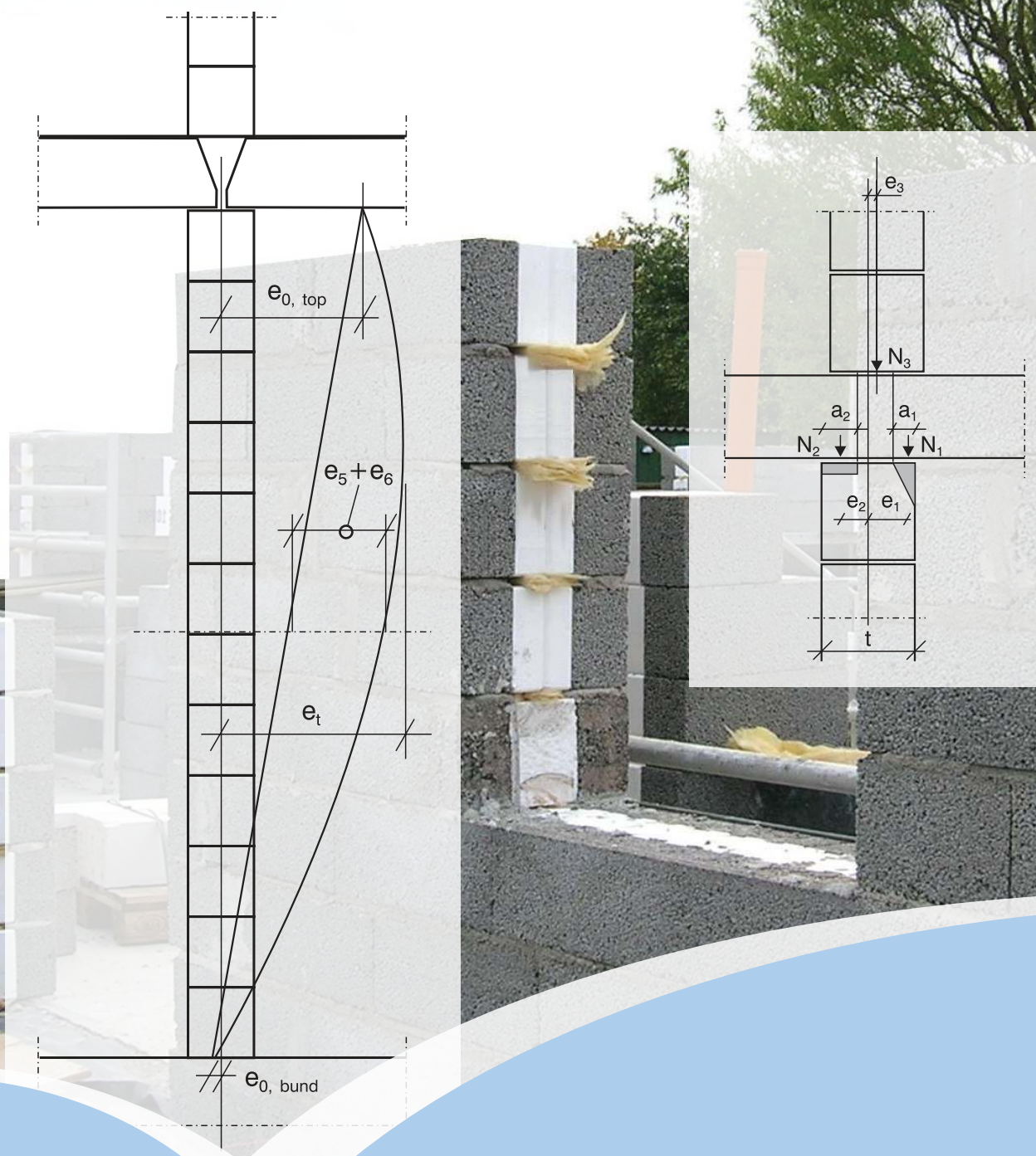


Letklinkerblokke

Dimensionering af murværk

September 2012
4. udgave
SfB (21) (22) Ff5



dansk  beton

BLOKGRUPPEN



Dimensionering af blokmurværk

2

Udgiver

Blokgruppen, Dansk Beton

Sekretariat:

Blokgruppen, Dansk Beton
Dansk Byggeri
Postboks 2125
1015 København K

Tlf.: 72 16 00 00

E-mail: info@blokgruppen.dk

De forskellige anvisninger i hæftet er primært udarbejdet som vejledende information til arkitekter og ingeniører i forbindelse med projektering af byggeri, hvor der anvendes letklinkerblokke. Ansvar for den konkrete projektering ligger hos den projekterende. Blokgruppen og medlemsvirksomhederne påtager sig således ikke noget juridisk ansvar i forbindelse med denne anvisnings informationer.

I Eurocode 6 er Ritterformlen udgået og erstattet af en anden formel. I det Danske tillæg DS/INF 167, supplerende vejledning for murværk er Ritterformlen indført for kombination af lodret og vandret last men ikke for lodret last alene. Murværksudvalget har imidlertid besluttet at genindføre Ritterformlen for lodret last og dette vil blive anført i et kommende tillæg til DS/INF 167.

I nærværende anvisning er Ritterformlen anvendt.

Anvisningen er udarbejdet af:

Ingholt Consult
Rådgivende Ingeniørfirma ApS

Layout og produktion:

Reklamebureauet SUM

September 2012

Forord

Gennem århundreder har man forsøgt sig med mange forskellige byggeformer. Man har altid været på jagt efter byggematerialer, der kunne forbedre – og måske forskønne – vore bygninger.

Danske arkitekter har en fremtrædende plads i bygningskunsten, mange bevaringsværdige bygninger vidner derom. Det er ikke kun herhjemme arkitekterne har gjort sig bemærket. Over hele jordkloden findes disse kunstværker.

Gennem adskillige år er der blevet anvendt letklinkerblokke. Anvendelsesmulighederne er mange. De bliver anvendt til søkler, kældervægge, ydervægge – såvel blanke som pudsede – og meget andet.

Materialevalg er en væsentlig del af et smukt byggeri, og arkitekter har da også set de mange spændende muligheder, der ligger i letklinkerblokkenes mange formater og deres rustikke udseende. Samtidig er letklinkerblokkene lette at håndtere og indpasse i ethvert byggeri.

Med nærværende publikation har Blokgruppen, en gruppe i Dansk Beton, ønsket at udbrede kendskabet til – og fremme anvendelsen af – letklinkerblokke. Det er vort håb, at vejledningen må blive et nyttigt værktøj i projekteringsfasen.

Nærværende 4. udgave er en revision af 3. udgave for at bringe anvisningen i overensstemmelse med Eurocode. Der henvises i øvrigt til Blokgruppens hjemmeside:

www.blokgruppen.dk



Isolerende, fleksibelt, stærkt og uforgængeligt - det er blot nogle af de gode grunde, der er til, at du skal anvende letklinkerblokke.

