

Kom godt i gang

Bestem styrkeparametrene for murværket. Faneblad: Murværk

Deklarerede styrkeparametre:

Enkelte producenter har deklareret styrkeparametre for bestemte kombinationer af sten og mørtel. Disse styrker er langt de højeste. Link til producenter og stentyper, hvor der er foretaget deklARATIONER, kan fås ved at sende en mail til: pdcc@dti.dk. Værdierne kan inddateres direkte i Faneblad murværk, således at de automatisk bliver overført til alle beregninger i det aktuelle projekt. Husk tryk "**Gem**", men tryk ikke "Beregn"

Beregne styrkeparametre:

Normalt beregnes murværkets styrkeparametre ud fra stenens trykstyrke (f_b) og mørtlens trykstyrke (f_m) og vedhæftningsstyrke ($f_{m,xk1}$). Denne vedhæftningsstyrke er normalt den kritiske parameter ifm projekteringen. Værdien for f_b fås fra internettet for den aktuelle sten. Værdierne for mørtlens styrke kan findes flere steder:

- I DS/INF 167: Tabel 1 angiver værdier for f_m (svarer til MC). Det ses, at f_m for en KC 50/50/700 som minimum kan sættes til: $f_m = 0,9$ MPa. I tabel 4b er angivet værdier for $f_{m,xk1}$, bl.a. gennem trykstyrken som fandtes i tabel 1. Det ses at for:
 - KC 50/50/700 er $f_{m,xk1} = 0,10$ MPa
 - KC 35/65/650 er $f_{m,xk1} = 0,15$ MPa (da MC = 2,0 MPa)Disse værdier er lave og medfører typisk en del stålsøjler i byggeriet
- I tegl 24 <link til <http://www.mucdesign.dk/arkiv/side.asp?tegl24>> er angivet værdier for KC – tørtmørtler som funktion af stenenes minutsugning. Kendes minutsugningen ikke, kan minimumsværdierne anvendes. Det ses at for:
 - KC 50/50/700 tørtmørtel er $f_{m,xk1} = 0,25$ MPa
 - KC 35/65/650 tørtmørtel er $f_{m,xk1} = 0,35$ MPaBemærk i denne lidt aldrende pjece er $f_{mørtel} = f_{m,xk1}$
- På Internettet for funktionsmørtler. Funktionsmørtler er bl.a. karakteriseret ved, at de 2 styrkeparametre deklarerer og kontrolkeres løbende

Værdierne inddateres i faneblad murværk og der trykkes "**Beregn**" efterfulgt af "**Gem**", således at murværkets styrkeparametre bliver beregnet, gemt og overført til alle nye beregninger i det aktuelle projekt.

Et typisk eksempel er vist efterfølgende, hvor der er anvendt en sten med $f_b = 20$ MPa og en mørtel med styrkeparametrene $f_m = 5,0$ MPa og $f_{m,xk1} = 0,25$ MPa. Dette kunne fx være en funktionsmørtel FM5 fra Weber.

EC6design.com - Eksempel på fremgangsmåde - Windows Internet Explorer provided by Teknologisk Institut 2011

http://ec6design.com/da/main/masonrydata?projektId=10591

weber+funktionsm%C3%B8rtel+fm5

Favoritter

EC6design.com - Ekse... x weber FM 5@ funktionsm...

EC6design.com - Eksempel på fremgangsmåde

Bruger: pdc0921

Projekter | Projektdata | Fælles data | **Murværk (EN 1996-1-1)** | Porebeton (EN 12602) | Opsætning | Statik

Byggesten

Byggestenenes normaliserede trykstyrke, f_b MPa

Byggesten af

Tegl Kalksandsten

Letklinkerbeton Porebeton

Format

Mursten Blokke

Type

Gruppe 1 Gruppe 2

Gruppe 3

Mørtel

Type

Normalmørtel Tyndfugemørtel

Limfugemørtel Letmørtel (600-800 kg/m³)

Letmørtel (800-1300 kg/m³)

Trykstyrke, f_m MPa

Vedhæftningsstyrke, $f_{m,xk1}$ MPa

Metode(cement/kalk)

Cementrige mørtler (MC) Kalkrige mørtler (ML)

