – snelast

DS/EN 1991-1-4 DK NA: 2015 – del 1-4: generelle laster – vindlast

DS/EN 1520 DK NA: 2008 Nationalt annekse

3.2 Sikkerhed

Hele konstruktionen henføres til middel konsekvensklasse CC2, da bygningens funktion eller højde ikke giver anledning til højere eller lavere konsekvensklasser. Herved giver K_{FI} 1,0 og skrives hermed ikke i beregningerne.

Hele konstruktionen henføres til normal kontrolklasse, herved giver γ_3 1,0 og skrives hermed ikke i beregningerne.

3.3 IKT-værktøjer

I dette projekt er brugt følgende IT programmer

Kontorprogrammer:

MS Word

MS Excel

Beregningsprogrammer:

Expandet calculation program til bestemmelse af bæreevne for bolte

Betonelementforeningens berigningsprogrammer for letbeton

- Letbetonvæg (LACvægge – BEF – v2.3A)



Beregningsprogrammer fra Expan i MS Excel

- Letbetonbjælke med TA-armering
- Afskalning og vederlagstryk

Tegningsprogrammer:

AutoCAD 2015

Referencer

Teknisk ståbi 21. udgave 2011

Betonkonstruktioner efter DS/EN 1992-1-1, 2 udgave 2012

Stålkonstruktioner efter DS/EN 1993, 1 udgave 2009

Bygningsberegninger, 1 udgave 2010

Geoteknik, 2 udgave, 1. oplag 2012

4. Forundersøgelser

Byggeriet placeres på en grund, der har været en del af et landbrugsområde.

Koter og mål udføres ud fra arkitekttegninger.

5. Konstruktion

5.1 Statisk virkemåde

I dette afsnit vil der blive beskrevet hvordan de lodrette og vandrette laster føres igennem bygningen.

Lodret lastnedføring

Tagkonstruktionen udføres af bærende ståltrapezplader, som spænder fra modul 1 til modul 2 og fra modul 2 til modul 4. ståltrapezpladerne afleverer lasten til de bærende vægge, der herefter føre belastningerne til fundamentet. Bærende vægge udføres som præfabrikerede letklinker betonelementer.

Vandret lastnedføring

Vindlasten føres af facaden til tagskiven og fundamentet, hvor de bliver optaget af de stabiliserende vægelementer og fundamenter.

5.2 Funktionskrav og levetid

Der stilles ikke krav til funktion ud over det, der stilles i normer og standarder, der stilles ingen krav for levetider, der afviger fra almindelig byggeskik.

5.3 Robusthed

Da konstruktionen er et etplans bygningskonstruktion og brutto arealet er 280 m², vurderes det at robustheds er opfyldt ved dimensionering for de almindelige laster iht. normerne.



6. Konstruktionsmaterialer

Der vil i dette afsnit blive beskrevet om konstruktionsmaterialerne og partialkoefficienter for de forskellige konstruktionsdele

6.1 Letbeton

LAC 15/1850

Passiv miljøklasse

Trykstyrke

$$f_{ck} = 15 \text{ MPa}$$

Trækstyrke

$$f_{tk} = 2,5 \text{ MPa}$$

E-modul, middel

$$E_{cm} = 17400 \text{ MPa}$$

Trykstyrker og E-modul i uarmeret letbeton

$$\gamma_c = 1,55$$

Bøjningstrækstyrken i letbeton

$$\gamma_c = 1,60$$

6.2 Stål

Stålbjælke og stålsøjle

Stålkvaliteten S235JR

Styrken afhænger af materialetykkelsen værdierne kan ses herunder.