Du kan være sikker på, at blokkene også i fremtiden vil være blandt de bedste byggematerialer i det danske byggeri, for vi arbejder til stadighed på, at blokkene skal blive endnu mere bæredygtige - til gavn for byggeriet, miljøet og de fremtidige generationer.



Indholdsfortegnelse

	Side
1. Generelle oplysninger	4
1.1 Anvendelsesområde	4
1.2 Bloktyper	4
1.3 Mørtel	4
1.4 Materialeværdier	5
1.5 Udførelse	5
1.6 Brand	6
1.7 Lyd	6
1.8 Varmeisolering	6
1.9 Specialprodukter	6
1.10 Overfladebehandling	7
1.11 Skillevægge	8
2. Bæreevne	9
2.1 Forudsætninger	9
2.2 Styrkeforhold	9
2.3 Effektive murværksdimensioner	10
2.4 Lodret bæreevne	12
2.5 Vandret bæreevne	16
2.6 Kombination af lodret og vandret bæreevne	20
3. Beregningseksempler	24
4. Stabilitet	26
Blokgruppen medlemsoversigt	27
Blokgruppen, Dansk Beton	Bagside

Diagramoversigt

	Side
Lodret bæreevne af massiv blokmur:	
Diagram 1: $t = 100$ mm	14
Diagram 2: $t = 120$ mm	14
Diagram 3: $t = 150$ mm	14
Diagram 4: $t = 190$ mm	14
Diagram 5: $t = 230$ mm	15
Diagram 6: $t = 290$ mm	15
Diagram 7: $t = 330$ mm	15
Diagram 8: $t = 350$ mm	15
Diagram 9: $t = 390$ mm	15
Vandret bæreevne af massiv blokmur:	
Diagram 10: 4-sidig understøtning	17
Diagram 11: 4-sidig understøtning	17
Diagram 12: 4-sidig understøtning	17
Diagram 13: 3-sidig understøtning	18
Diagram 14: 3-sidig understøtning	18
Diagram 15: 3-sidig understøtning	18
Diagram 16: Væg fri foroven	19
Diagram 17: Væg fri foroven	19
Diagram 18: Væg fri foroven	19
Kombination af lodret og vandret bæreevne:	
Diagram 19: Momentfaktor	21
Diagram 20: Momentfaktor	21
Diagram 21: Momentfaktor	21
Diagram 22: M-N-diagram: $t = 100$ mm	22
Diagram 23: M-N-diagram: $t = 120$ mm	22
Diagram 24: M-N-diagram: $t = 150$ mm	22
Diagram 25: M-N-diagram: $t = 190$ mm	22
Diagram 26: M-N-diagram: $t = 230$ mm	23
Diagram 27: M-N-diagram: $t = 290$ mm	23
Diagram 28: M-N-diagram: $t = 330$ mm	23
Diagram 29: M-N-diagram: $t = 350$ mm	23
Diagram 30: M-N-diagram: $t = 390$ mm	23

1.1 Anvendelsesområde

Denne projekteringsanvisning for letklinkerblokke omfatter beregningsprincipper og diagrammer til bestemmelse af lodret og vandret bæreevne af blokmurværk anvendt til skillevægge, bagmure, hulmure, kælderydervægge og fundamenter.

Beregningsprincipper for afstivende og stabiliserende vægge berøres kun kort.

Det forudsættes, at brugeren af projekteringsanvisningen har den fornødne tekniske indsigt samt har kendskab til Dansk Standards normer og kan vurdere de fremkomne resultater.

1.2 Bloktyper

Letklinkerblokke fremstilles af letklinker, cement, vand og evt. sand.

Letklinker består af plastisk ler ekspanderet ved brænding i roterende ovne. I Danmark fremstilles letklinker af Weber. Letklinker til blokke har en densitet på ca. 230 - 590 kg/m³.

Kontrol

Blokkene fremstilles på fabrikker, der alle er certificeret i henhold til standard DS/EN 771-3.

Blokkene kontrolleres svarende til byggesten, kategori 1.

CE-mærkning

Blokkene er CE-mærket i henhold til DS/EN 771-3.

Blokklasser

Blokstyrker skal deklareres på basis af enten en 5 % fraktil eller en 50 % fraktil. Det betyder at samme basistrykstyrke for murværket kan opnås med 2 forskellige blokstyrker, som angivet i tabel 1.2.1.

Murværkets basistrykstyrke, MPa	Deklareret trykstyrke, MPa	
	50% fraktil	5% fraktil
2,3	3,0	2,6
3,8	5,0	4,3

Tabel 1.2.1

Begrebet blokklasse hænger således ikke entydigt sammen med murværkets basistrykstyrke. Derfor er begrebet blokklasse i denne anvisning relateret til blokkenes densitet, jvf tabel 1.2.2.

Densitet kg/m ³	Blokklasse	Murværkets basistrykstyrke, MPa
600	600	2,3
800	800	3,8

Tabel 1.2.2

Blokklasse 600

Densitet: 600 kg/m³

Basistrykstyrke: 2,3 MPa

Mærkning: Ingen særlig mærkning

Formater (basismål):

Længde, mm	Højde, mm	Bredde, mm
490	190	100, 120, 150, 190, 230, 290, 330, 350, 390
248	190	390

Tabel 1.2.3

Blokklasse 800

Densitet: 800 kg/m³

Basistrykstyrke: 3,8 MPa

Mærkning: Blokken er mærket med 2 riller i liggefladen i blokkens længderetning

Formater (basismål):

Længde, mm	Højde, mm	Bredde, mm
490	190	120, 150, 190, 230

Tabel 1.2.4

Standardblokke og specialprodukter

Ud over standardblokkene fremstilles forskellige specialprodukter som termblokke, rilleblokke, mursten, dræn-/isoleringsplader, overliggere og skillevægspalder.

1.3 Mørtel

Mørtel til murværk af letklinkerblokke skal vælges ud fra den største påvirkning, det aktuelle murværk udsættes for. Her kan også forhold som forankring af fugearmering og bindere, miljømæssig eksponering samt svind-svelning være afgørende faktorer.

Mørtler til opmuring af blokke opdeles i 2 typer: receptmørtel og funktionsmørtel. Begge typer kan principielt leveres som enten fabriksfremstillede eller blandes helt eller delvist på byggeplads. Kontrolkravene til funktionsmørtel er dog så omfattende, at denne type i praksis kun fremstilles som fabriksmørtel.