Væg

Væggens densitet kg/m³

Tykkelse mm

Excentricitet, e_0 mm

Planhedsafvigelse, e_s mm

Beregn

Trykstyrke, f_k MPa

Elasticitetsmodul, E_{0k} MPa

Bøjningstrækstyrke, f_{xk1} MPa

Bøjningstrækstyrke, f_{xk2} MPa

Kohæsion, f_{vk0} MPa

Karakteristisk forankringsstyrke kN

Friktion, μ_k

Beregn

* Knappen herover beregner styrkeparametre som har baggrund i de normaliserede trykstyrker. For blokke er der alternative indgangsparametre (for $f_b = 5\%$ og 50% fraktilen). Klik på hjælpeikonet til Letklinkerbeton eller Porebeton på denne side for at få en oversigt over disse styrker.

Gem **Spørgsmål** **Hjælp**

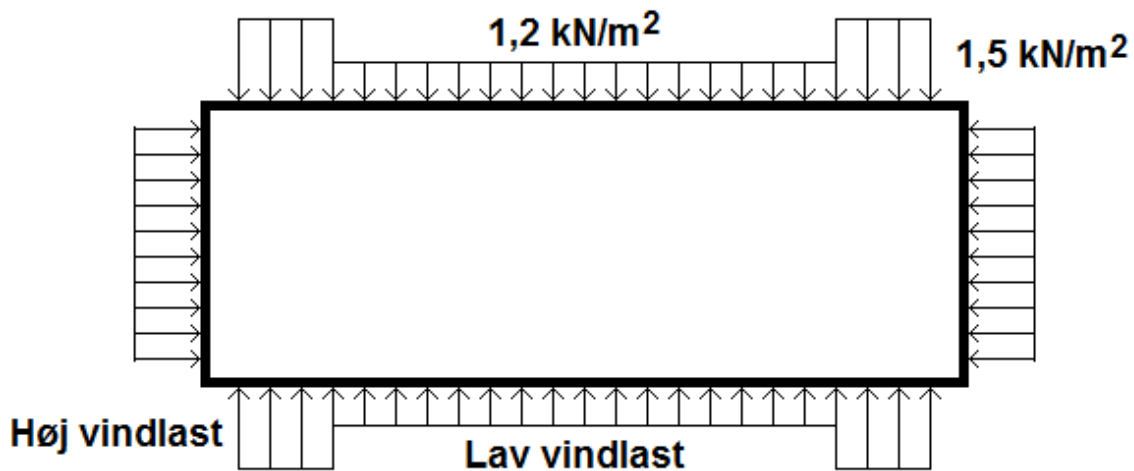
Figur 1. Bestemmelse af styrkeparametre ved hjælp af faneblad "Murværk"

Fordeling af den samlede vindlast (q_d):

Bestemmelse af den samlede vindlast.

Dette foretages gennem modulet lastprojektering eller på anden vis. Dette er sjældent problematisk, men husk:

- At medtage det indvendige over/undertryk ($c_{pi} = -0,3/+0,2$)
- At det blæser væsentlig mere ved hjørnerne end midt på fladen. I nogle tilfælde vil det være relevant at bestemme vindlasten 0 – 4 m fra hjørnet og 4 – 8 m fra hjørnet (som er væsentlig lavere) således, at vægfeltet i facaden +4 m fra hjørnet dimensioneres efter den lave last.



Figur 2. Total vindlast. Ved større afstand fra hjørner kan vindlasten reduceres. Tallene er eksempler

Fordeling af vindlasten på for- og bagmur:

Enkleste metode er at fordele vindlasten efter momentkapaciteten. Det vil sige:

$$q_{db} = t_b^2 \times f_{xk1b} / (t_b^2 \times f_{xk1b} + t_f^2 \times f_{xk1f}) \times q_d$$

$$q_{du} = t_f^2 \times f_{xk1f} / (t_b^2 \times f_{xk1b} + t_f^2 \times f_{xk1f}) \times q_d$$

Indeks b og f er hhv. bagmur og formur

t er tykkelsen

I langt de fleste tilfælde har for- og bagmur samme tykkelse og styrke. I dette tilfælde fordeles vindlasten med ½ vindlast på hver vange.