Styrkeklasse	Materialetykkelser t i mm	Karakteristisk værdi	
		f_y i MPa	f_u i MPa
S235	$t \leq 16$	235	
	$16 < t \leq 40$	225	360
	$40 < t \leq 63$	215	

Stabilitetssvigt

$$\gamma_{M1} = 1,2$$

Stålbolte

Boltklasse 8.8

Flydespænding

$$f_{yk} = 640 \text{ MPa}$$

Brudspændingen

$$f_{uk} = 800 \text{ MPa}$$

Trækpåvirkede tværsnit mht. brud

$$\gamma_{M2} = 1,35$$

6.3 Fundament

Beton

C25

Moderat miljøklasse

Trykstyrke

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Betons trykstyrke og E-modul i armeret beton

$$\gamma_c = 1,45$$

6.4 Aflejring

Komprimeret sand

Rumvægt

$$\gamma/\gamma' = 17/7 \text{ kN/m}^3$$

Friktionsvinkel

$$\varphi_{pl,k} = 36^\circ$$

Friktionsvinkel

$$\gamma_\varphi = 1,2$$

Rumvægt

$$\gamma_\gamma = 1,0$$



Ler

Rumvægt
Kohæsion
Udrænet forskydningsstyrke
Rumvægt

$$\begin{aligned} \gamma/\gamma' &= 19/9 \text{ kN/m}^3 \\ C_{u,k} &= 50 \text{ kN/m}^2 \\ \gamma_{cu} &= 1,8 \\ \gamma_{\gamma} &= 1,0 \end{aligned}$$

7. Laster

7.1 Lastkombination

Konstruktionen regnes efter tre lastkombinationer maksimal last, reduceret last og minimal last.

Lastart	Permanent	Variable last Dominerende	Variable last Ikke dominerende
Maksimallast	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_1 Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
Reduceret last	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
Minimallast	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	–	–
Egenvægt	$G_{kj,sup}$		

7.2 Permanente laster

I de følgende tabeller findes de egenlaste, som vil blive brugt til dimensioneringen af væggene og fundamentene. For

Tagkonstruktion		
Materialer	Tyngde/last	Værdi kN/m ²
4 lags tagpap 4x4 mm	$4 \cdot 0,004m \cdot 10,75 \frac{kN}{m^3}$	0,2
Trykfast isolering 315 mm	$0,315m \cdot 1,2 \frac{kN}{m^3}$	0,4
Ståltrapezplader	-	0,1
Loft	-	0,2
Diverse installationer	-	0,1
I alt		$1,0 \frac{kN}{m^2}$

Ydervæg		
Materialer	Tyngde/last	Værdi kN/m ²
Mursten 108 mm	$0,108m \cdot 21 \frac{kN}{m^3}$	2,3
Isolering 100 mm	$0,100m \cdot 1,2 \frac{kN}{m^3}$	0,1
Letbeton 120 mm	$0,120m \cdot 18,5 \frac{kN}{m^3}$	2,2
I alt		$4,6 \frac{kN}{m^2}$



Indervæg		
Materialer	Tyngde/last	Værdi kN/m ²
Letbeton 100 mm	$0,100m \cdot 18,5 \frac{kN}{m^3}$	1,9
I alt		$1,9 \frac{kN}{m^2}$

7.3 Nyttelast

Bygningen vil blive anvendt til let erhverv dvs. at nyttelasten på gulvet vil blive henført til kategori B hvilket giver en nyttelast på 2,5 kN/m²

7.4 Snelast

Snelasten beregnes efter DS/EN 1991-1-3 og DS/EN 1991-1-3 DK NA:2015. Bygningen regnes efter fladt tag.

For at bestemme den karakteristiske snelast anvendes følgende ligning

$$S = \mu_i C_e C_t S_k$$

Hvor:

μ_i = Formfaktoren for snelasten

C_e = Eksponeringskoefficient

C_t = Termiske faktor

S_k = Karakteristiske terrænværdi

Den karakteristiske terrænværdi er efter det nationale anneks angivet til 1,0 kN/m²

$$S_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Eksponeringskoefficienten er en faktor der tager hensyn til omgivelsernes topografi, samt konstruktionens størrelse, og er bestemmes ved

$$C_e = C_{top} \cdot C_s$$

Hvor:

C_{top} = Topografifaktoren

C_s = Størrelsesfaktoren

Ud fra satellitbilleder vurderes det at Topografifaktoren er normal da vinden ikke vil bevirke væsentlige fjernelse af sne på bygværket på grund af andre bygværker, træer eller terræn.

$$C_{top} = 1,0$$

Størrelsesfaktoren afhænger af topografifaktoren. Da topografifaktoren er normal afhænger den yderlig af størrelsesforholdet mellem længden og højden. Der ses for begge sider af bygningen

Bygningens længste side

Den længste side af bygningen er 22,2 m, højden er 3,3 m dvs. at to gange højden er mindre end den længste side af bygningen. Den korteste side er 12,6 m da den er under ti gange højden vil C_s være 1.