Mørtels trykstyrke måles og defineres forskelligt, afhængigt af det dominerende bindemiddel. Trykstyrken af kalkrige mørtler betegnes ML (MPa), mens trykstyrken af cementrige mørtler benævnes MC (MPa). Styrken af ML-mørtler skal være det dobbelte af MC -mørtler. Mørtelstyrken bestemmes i henhold til DS/EN 1015-11

Receptmørtel deklareres med sammensætning af bindemidler, tilslagsmaterialer og evt. tilsætningsstoffer, og de tilhørende styrkeegenskaber kan enten aflæses direkte i Eurocode 6 og DS/INF 167: 2010 (dog forudsat uden tilsætningsstoffer) eller oplyses som supplement til producentens deklaration (producentens egen CE-mærkning).

Hvis mørtelproducenten er i stand til at opnå bedre vær-

dier end normens vejledende styrker, kan de højere styrker også indgå i en supplerende varedeklaration. Der skal så foretages løbende målinger af trykstyrke i fabrikkens eget kontrolsystem (FPC) og resultaterne behandles med statistiske metoder.

Tabel 1.3.1

Uddrag af DS/INF 167:2010

Blandingsforhold	Mørteltrykstyrke (f_m) MPa
KC 35/65/650	MC 2,0
KC 20/80/550	MC 4,5

Tabel 1.3.1

Funktionsmørtel er forsynet med en 3. partskontrolleret deklARATION (certificeret CE-mærkning) af alle betydende egenskaber, herunder mørtlens trykstyrke.

Følgende styrkekrav til mørtler indgår som forudsætning for denne dimensioneringsanvisning og de efterfølgende tabeller og diagrammer:

Tabel 1.3.2 (Diagram 1-9)

Styrkekrav til mørtel i murværk hvor murværkets bøjnings-trækstyrke IKKE udnyttes:

Blokkklasse	Murværkets basistrukstyrke (f_k) MPa	Min. mørteltrykstyrke (f_m) MPa
600	2,3	MC 1,2
800	3,8	MC 1,9

Tabel 1.3.2

Tabel 1.3.3 (Diagram 10-30)

Styrkekrav til mørtel i murværk, der er forskydnings- eller bøjningspåvirket, herunder momenter fra excentrisk last, samt uarmerede kælderydervægge.

Blok-klasse	Murværkets basistrukstyrke (f_k) MPa	Min. mørteltrykstyrke (f_m) MPa	Bøjningstrækstyrke	
			Om liggefuger (f_{xk1}) MPa	Om studs-fuger (f_{xk2}) MPa
600	2,3	MC 3,5	0,20	0,45
800	3,8	MC 3,5	0,20	0,45

Tabel 1.3.3

For mørtel med tilsætningsstoffer skal murværkets bøjningstrækstyrke være dokumenteret.

1.4 Materialeverdier

Letklinkerblokke deklarerer som byggesten i kategori 1, d.v.s. blokke, der leveres med en deklareret trykstyrke, hvis svigtsandsynlighed ikke overstiger 5%. Murværk af letklinkerblokke har følgende vejledende egenskaber:

Blokkklasse			600	800
Basistrukstyrke	f_k	MPa	2,3	3,8
Elasticitetsmodul	E_{OK}	MPa	2300	3800
Temperaturudvidelseskoefficient	α_t	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	$8 \cdot 10^{-6}$	
Bygningssvind ¹⁾		mm per m (‰)	0,55	
Reversibel fugtbevægelse ²⁾		mm per m (‰)	0,10	
Langtidskrybetallet	φ_{∞}	-	2,0	
Langtidsmodul ³⁾	E_{longterm}	MPa	800	1300
Forskydningsmodul ⁴⁾	G	MPa	900	1500

Tabel 1.4.1

- Længdeændring fra fugtindhold ved levering til ligevægt ved 23 °C og 43 % RF.
- Længdeændring fra ligevægt ved 23 °C og 43 % RF til fugtindholdet efter 3 døgn ved 23 °C og 90 % RF.
- Langtidsmodulet $E_{\text{Longterm}} = \frac{E}{1 + \varphi_{\infty}}$
- Forskydningsmodulet $G = 0,40 \cdot E$

1.5 Udførelse

Fuger

Blokmurværk, der dimensioneres i henhold til denne anvisning, opmures med en fugetykkelse på 10 mm. Opmuring skal foretages i normal kontrolklasse:

Blokmurværk skal opmures i forbandt, således at studs-fuger i to på hinanden følgende skifter forskydes mindst 76 mm. Studsfuger kan udføres som 2-3 mm limfuger med en vedhæftningsstyrke på mindst 0,29 MPa

Alle bæreevner, der i det følgende er opgivet for 150 mm og smallere mure, forudsætter opmuring med fyldte fuger i hele blokkens bredde.

For blokmurværk opført af blokke med tykkelse på mindst 190 mm tillades en indtil 50 mm bred mørtelfri zone f.eks. i forbindelse med en indlagt varmeisoleringsstrimmel. Den lodrette bæreevne reduceres i disse tilfælde svarende til reduktionen i tværsnitsarealet, hvorimod den vandrette bøjnings-bæreevne ikke reduceres. Kurverne i diagrammerne for lodret bæreevne er reduceret svarende til den mørtelfri zone.

Hule mure

Hule mure og trådbindere dimensioneres i henhold til programmet "Murværksprojektering" fra Teknologisk Institut, Murværk. Hule mure skal forsynes med rustfaste trådbindere i henhold til Eurocode 6 og SBI-anvisning 157.

Fugearmering

For at forebygge revner som følge af bygningssvind og temperaturbevægelser indlægges en gennemgående armering i hvert 3. skiftes liggefuge. Tilsvarende armering lægges i fugerne 1. skifte under og 1. skifte over muråbninger, samt under væggen øverste skifte.

Generelle oplysninger

Formur i hule mure armeres for hvert andet skifte. Høje sokler over terræn, som er en del af den hule mur, armeres for hvert skifte.

Armeringen udføres i 100 mm, 120 mm og 150 mm mure af 1 stk. bi-stål 40 eller stål med en tilsvarende forankringsevne. I 190 mm og tykkere mure lægges 2 stk. i hver af de armerede fuger. Armeringen skal være korrosionsfast i den eksponeringsklasse som blokmurværket befinder sig i. Armeringen placeres mindst 30 mm fra blokkant og trykkes ned i mørtlen.

Dilatationsfuger

Der skal placeres dilatationsfuger i et sådant omfang, at temperatur- og fugtbevægelser kan foregå uden, der opstår svækkende revnedannelser. For murværk af letklinkerblokke anbefales følgende maksimale afstande mellem dilatationsfugerne:

Indvendigt blokmurværk: 10 m

Udvendigt blokmurværk: 8 m

1.6 Brand

Letklinkerblokvægge har gode brandtekniske egenskaber, da de er klassificeret som ubrændbart klasse A1 materiale

Brandadskillende ikke bærende vægge

Vægge opført af letklinkerblokke som ikke bærende, brandadskillende vægge kan opføres i henhold til tabel 1.6.1. Det forudsættes, at fuger og samlinger udføres korrekt, og at væggene er pudsede på begge sider.