Eksempel med varierende parametre:

$$t_b = 168 \text{ mm}$$

$$t_f = 108 \text{ mm}$$

$$f_{xk1b} = 0,25 \text{ MPa}$$

$$f_{xk1f} = 0,20 \text{ MPa}$$

$$q_{db} = 168^2 \times 0,25 / (168^2 \times 0,25 + 108^2 \times 0,20) \times q_d$$

$$= 75 \% \times q_d$$

$$q_{df} = 108^2 \times 0,20 / (168^2 \times 0,25 + 108^2 \times 0,20)$$

$$= 25 \% \times q_d$$

Fordelen ved at fordele vindlasten efter momentkapaciteten er dels at dette giver den maksimale bæreevne samt at formuren ikke skal gennemregnes.

Såfremt vindlasten q_d fx er $1,2 \text{ kN/m}^2$ fås:

$$q_{db} = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{df} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Beregning af de kritiske tværbelastede vægfelter. Modulet tværbelastede vægfelter

Indledningsvis udvælges den eller de vægfelter der skønnes mest kritisk. Dvs de vægfelter med størst vandret og lodret spænd samt med flest åbninger. Udvalgelsen af disse kræver lidt øvelse.

Herefter gennemregnes vægfeltet ved hjælp af modulet "tværbelastet rektangulær væg".

Som lodret last sættes minimumsværdien (som ofte er 0). De undersøgte kritiske vægfelter skal alle have en tilstrækkelig bæreevne, det vil sige en udnyttelsesgrad mindre end 100 %. Processen er iterativ. Er der 5 vægfelter der vurderes som ligeværdig kritiske afhænger den videre gennemregning af om udnyttelsesgraden for den første er 30 % eller 99 %.

Et eksempel på en gennemregning ses nedenstående:

EC6design.com - Eksempel på fremgangsmåde - Windows Internet Explorer provided by Teknologisk Institut 2011

http://ec6design.com/da/module/trv?komponentId=47400

Favoritter EC6design.com - Eksempel på fremgangsmåde

EC6design.com - Eksempel på fremgangsmåde

Bruger: pdc0921

Projekter Projektdata Fælles data Murværk (EN 1996-1-1) Porebeton (EN 12602) Opsætning Statik

Tværbelastet rektangulær væg - "Tværbelastet rektangulær væg#1"

Vægmateriale

Væggen opbygges af
 Murværk Etagehøje porebetonelementer

Regningsmæssige dimensioner

Længde m
Højde m
Tykkelse mm

Understøtningsforhold

Venstre kant
Indspændt ▾

Øverste kant
Simpelt u.st. ▾

Højre kant
Simpelt u.st. ▾

Nederste kant
Simpelt u.st. ▾

Karakteristiske eller deklarede bøjningstrækstyrker

I vandret snit: f_{xk1} eller f_{ctlk} MPa
I lodret snit: f_{xk2} MPa

Regningsmæssige lastparametre

Tværlast (vind) kN/m²
Lodret last kN/m
Randmoment venstre kant Nm/m
Randmoment øverste kant Nm/m
Randmoment højre kant Nm/m
Randmoment nederste kant Nm/m