Bygningens korteste side

Da den korsteste side er 12,6 m hvilket giver at to gange højden er mindre end den korsteste siden. Da den længste sider er under ti gange højden vil C_s også være 1 her.

Den termiske faktor sættes til 1 da det er et varmt tag.

Da taget er fladt vil μ_i være 0,8

Snelasten bliver herved

$$S = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \text{ kN/m}^2 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

7.5 Vindlast

Vindlasten beregnes efter DS/EN 1991-1-4 og DS/EN1991-1-4 DK NA: 2015, der bestemmer en basisvindhastighed som overskrides i gennemsnit en gang per 50 år. Basisvindhastigheden afhænger af vindretningen og årstiden og findes ved følgende formel.

$$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,0}$$

Hvor:

V_b = Basisvindhastigheden

C_{dir} = Retningsfaktor

C_{season} = Årstidsfaktor

$V_{b,0}$ = Grundværdien for basisvindhastigheden

Da bygningen kommer til at stå permanent sættes årstidsfaktoren C_{dir} og retningsfaktoren C_{season} til 1.

Grundværdien for basisvindhastigheden $V_{b,0}$ findes ved lineært interpolation, hvor den ved Vesterhavet er 27 m/s og 25 km inde i landet er 24 m/s. ved opmåling af satellitbillede findes bygningen 12 km fra vestkysten. Grundværdien for basisvindhastigheden findes herved til

$$V_{b,0} = 24 \text{ m/s} + \frac{27 \text{ m/s} - 24 \text{ m/s}}{0 \text{ km} - 25 \text{ km}} \cdot (12 \text{ km} - 25 \text{ km}) = 25,6 \text{ m/s}$$

Herved bliver basisvindhastigheden

$$V_b = \sqrt{1} \cdot \sqrt{1} \cdot 25,6 \text{ m/s} = 25,6 \text{ m/s}$$

Middelvindhastighed $v_m(z)$ bestemmes, den afhænger af højden z over terræn og en ruhedsfaktor

$$v_m(z) = C_r(Z) C_o(Z) v_b$$

Hvor:

$C_r(Z)$ = Ruhedsfaktor

$C_o(Z)$ = Orografifaktor

$C_r(Z)$ bestemmes som en funktion af højden z over terræn og trænets ruhedslængde z_0 .

$$C_r(Z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right), \quad \text{for } z_{min} \leq z \leq 200 \text{ m}$$

$$C_r(Z) = C_r(z_{min}), \quad \text{for } z < z_{min}$$



Terrænfaktoren k_r bestemmes ud fra

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

Hvor:

Z = Højden

Z_0 = Ruhedslængde

Z_{min} = Minimumshøjden for den valgte terrænkategori

$Z_{0,II} = 0,05$ (terrænkategori II)

Der vælges terrænkategori 2, da området er omgivet af læhegn, herved bliver $z_0 = 0,05$ og $z_{min} = 2$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

Ruhedsfaktoren bliver

$$C_r(3,3m) = 0,19 \cdot \ln \left(\frac{3,3m}{0,05m} \right) = 0,8$$

Det vurderes at den gennemsnitlige hældning af terrænet til luv er mindre end 3^0 herved bliver orografifaktor 1. middelvindshastigheden bliver herved

$$v_m(3,3m) = 0,8 \cdot 1 \cdot 25,6m/s = 20,38 m/s$$

vindens turbolens findes ved

$$I_v(z) = \frac{k_I}{C_0(z) \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)}, \text{ for } z \geq z_{min}$$