	EI 60 A2-s1,d0 (BS 60)	EI 120 A2-s1,d0 (BS 120)
Vægtykkelse	Maks. højde, m	Maks. højde, m
100 mm	3,00	-
120 mm	3,60	2,50
150 mm	4,50	3,50
190 mm	5,00	4,00
230 mm	6,00	5,00
290 mm	7,00	6,00

Tabel 1.6.1

For brandadskillende bærende vægge henvises til vor publikation "Blokmurværk og brand", der kan bestilles fra hjemmesiden – www.blokkgruppen.dk

1.7 Lyd

Letklinkerblokvægge med densitet 600 kg/m³ har med pudset overflade i henhold til SBI-anvisning 172 "Bygningers lydisolering, nyere bygninger" følgende luftlydisoleringsegenskaber for enkeltvægge:

Vægtykkelse, mm	Luftlydisolering, R _w dB
100	35
150	40

Tabel 1.7.1

1.8 Varmeisolering

Letklinkerblokke har gode isoleringsegenskaber. Design varmeisoleringssevne for letklinkerblokke og murværk af letklinkerblokke.

Blok- klasse	Design varmeledningsevne, λ [W/mK]			
	Udvendig mur		Indvendig mur	
	Blokke alene	Murværk inkl. mørtel	Blokke alene	Murværk inkl. mørtel
600	0,18	0,23	0,17	0,22
800	0,25	0,30	0,24	0,28

Tabel 1.8.1

Vedrørende U-værdier for forskellige vægtyper henvises til brochurer fra de forskellige leverandører.

1.9 Specialprodukter

Letklinkermursten

Letklinkermursten leveres med følgende egenskaber:

Mål: 110 × 230 × 55 mm

Densitet: 800 kg/m³

Byggesten: Kategori 1.

Basistrykstyrken for letklinkermursten bestemmes i henhold til Eurocode 6, afsnit 3.6.1.2.

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

K = Konstant i henhold til normens tabel 3.3.

Letklinkermursten tilhører gruppe 1 og hermed er K = 0,55

f_b : Normaliseret middeltrykstyrke af byggestenene.

Deklareres som f_b = 4,2 MPa

f_m : Mørtelstyrken.

Letklinkermursten skal opmures i mørtel med trykstyrke på mindst MC 4,5. (fx KC 20/80/550, jf. DS/INF 167:2010, afsnit 3.3.2 tabel 1).

f_m = 4,5 MPa.

Heraf fås murværkets basistrykstyrke:

$$f_k = 0,55 \cdot 4,2^{0,7} \cdot 4,5^{0,3} = 2,3 \text{ MPa.}$$

Letklinkermursten anvendes normalt som tilpasningselementer i letklinkersokler o.lign. Bæreevnen kan på den sikre side findes ud fra diagrammerne for 100 mm blokke (Diagram 1).

Termblokke

Termblokke leveres i tykkelserne 330 mm, 350 mm, 390 mm, 450 mm og 490 mm, der består af letklinkerbeton med en kerne af polystyrenisolering.

Letklinkerbetonvangerne har følgende egenskaber:

Basistrykstyrke: f_k = 2,3 MPa

Densitet: 600 kg/m³

Byggesten: Kategori 1.

Vægge opmuret af termblokke beregnes som hule mure. For detaljerede mål henvises til producenterne.

Rilleblokke

Rilleblokke leveres i tykkelserne 350 mm og 390 mm. Blokkene er forsynet med 2 langsgående riller beregnet for ilægning af armering, der omstøbes.

Rilleblokkene anvendes normalt til kælderydervægge, og væggene beregnes som armeret murværk i henhold til producentens anvisning.

Rilleblokkenes egenskaber:

Basistrykstyrke: $f_k = 2,3 \text{ MPa}$

Densitet: 600 kg/m^3

Byggesten: Kategori 1.

Mål:

Længde, mm	Højde, mm	Bredde, mm
490	190	350
248	190	390

Tabel 1.9.1

Overligger

Overligger leveres til de fleste blokbredder.

Overligger fremstilles i let konstruktionsbeton med følgende egenskaber:

Karakteristisk trykstyrke: $f_{ck} = 16 \text{ MPa}$

Densitetsklasse: $1400\text{-}1600 \text{ kg/m}^3$

Bæreevne beregnes i henhold til Eurocode 2.

Se også vores anvisning: Murbjælker med Letklinker - LKB Murbjælker - Dimensionering, der kan rekvireres på vores hjemmeside www.blokgruppen.dk

1.10 Overfladebehandling

Pudsbehandlinger

Pudsbehandlinger kan udføres som tyndlags-behandlinger, ét-lagsbehandlinger eller flerlags-behandlinger.

Tyndlagsbehandlinger

Tyndlagsbehandlinger har ringe mekanisk styrke. De bør derfor kun anvendes på indvendige vægge, hvor der ikke er krav til lufttæthed, og udvendigt på bygninger, hvor de miljømæssige og mekaniske påvirkninger er svage – f.eks. opnået ved beskyttet beliggenhed og god konstruktiv beskyttelse af vægfladerne.

Ét-lagsbehandlinger

Ét-lagsbehandlinger har en begrænset modstandsevne overfor fugt- og temperaturpåvirkninger og medfører en øget tendens til fugeaftegninger på vægfladen. De bør derfor kun anvendes i passivt og moderat miljø. Udvendigt er det fortrinsvis på bygninger med beskyttet beliggenhed og god konstruktiv beskyttelse af vægfladerne. Indvendigt i forholdsvis tørre lokaler, hvor væggene ikke udsættes for mekanisk påvirkning, eller hvor der ikke er krav til lufttæthed.

Flerlagsbehandlinger

Flerlagsbehandlinger, der omfatter grundingslag, grovpuds og evt. slutpuds, kan "skræddersyes" til forskellige mekaniske og miljømæssige påvirkninger.

Grundingslag (udkast) udføres af 3 årsager:

- 1) for at skabe en optimal vedhæftning til letklinkerblokken.
- 2) for at sikre et ensartet og jævnt sugende underlag for det efterfølgende grovpudslag.
- 3) for at indbygge et fugtstandsende lag – en slagregnsbarriere, som samtidig forhindrer fugeaftegning.

På vægflader, som udsættes for slagregn, og på vægflader ved terræn, bør grundingslaget altid være heldækkende.

Grovpudslaget påføres som "krop" i pudsbehandlingen for at give tykkelse, styrke og beskyttelse mod vejrliget. Endvidere for at sikre en ensartet vægflade i lod og stok. Lagtykkelsen vil derfor typisk være op til 12 mm.

Grovpudslaget har, som det tykkeste lag i behandlingen, afgørende betydning for behandlingens modstandsevne mod fugt- og temperaturspændinger, samt for størrelsen af de svindkræfter, der skal overføres til grundingslaget.

Slutpuds vælges ud fra æstetiske hensyn, men danner samtidig den første barriere i behandlingen mod slagregn.