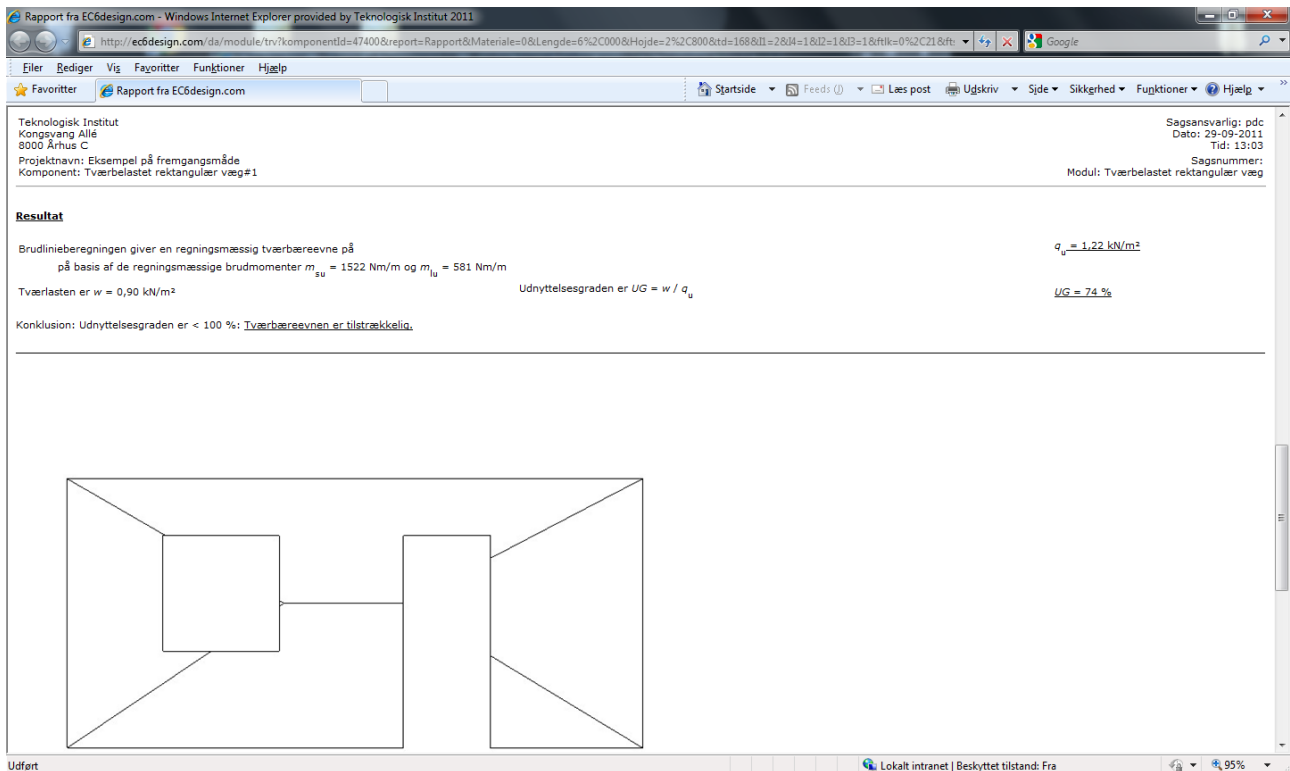
Geometri

Åbninger

Form	X(m)	Y(m)	B(m)	H(m)
Rektangel ▾	<input type="text" value="1,000"/>	<input type="text" value="1,000"/>	<input type="text" value="1,212"/>	<input type="text" value="1,212"/>
Rektangel ▾	<input type="text" value="3,500"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,912"/>	<input type="text" value="2,212"/>

Gem Gem og gå til projektliste Rapport Tegning Spørgsmål Hjælp

Figur 3. Input til tværbelastet vægfelt



Figur 4. Output. I dette eksempel er udnyttelsesgraden 74 % og dermed tilstrækkelig.

Søjlevirkning. Modulet lodret belastet muret væg

Såfremt de lodrette laster er af en størrelse, hvor det vurderes, at der er søjlevirkning i vægfeltet skal dette tillige beregnes. Dette gøres på følgende måde:

Bestemmelse af den ækvivalente vindlast

Indledningsvist gennemregnes vægfeltet med modulet Tværbelastet rektangulært vægfelt med den maksimale lodrette last. I denne beregning bestemmes den ækvivalente vindlast, som korrigerer den vandrette last for de aktuelle åbninger og lodrette understøtninger.

Bemærk ved bestemmelse af den lodrette last tages hensyn til åbningernes bredde og dermed det effektive areal. I det aktuelle eksempel skal lasten i toppen af vægfeltet forøges med en faktor (f):