Hvor

k_I = Turbolensfaktoren hvor den anbefalede værdi sættes til 1

$$I_v(3,3m) = \frac{1}{1 \cdot \ln \left(\frac{3,3m}{0,05m} \right)} = 0,24$$

Nu kan peakhastighedstrykket findes

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z)) \frac{1}{2} \rho v_m^2(z)$$

Hvor

ρ = Luftens densitet

$$q_p(3,3m) = (1 + 7 \cdot 0,24) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20,38^2 \cdot 10^{-3} = 0,69 \frac{kN}{m^2}$$

Bygningen skal deles op i forskellige zoner der bestemmer sug og tryk på væggen. Der regnes med $c_{pe,10}$.



Vind på facade

vægge

$$h = 3,3 \text{ m}$$

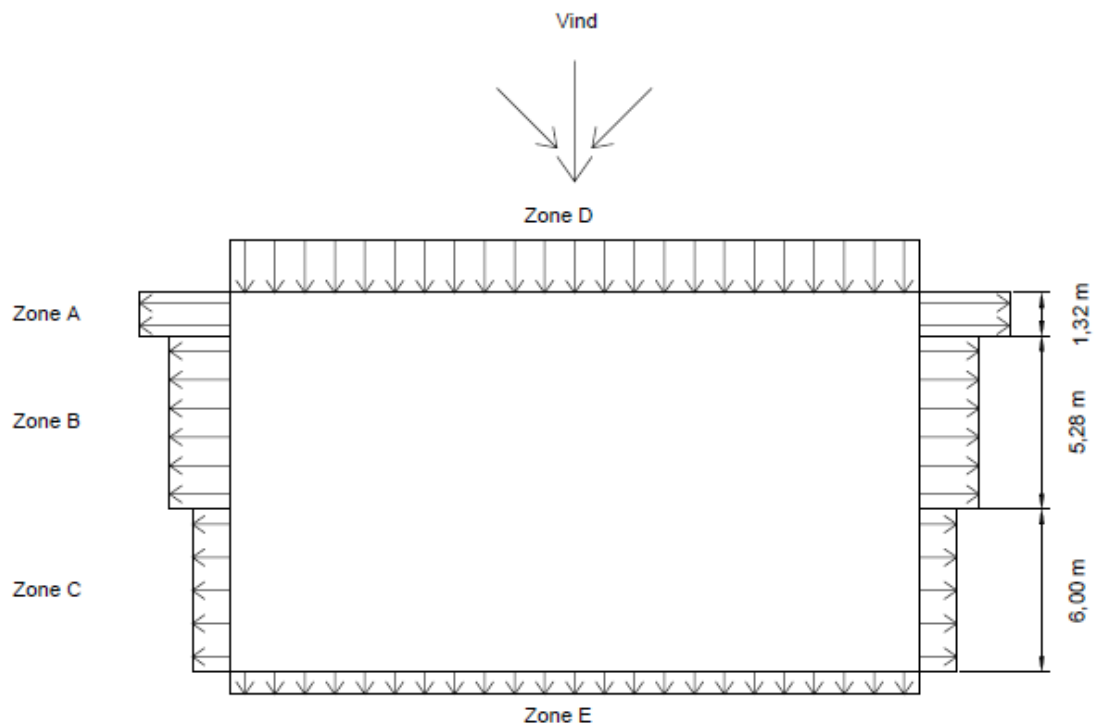
$$d = 12,6 \text{ m}$$

$$b = 22,2 \text{ m}$$

$$e = 2h = 2 \cdot 3,3\text{m} = 6,6 \text{ m}$$

$$h/d = 0,26$$

Zone	Zone størrelse	$q_p(z) \cdot C_{pe,10}$	Vindlast på zonen kN/m ²
A	$\frac{e}{5} = \frac{6,6\text{m}}{5} = 1,32 \text{ m}$	$0,69 \cdot (-1,2)$	-0,83
B	$\frac{4e}{5} = \frac{4 \cdot 6,6\text{m}}{5} = 5,28 \text{ m}$	$0,69 \cdot (-0,8)$	-0,55
C	$12,6\text{m} - 6,6\text{m} = 6 \text{ m}$	$0,69 \cdot (-0,5)$	-0,35
D	22,2 m	$0,69 \cdot 0,7$	0,48
E	22,2 m	$0,69 \cdot (-0,3)$	-0,21