En mere detaljeret beskrivelse fås i vores anvisning: Letklinkerblokke - Overfladebehandling, der kan rekvireres fra vores hjemmeside – www.blokgruppen.dk.



1.11 Skillevægge

Indvendige ikke bærende skillevægge kan udføres i feltlængder som angivet i tabel 1.11.1 og 1.11.2.

I tabellerne er indsat en maksimal væglængde på 10 m.

Ved anvendelse af større feltlængder må der foretages en beregning i hvert enkelt tilfælde, og der bør tages hensyn til svind og temperaturbevægelser.

For at væggene kan regnes understøttet, skal de mures i forbandt i hjørnerne, og den støttende væg skal have tilstrækkelig stivhed og være mindst 1,0 m bred.

Vægge, der er forsynet med døre, kan regnes som tresidig understøttede vægge.

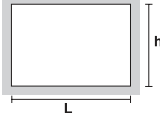
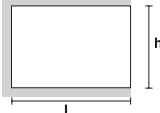
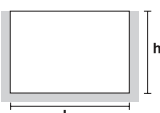
Forudsætninger for tabellerne:

- Indvendig vindlast efter Eurocode 1.
- Bygninger beliggende i terrænkategori III eller IV svarende til forstads- og industriområder samt byområder.
- c-faktor for indvendig vindlast 0,4.
- Det forudsættes, at der ikke findes dominerende åbninger i ydervæggene.
- Vægge opmuret i mindst blokkklasse 600 (basistrykstyrke 2,3 MPa) og i mørtel med trykstyrke på mindst MC 3,5 MPa eller ML 7,0 MPa (fx KC 20/80/550, jf. tabel 1.3.1 side 5)
- Tabel 1.11.1 er gældende for lavt byggeri med højde op til 8 meter over terræn, med de nødvendige afstivninger fra indskudt tagfod eller afstivende etageadskillelse.
- Tabel 1.11.2 er gældende for industri- eller etagebyggeri med en højde op til 16 meter over terræn og med en eller flere indskudte etageadskillelser som vandret afstivning.

For vægge opmuret i mørtel med trykstyrke på mindst MC 1,2 MPa eller ML 2,3 MPa (fx KC 35/65/650, jf. tabel 1.3.1 side 5) reduceres feltlængderne i tabellerne 1.11.1 og 1.11.2 med faktoren 0,60.

Huse 0-8 m højde

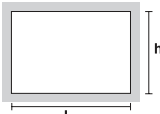
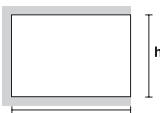

Feltlængder (L) i m

	Vægtykkelse, mm	Vægghøjde (h), m		
		2,5	3,0	3,5
Firesidig understøttet væg 	100	5,0	4,0	-
	120	8,5	6,0	5,0
	150	10,0	10,0	8,0
	190	10,0	10,0	10,0
	230	10,0	10,0	10,0
	290	10,0	10,0	10,0
Tresidig understøttet væg 	100	2,0	1,5	-
	120	4,5	2,0	1,0
	150	10,0	6,0	2,5
	190	10,0	10,0	10,0
	230	10,0	10,0	10,0
	290	10,0	10,0	10,0
Væg fri foroven 	100	3,0	2,5	-
	120	4,0	3,5	3,0
	150	5,5	5,0	4,5
	190	7,0	6,5	6,0
	230	8,5	8,0	7,5
	290	10,0	10,0	10,0

Tabel 1.11.1

Huse 0-16 m højde

Feltlængder (L) i m

	Vægtykkelse, mm	Vægghøjde (h), m		
		3,0	4,0	5,0
Firesidig understøttet væg 	150	8,8	5,7	4,8
	190	10,0	10,0	7,3
	230	10,0	10,0	10,0
	290	10,0	10,0	10,0
	350	10,0	10,0	10,0
	350	10,0	10,0	10,0
Tresidig understøttet væg 	150	3,4	3,0	2,9
	190	5,3	4,4	4,0
	230	7,2	5,6	5,0
	290	10,0	8,5	7,1
	350	10,0	10,0	10,0
	350	10,0	10,0	10,0
Væg fri foroven 	150	3,0	2,5	2,2
	190	5,8	3,9	3,3
	230	8,5	5,5	4,3
	290	10,0	10,0	7,0
	350	10,0	10,0	10,0
	350	10,0	10,0	10,0

Tabel 1.11.2

2.1 Forudsætninger

Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner DS/EN: 1990, 2007.

Nationalt Anneks DK NA: 2010
Tillæg 1. DK NA: 2010.

Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner DS/EN 1991, 2007.

Nationalt Anneks DK NA: 2010.
Tillæg 1. DK NA: 2010.

Eurocode 6: Murværkskonstruktioner. DS/EN 1996, 2006.
Nationalt Anneks DK NA: 2008.
Tillæg 1. DK NA 2008.

DS/INF 167: Supplerende vejledning for murværk i forbindelse med brug af Eurocode 6. 2. udgave 2010.

Murværk. Beregningsmetoder. Murfagets oplysningsråd, 1987.

Murværk. Konstruktioner i småhuse. Kalk- og Teglværkslaboratoriet, 1987.

Trådbindere til forankring af skalmure og hulmure, SBI-anvisning 157, 1989.

Småhuse. SBI-anvisning 189, 1998.

Forskrifter for byggesten til murværk – Del 3: Betonbyggesten (tunge og lette tilslagsmaterialer), DS/EN 771-3.



2.2 Styrkeforhold, letklinkerblokke

Partialkoefficienter

Alle tabeller i det følgende er beregnet under forudsætning af normal sikkerhedsklasse og normal kontrol.

$\gamma_c = 1,60$ murværks trykstyrke og E-modul for kategori 1 byggesten

$\gamma_c = 1,45$ armeret murværks trykstyrke og E-modul

$\gamma_c = 1,70$ murværks bøjningstrækstyrke

$\gamma_c = 1,20$ armeringsstyrker og E-modul

$\gamma_c = 1,70$ armerings vedhæfningsstyrke

$\gamma_c = 1,70$ kohæsion

$\gamma_c = 1,30$ friktionskoefficienter

Basistrykstyrker

f_k : Karakteristisk basistrykstyrke

f_d : Regningsmæssig basistrykstyrke

Blokkklasse	600	800
f_k (MPa)	2,3	3,8
f_d (MPa)	1,44	2,38

Tabel 2.2.1

I tabel 2.2.1 er forudsat mørtler som anført i tabel 1.3.2. side 5.

Bøjningstrækstyrker

f_{xk1} og f_{xk2} : Karakteristisk bøjningstrækstyrke i henholdsvis ligge- og studsfluger.

f_{xd1} og f_{xd2} : Regningsmæssig bøjningstrækstyrke i henholdsvis ligge- og studsfluger.