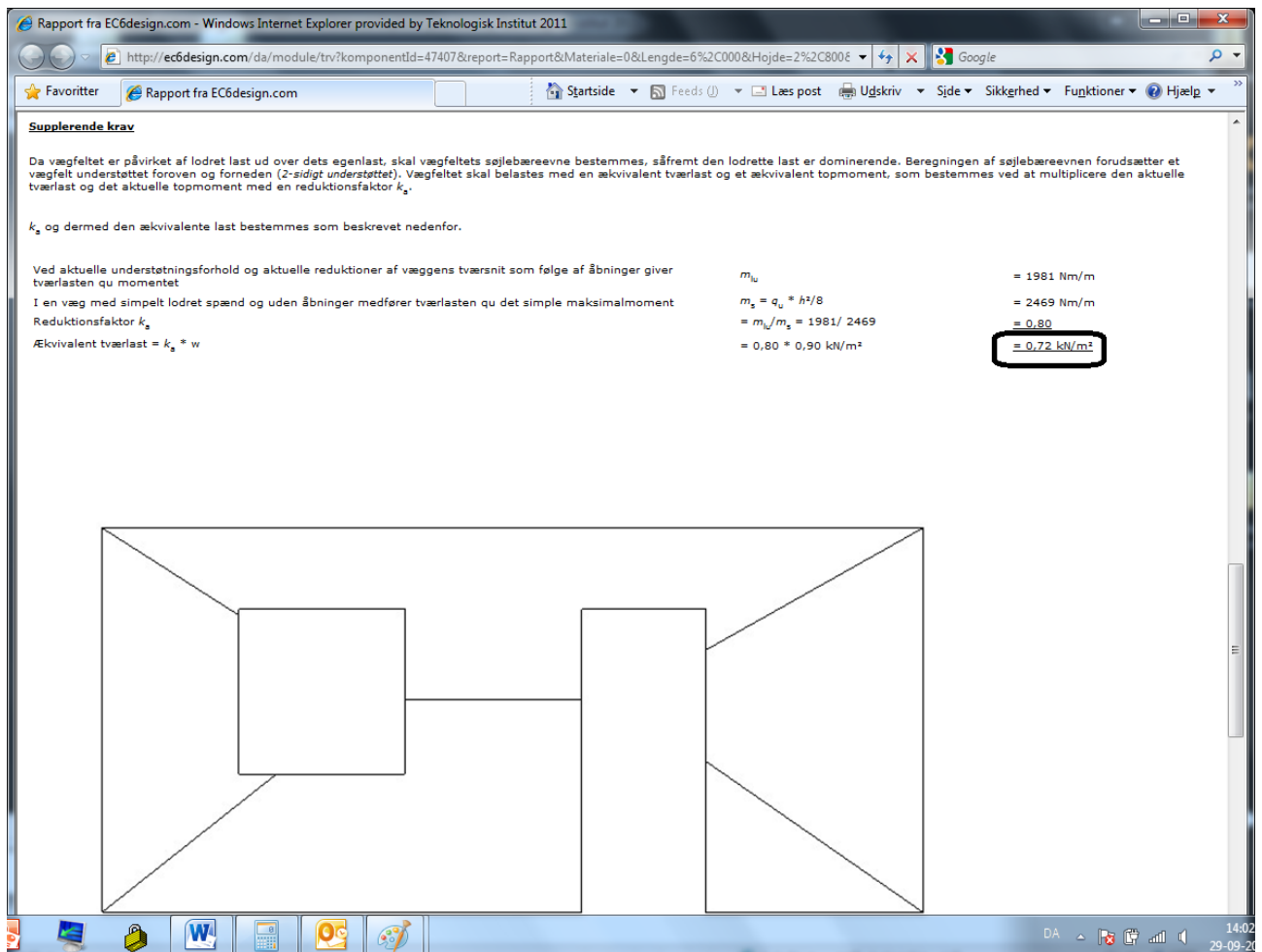
$$f = 6 / (6 - 1,212 - 0,912) = 1,55$$

Er den lodrette last i toppen af vægfeltet fx 34,8 kN/m, regnes med den effektive last i midten af vægfeltet (hvor bruddet jo sker) til:

$$p_{\text{lodret}} = 1,55 \times 34,8 = 54,0 \text{ kN/m}$$

I det aktuelle tilfælde fås en korrektion for den vandrette last fra $0,90 \text{ kN/m}^2$ til $0,72 \text{ kN/m}^2$ (denne korrektion skal ses i forhold til den intuitive indgangsvinkel, hvor lastoplandet ansættes fra midt dør til midt vindue, men som betyder i mange tilfælde at bæreevnen ikke bliver tilstrækkelig).

Korrektionen betyder i praksis, at lastoplandet på søjlen i midten mellem dør og vindue er mindre end søjlens bredde fordi en stor del af vindpåvirkningen optages af de skrå brudlinier. Kræfterne vil overføres fra midten af vægfeltet til hjørneområderne gennem vridningsmomenter og forskydning i brystning og overligger.