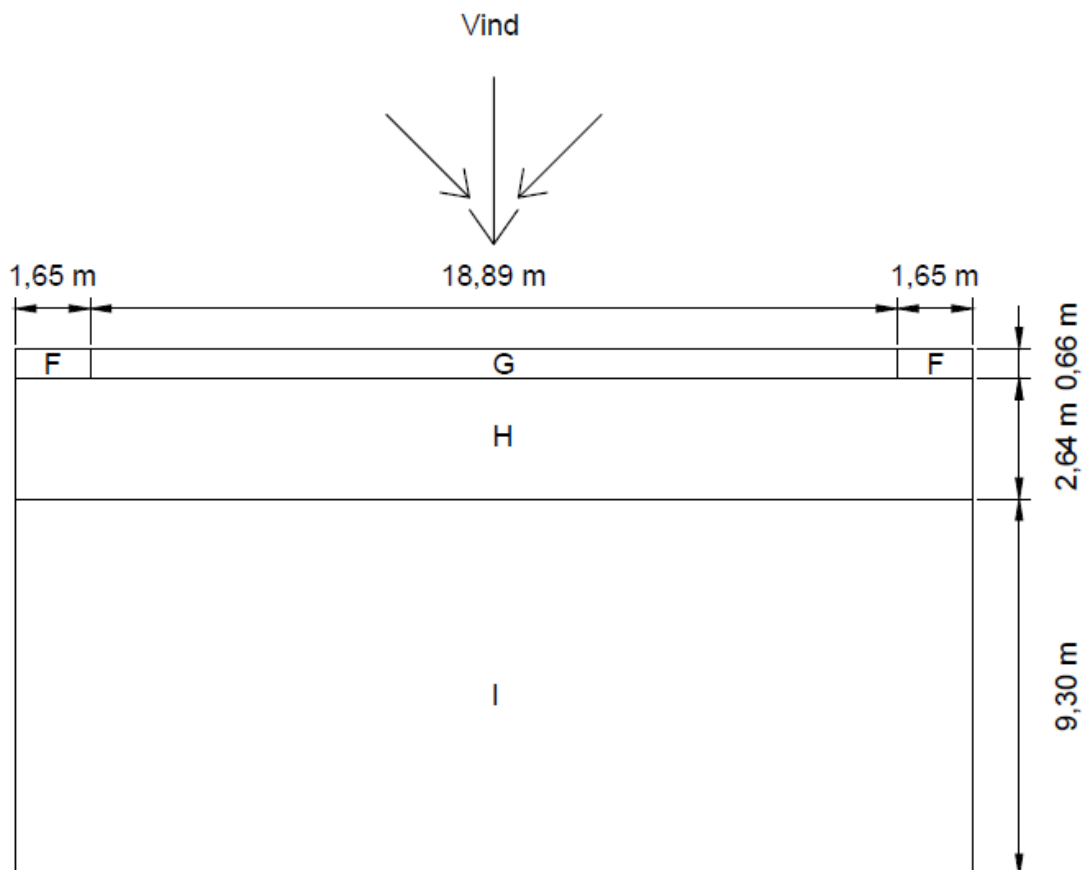
Figur 5: oversigt over zoner med vind på facaden



Tag

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,541m}{3,3m} = 0,16$$

Zone	Zone størrelse	$q_p(z) \cdot C_{pe,10}$	Vindlast på zonen kN/m ²
F	$\frac{e}{4} = \frac{6,6m}{4} = 1,65 m$ $\frac{e}{10} = \frac{6,6m}{10} = 0,66 m$	$0,69 \cdot (-1,2)$	-0,83
G	$22,2m - 2 \cdot 1,65m = 18,9 m$ $\frac{e}{10} = \frac{6,6m}{10} = 0,66 m$	$0,69 \cdot (-0,8)$	-0,55
H	$\frac{e}{2} - 0,66m = \frac{6,6m}{2} - 0,66m$ $= 2,64 m$	$0,69 \cdot (-0,7)$	-0,48
I	$12,6m - 0,66m - 2,64m$ $= 9,3 m$	$0,69 \cdot 0,2$ $0,69 \cdot (-0,5)$	0,14 -0,35