Blokkklasse	600	800
Basistrykstyrke (MPa)	2,3	3,8
f_{xk1} (MPa)	0,20	0,20
f_{xd1} (MPa)	0,12	0,12
f_{xk2} (MPa)	0,45	0,45
f_{xd2} (MPa)	0,26	0,26

Tabel 2.2.2

I tabel 2.2.2 er forudsat mørtler som anført i afsnit 1.3.3 side 5.

Elasticitetsmoduler

E_{ok} : Karakteristisk elasticitetsmodul

E_{od} : Regningsmæssig elasticitetsmodul

Blokkklasse	600	800
Basistrykstyrke (MPa)	2,3	3,8
E_{ok} (MPa)	2300	3800
E_{od} (MPa)	1437	2375

Tabel 2.2.3

Forskydningsstyrker

f_{vk} = karakteristisk forskydningsstyrke

f_{vd} = regningsmæssig forskydningsstyrke

σ = normal trykspænding

μ = friktionskoefficient

f_{vko} = karakteristisk initial forskydningsstyrke (kohæsion)

Den regningsmæssige forskydningspænding i liggefugen må maksimalt andrage: Se DS/INF 167 side 7

$$f_{vd} \leq \frac{\mu_k}{\gamma_c} \cdot \sigma + \frac{f_{vko}}{\gamma_c}$$

dog maksimalt:

Blokkklasse 600: $f_{vd, \max} = 0,60$

Blokkklasse 800: $f_{vd, \max} = 1,00$

Værdier fra DS/INF 167

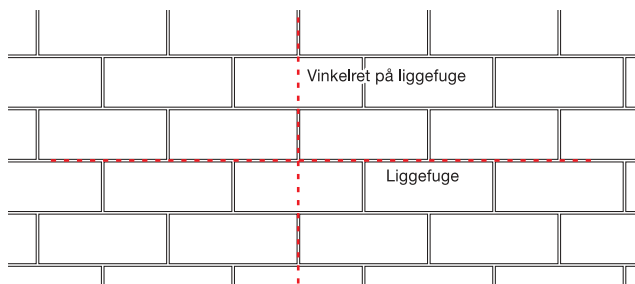
Fugetype	Karakteristiske værdier	
	μ_k	f_{vko}
Mørtelfuge ($f_m < 0,5$ MPa)	0,6	0,20
Mørtelfuge ($f_m \geq 0,5$ MPa)	1,0	0,20
Mørtelfuge (til ugunst)	2,0	0,50
Mørtelfuge på fugtspærre	0,4	0,00
Mørtelfuge på fugtspærre (til ugunst)	0,7	0,03

Tabel 2.2.4

Værdier fra forsøg på Teknologisk Institut

Fugetype	Karakteristiske værdier	
	μ_k	f_{vko}
Mørtelfuge på murpap på glat fundament	0,49	0
Mørtelfuge på murpap på letklinkerblokke	0,44	0
Mørtelfuge på murpap på kostet beton	0,31	0
Mørtelfuge på plastfolie på letklinkerblokke	0,62	0

Tabel 2.2.5



Forskydningsstyrken vinkelret på liggefugerne findes ved at lægge et snit gennem studsfiger, og kun bidrag fra blokke medregnes.

$$f_{vd} \leq f_{vd, \max}$$

2.3 Effektive murværksdimensioner

Pillebredder

Det regningsmæssige tværsnit til brug ved bæreevneundersøgelser bestemmes svarende til basismålene for blokkene. Ved fugedybde over 3 mm skal tværsnittet reduceres.

Blokmurværk må ikke regnes bærende, såfremt tværsnittet $A \leq 0,04$ m².

For murværk med $A \leq 0,100$ m² skal trykstyrker, elasticitetsmoduler og vedhæftningsstyrker reduceres med faktoren $R_1 = 0,7 + 3 \cdot A$.

Bloktykkelse mm	Minimum væglængde med styrkereduktion, mm	Minimum væglængde uden styrkereduktion, mm
100	400	1000
120	333	833
150	267	667
190	245	526
230	245	435

Tabel 2.3.1

For letklinkervægge bør kun anvendes væglængder over 245 mm svarende til min. ½ bloklængde.

Slankhedsforhold

Slankhedsforholdet h_{ef}/t_{ef} må for trykpåvirkede uarmerede blokvægge ikke være større end 27.

h_{ef} = væggenes effektive højde (søjlelængde)

t_{ef} = væggenes effektive tykkelse

I tabel 2.3.2 er angivet den maksimale væghøjde h_{ef} for forskellige regningsmæssige vægtykkelser.

t_{ef} , mm	h_{ef} , mm
100	≤ 2700
120	≤ 3240
150	≤ 4050
190	≤ 5130
230	≤ 6210

Tabel 2.3.2

For dobbeltvægge:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} \cdot t_1^3 + t_2^3}$$

$$k_{tef} = \frac{E_1}{E_2}$$

t_1 = tykkelsen på ikke bærende formur dog maks. samme tykkelse som t_2

t_2 = tykkelsen på bærende bagmur

Effektiv væghøjde

$$h_{ef} = p_n \cdot h$$

h = væggenes frie højde

p_n = reduktionsfaktor

$p_2 = 0,75$ ved betondæk med excentricitet $< 0,25 \cdot t$

$p_2 = 1,00$ ved betondæk med excentricitet $> 0,25 \cdot t$

$p_2 = 1,00$ ved træbjælkelag

For væg understøttet af 1 lodret kant:

$$h \leq 3,5 \cdot L$$

$$p_3 = \frac{1}{1 + \left(\frac{p_2 \cdot h}{3 \cdot L}\right)^2} \cdot p_2$$

$$h > 3,5 \cdot L$$

$$p_3 = \frac{1,5 \cdot L}{h} \geq 0,3$$

For væg understøttet af 2 lodrette kanter:

$$h \leq 1,15 \cdot L$$

$$p_4 = \frac{1}{1 + \left(\frac{p_2 \cdot h}{L}\right)^2} \cdot p_2$$

$$h > 1,15 \cdot L$$

$$p_4 = \frac{0,5 \cdot L}{h}$$

L : Længde af væg (væggens længde mellem andre vægge, mellem en væg og en åbning eller mellem åbninger).

Vederlagstryk

Koncentreret last på vederlag N_{Edc} skal være mindre end murens bæreevne N_{Rdc} .