Figur 5. Bestemmelse af den "ækvivalente tværlast"

Bestemmelse af bæreevnen som lodret belastet vægfelt

Herefter kan beregningen, hvor der tages hensyn til søjlevirkningen igangsættes. Denne foretages med modulet "Lodret belastede vægge", hvor den ækvivalente vindlast og den effektive lodrette last anvendes. I dette tilfælde $0,72 \text{ kN/m}^2$ og 54 kN/m .

Inputdata er angivet nedenstående i nedenstående figur

The screenshot shows a web browser window displaying the EC6design.com interface. The page title is "EC6design.com - Eksempel på fremgangsmåde". The user is logged in as "Bruger: pdc0921". The main navigation menu includes "Projekter", "Projektdata", "Fælles data", "Murværk (EN 1996-1-1)", "Porebeton (EN 12602)", "Opsætning", and "Statik". The current page is titled "Lodret belastet muret væg - 'Lodret belastet muret væg#1'".

The input data is organized into several sections:

- Regningsmæssige dimensioner:**
 - Væghøjde: 2,800 m
 - Bærende (aktuel) væg:
 - Længde: 1,288 m
 - Tykkelse: 168 mm
 - Eventuel formur:
 - Formurens tykkelse: 0 mm
- Karakteristiske materialeparametre:**
 - Bærende (aktuel) væg:
 - Trykstyrke: 5,80 MPa
 - Bøjningstrækstyrke: 0,21 MPa
 - Elasticitetsmodul: 2903 MPa
 - Densitet: 1800 kg/m³
 - Eventuel formur:
 - Formurens elasticitetsmodul: 2903 MPa
- Understøtningsforhold:**
 - Antal understøtninger: 2
- Regningsmæssige lastparametre på bærende væg alene:**
 - Lodret last, pos nedad: 54,0 kN/m
 - Topexcentricitetsinterval, min: 49 mm
 - Topexcentricitetsinterval, max: 84 mm
 - Bundexcentricitetsinterval, min: -80 mm
 - Bundexcentricitetsinterval, max: 80 mm
 - Tværlast (vind), pos mod venstre: 0,72 kN/m²

At the bottom of the form, there are buttons for "Gem", "Gem og gå til projektliste", "Rapport", "Spørgsmål", and "Hjælp".

Figur 6. Lodret belastet vægfelt

En beregning viser, at bæreevnen er tilstrækkelig

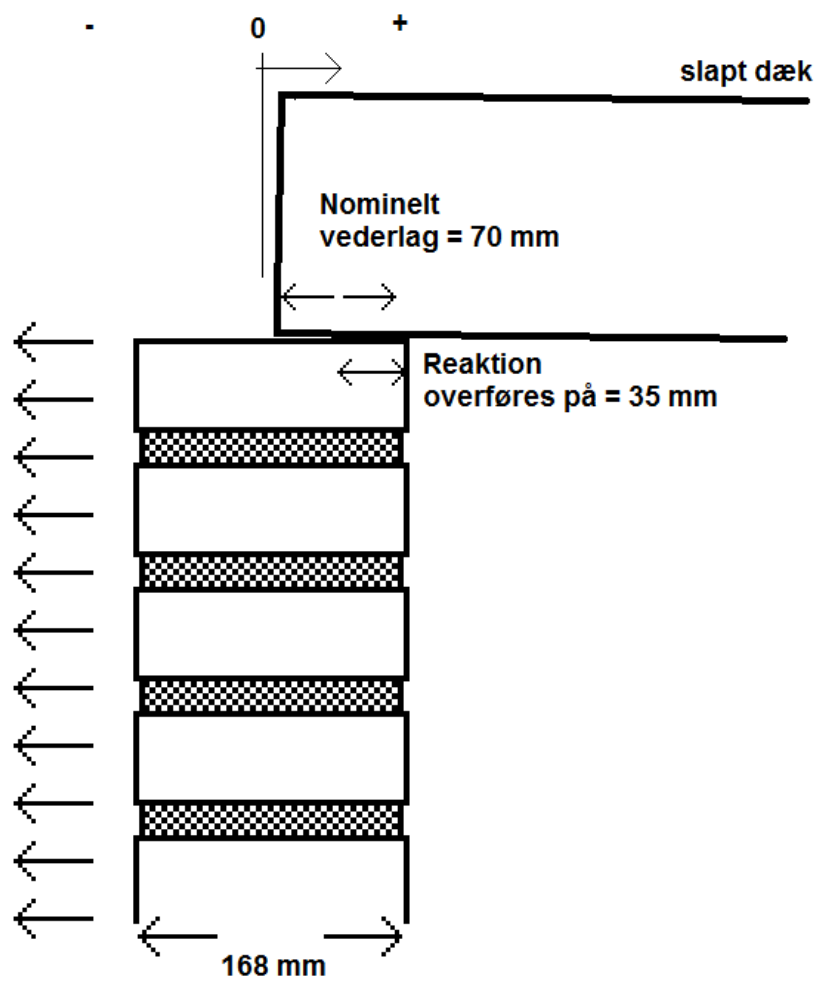
Følgende kommentarer knyttes til inputfeltet.