Figur 6: oversigt over zoner på tag med vind på facaden



Vind på gavl

$$h = 3,3 \text{ m}$$

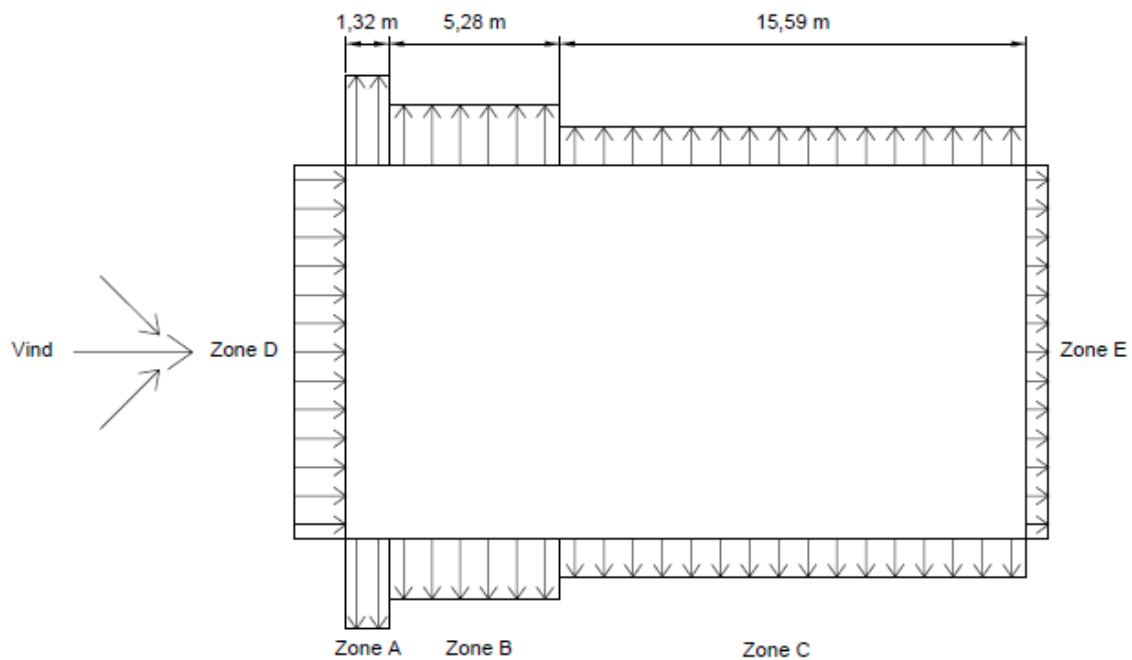
$$d = 22,2 \text{ m}$$

$$b = 12,6 \text{ m}$$

$$e = 2h = 2 \cdot 3,3 \text{ m} = 6,6 \text{ m}$$

$$h/d = 0,15$$

Zone	Zone størrelse	$q_p(z) \cdot C_{pe,10}$	Vindlast på zonen kN/m ²
A	$\frac{e}{5} = \frac{6,6 \text{ m}}{5} = 1,32 \text{ m}$	$0,69 \cdot (-1,2)$	-0,83
B	$\frac{4e}{5} = \frac{4 \cdot 6,6 \text{ m}}{5} = 5,28 \text{ m}$	$0,69 \cdot (-0,8)$	-0,55
C	$22,2 \text{ m} - 6,6 \text{ m} = 15,6 \text{ m}$	$0,69 \cdot (-0,5)$	-0,35
D	12,6 m	$0,69 \cdot 0,7$	0,48
E	12,6 m	$0,69 \cdot (-0,3)$	-0,21