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d$$

$$\beta = \left(1 + 0,3 \cdot \frac{a_1}{h_c}\right) \cdot \left(1,5 - 1,1 \cdot \frac{A_b}{A_{ef}}\right)$$

$$1,0 \leq \beta \leq 1,5$$

a_1 er afstanden fra murens ende til den nærmeste kant af det belaste areal.

h_c er højden af muren i niveau med lasten

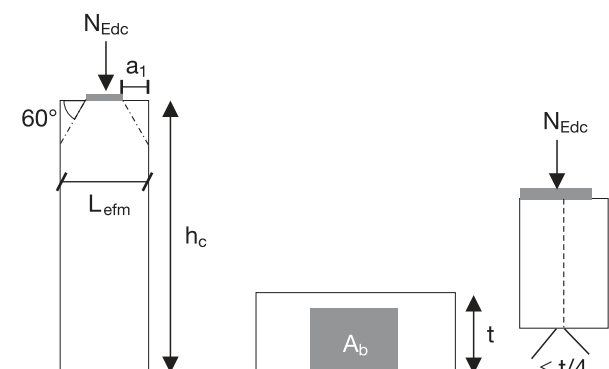
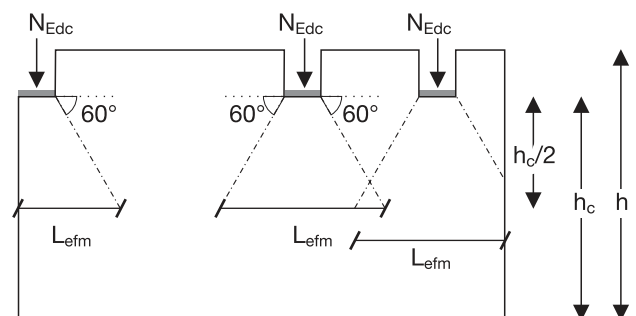
A_b er det belastede areal

A_{ef} er det effektive vederlagsareal dvs. $l_{efm} \cdot t$

l_{efm} er den effektive længde af vederlaget bestemt midt på murens eller pillens højde.

t er murens tykkelse, idet der tages hensyn til dybden af udsparringer i fuger, der er større end 5 mm

$\frac{A_b}{A_{ef}}$ må ikke sættes større end 0,45



2.4 Lodret bæreevne

Ved bestemmelse af bæreevnen skal der tages hensyn til optrædende momenter og excentriciteter og deres indflydelse på konstruktionens udknækning om begge hovedakser.

Den regningsmæssige lodrette last N_{Ed} skal være mindre end den regningsmæssige bæreevne R_{Rd} af blok-murværket bestemt ved følgende:

$$N_{Rd} = k_s \cdot k_t \cdot f_d \cdot b \cdot (t - 2e_t)$$

$$k_s = \frac{1}{1 + \frac{12}{k_r \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef} - 2e_t} \right)^2}$$

$k_t = 0,9$ for massive mure med $t_d > 90$ mm.

b: Bredde af væg

h_{ef} : Søjlelængde

e_t : Resulterende excentricitet i tykkelsesretningen

t: Den regningsmæssige murtykkelse, (tværsnittet for fugedybder mindre end 3 mm. Ved fugedybder over 3 mm fratrækkes hele fugedybden).

For 190 mm og tykkere vægge er regnet med en 50 mm mørtelfri zone i fugerne.

$$k_r = \frac{E_{od}}{f_{cnd}}$$

For vægge af letklinkerblokke er $k_r = 1000$.

Ved bestemmelsen af h_{ef} for vægge kan der tages hensyn til eventuelle tværvægge under forudsætning af, at murværket er muret i forbandt med eller på anden vis er effektivt forbundet med tværvæggene.

Det kræves, at $I_1 \geq 3 \cdot I_2$, hvor I_1 er tværvæggens inertimoment, og I_2 er inertimomentet af den del af det eller de murfelter, som tværvæggen forudsættes at understøtte. Inertimomenterne skal beregnes på grundlag af regningsmæssige tværsnit.

h_{ef} og t_{ef} bestemmes som angivet i afsnit 2.3.

Mørtelkvalitet

I diagrammerne er murværket forudsat opmuret i mørtel med en trykstyrke på mindst MC 1,2 MPa eller ML 2,3 MPa (fx KC 35/65/650, jf. tabel 1.3.1 side 5)

Excentriciteter

Excentriciteten fastsættes i henhold til DS/INF 167 der erstatter annek C i Eurocode 6:

$e_{o,top}$: Den resulterende excentricitet for lasten øverst på væggen.

$e_{o,bund}$: Den resulterende excentricitet virkende til gunst ved understøtningen nederst på væggen og er maks $t/6$ men bør sættes til 0.

e_1 og e_2 :

Excentriciteter for normalkræfter fra dæk eller bjælker, der hviler direkte på væggen. Afhængigt af, hvad der er ugunstigst, regnes kræfterne angribende enten i vederlagsfladernes tredjedelspunkter svarende til trekantformet spændingsfordeling med største spænding langs væggenes kant, eller i vederlagsfladernes midtpunkt svarende til ensformig spændingsfordeling.

e_3 : Excentricitet fra mulig forskydning af tyngdepunktet for væggen eller søjlen i overliggende etage.

e_4 : Excentricitet fra indspændingen af dæk eller bjælker, der ikke er gennemgående.

e_5 : Excentricitet stammende fra den betragtede vægkonstruktionens mulige afvigelse fra den plane form.

e_6 : Excentricitet hidrørende fra eventuel tværpåvirkning, f.eks. vindlast, jordtryk og temperaturdifferencer.

e_t : Den resulterende største excentricitet på den midterste trediedel af væggen.



Eksempel 1

Excentriciteter fra frit oplagte dæk eller bjælker

Når $N_1 \geq N_2$ og når dækkene forudsættes at være simpelt understøttede, findes excentriciteterne.

$$e_1 = \frac{t}{2} - \frac{1}{3} a_1$$

$$e_2 = \frac{t}{2} - \frac{1}{2} a_2$$

a_1 er den minimalt tilladelige vederlagsdybde
 a_2 er den foreskrevne vederlagsdybde

$e_3 = 20$ mm for lempet kontrol
 15 mm for normal kontrol og
 10 mm for skærpet kontrol