- Som *længde* vælges afstanden af vægfeltet mellem de 2 åbninger
- Formuren regnes ikke at give noget bidrag til den lodrette bæreevne og tykkelsen sættes til 0 mm. Kapaciteten af formuren er jo anvendt én gang i forbindelse med fordeling af vindlasterne. Såfremt formurens kapacitet ønskes medtaget som bidrag til den lodrette bæreevne kapacitet skal al vindlasten påsættes bagmuren. Erfaringsmæssigt bliver gennemregningen af vægfeltet som tværbelastet rektangulært vægfelt kritisk.

- *Trykstyrken* er formelt nedsat således at $E_{ok}/f_k \geq 500$. Dette skyldes, at det empiriske formelsæt udviklet til EN 1996 – 1 – 1 ikke er anvendeligt for lavere værdier af forholdet E_{ok}/f_k end 500. Det regnes konservativt at nedsætte trykstyrken.

- *Antal understøtninger* sættes her til 2, hvilket medfører at den fulde geometriske højde bliver lig med søjlelængden. Såfremt bæreevnen af vægfeltet ikke er tilstrækkelig, kan beregningen forfines ved at beregne den "nøjagtige" søjlelængde, hvor der tages hensyn til de aktuelle åbninger. Metoden er gennemgået her: http://www.mur-tag.dk/fileadmin/filer/Laerebog/laerebog_Afsnit_1-3_08-2008.pdf side 67, afsnit 3.6 Vægfeltet med flere åbninger. Rent praktisk etableres den manuelt beregnede søjlelængde ved at angive vægfeltet med samme højde (her 2,80 m) og angive vægfeltet som 4-sidet understøttet og inddatere en længde, der i beregningerne giver den manuelt fundne søjlelængde. Denne vil typisk være længere end det faktiske vægfelt, da der skal kompenseres for åbningerne med en større længde. Processen er iterativ og kræver nogle beregninger.

- Excentricitetsintervallet er illustreret på efterfølgende figur gennem forholdene i toppen. Excentricitetsintervallet angiver, hvor det er muligt for kræfterne/reaktioner at blive overført. Dvs i hvilken flade, der rent faktisk kan opstå spændinger mod de hosliggende konstruktionsdele. I væggens centerlinie er 0 – punktet indlagt. Vederlagsflade til højre hhv. venstre for 0 –punktet angives som positiv og negativ. Såfremt dækket/tagkonstruktionen er slapt, halveres den nominelle vederlagslængde. Dette forhold er illustreret på figuren. Dækket indlægges minimum 70 mm på væggen. Dækket vurderes som værende slapt. Den bredde hvorpå reaktionen kan overføres halveres til 35 mm. I programmet angives dette med min og max værdierne: 49 mm og 84 mm, hvor de 84 mm er helt ud til kanten af væggen ($\frac{1}{2} \times 168$) og 49 mm er 35 mm fratrukket max værdien. Ved bunden står væggen typisk på en stiv sokkel i fuld bredde. Her kan angives +/- t/2 som det maksimale. Vurdering af om dæk/tagkonstruktion er stiv kan gøres ud fra en ingeniørmæssig vurdering eller en beregning. En beregning foretages som angivet her: http://www.mur-tag.dk/fileadmin/filer/Laerebog/laerebog_Afsnit_1-3_08-2008.pdf side 50 afsnit 3.2 Excentriciteten



Figur 7. Excentricitetsinterval i top