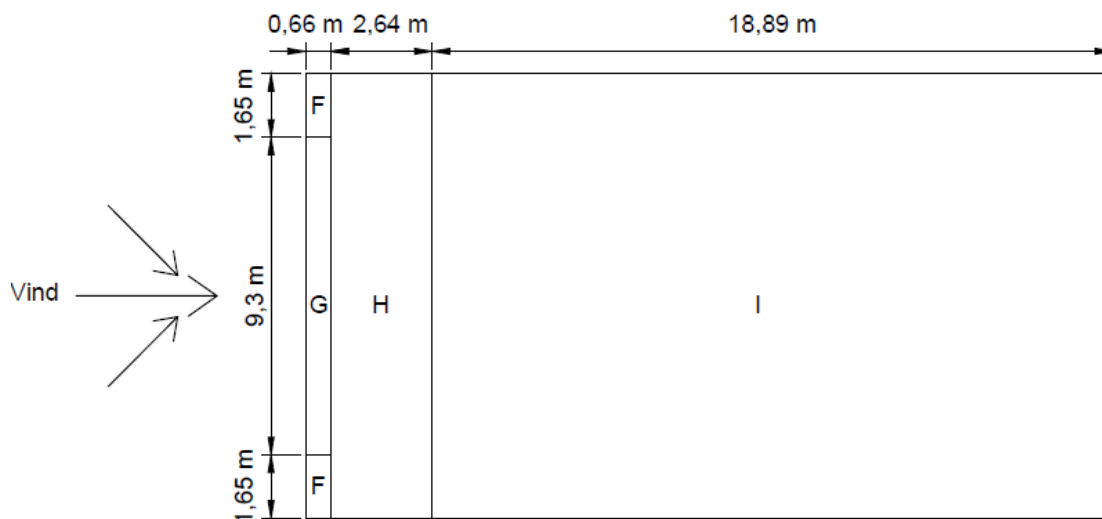


Figur 7: oversigt over zoner med vind på gavl

Tag

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,541m}{3,3m} = 0,16$$

Zone	Zone størrelse	$q_p(z) \cdot C_{pe,10}$	Vindlast på zonen kN/m ²
F	$\frac{e}{4} = \frac{6,6m}{4} = 1,65 m$ $\frac{e}{10} = \frac{6,6m}{10} = 0,66 m$	$0,69 \cdot (-1,2)$	-0,83
G	$12,6m - 2 \cdot 1,65m = 9,3 m$ $\frac{e}{10} = \frac{6,6m}{10} = 0,66 m$	$0,69 \cdot (-0,8)$	-0,55
H	$\frac{e}{2} - 0,66m = \frac{6,6m}{2} - 0,66m$ $= 2,64 m$	$0,69 \cdot (-0,7)$	-0,48
I	$22,2m - 0,66m - 2,64m$ $= 18,89 m$	$0,69 \cdot 0,2$ $0,69 \cdot (-0,5)$	0,14 -0,35



Figur 8: oversigt over zoner på tag med vind på gavl

Da $h/d < 1$ kan den resulterende kraft multipliceres med 0,85

Indvendig vindlast

Da der ikke er tale om dominerede åbninger vil formfaktorerne blive 0,2 og -0,3 for indvendige vindlast. For skillevægge bliver formfaktorerne 0,4 hidrørende fra trykforskellen i de rum, som væggene adskiller

Vægge	$q_p(z) \cdot C_{pe,10}$	Vindlast på zonen kN/m ²
Ydervægge	$0,69 \cdot (-0,3)$ $0,69 \cdot 0,2$	-0,21 0,14
Indervægge	$0,69 \cdot 0,4$	0,28



¹<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/Publikationer/2001/87-7944-419-9/html/bilag01.htm>

²<http://www.rockwool.dk/produkter/u/3072/udvendig-tagisolering/hardrock-energy>

³http://www.hfb.dk/fileadmin/templates/hfb/dokumenter/beregn/Tyngde_byggevarematerialer_lagervarer.pdf

⁴<http://www.expan.dk/betonletbetonelementer/expan-vaegge/produktdata/>