$e_4 = 0$ mm

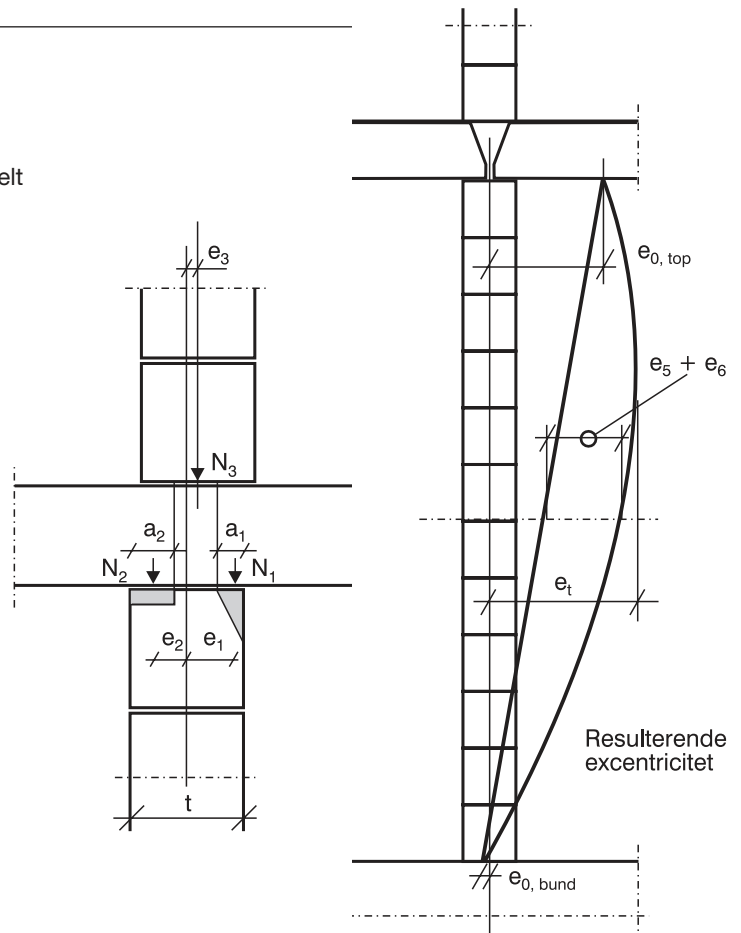
$e_5 = 10$ mm

Den største excentricitet foroven i væggen er:

$$e_{0, \text{top}} = \frac{1}{N_1 + N_2 + N_3} (e_1 N_1 - e_2 N_2 + e_3 N_3) + e_4$$

Den største excentricitet på den midterste trediedel af væggen bliver i tilfældet $e_{0, \text{bund}} = 0$:

$$e_t = \frac{2}{3} e_{0, \text{top}} + e_5 + e_6$$



Eksempel 2

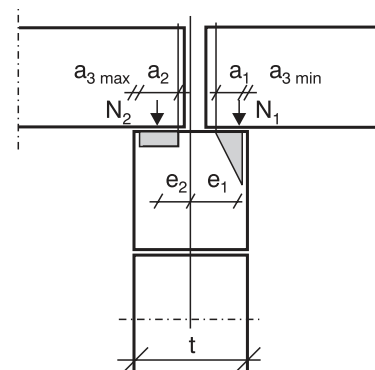
Excentriciteter fra dæk og bjælker oplagt med butylbånd, asfaltstrimler eller lejeplader

Idet $N_1 > N_2$ findes excentriciteterne:

$$e_1 = \frac{t}{2} - a_{3, \text{min}} - \frac{1}{3} a_1$$

$$e_2 = \frac{t}{2} - a_{3, \text{min}} - \frac{1}{2} a_2$$

Hvor a_3 er afstand fra vægkant til vederlagskant. I øvrigt som eksempel 1.

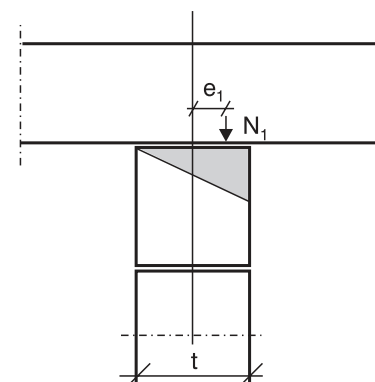


Eksempel 3

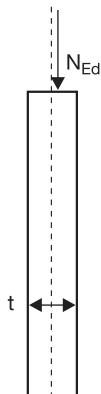
Excentriciteter fra kontinuerte dæk og bjælker

$$e_1 = \frac{t}{2} - \frac{t}{3} = \frac{t}{6}$$

I øvrigt som eksempel 1.



Lodret bæreevne af massiv blokmur



N_{Ed} = Lodret last, kN/m

h_{ef} = Effektiv højde af væg, mm

t = Vægtykkelse, mm

Diagrammerne gælder for letklinkerblokke i blokklasse 600 (basistrykstyrke 2,3 MPa) opmuret i mørtel med trykstyrke på mindst MC 1,2 MPa eller ML 2,3 MPa (fx KC 35/65/650 jf. tabel 1.3.1 side 5).

For blokmurværk i blokklasse 800 (basistrykstyrke 3,8 MPa) opmuret i mørtel med trykstyrke på mindst MC 1,9 MPa eller ML 3,8 MPa (fx KC 20/80/550 jf. tabel 1.3.1 side 5) kan diagrammerne også bruges med korrektionsfaktoren $k = 1,652$.

Diagram 1

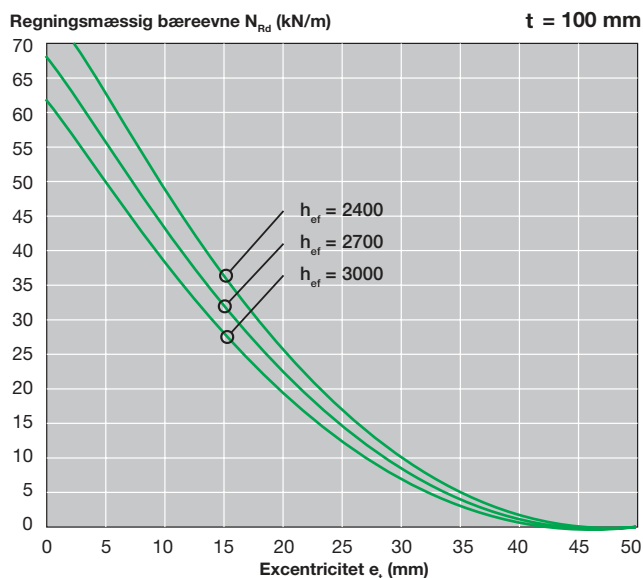


Diagram 2

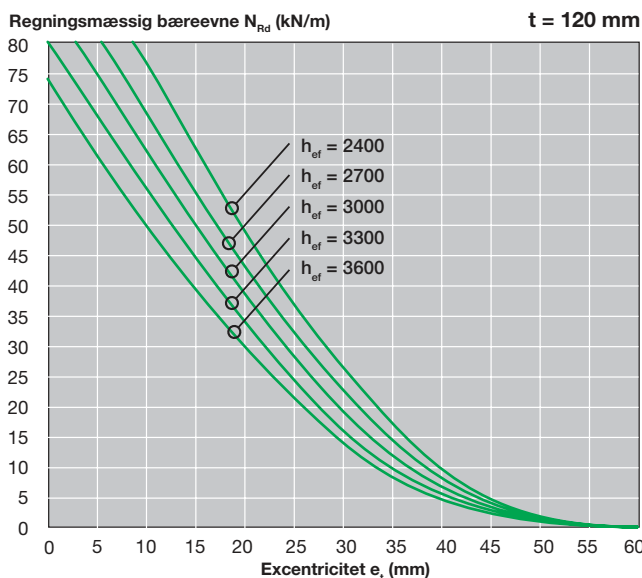


Diagram 3

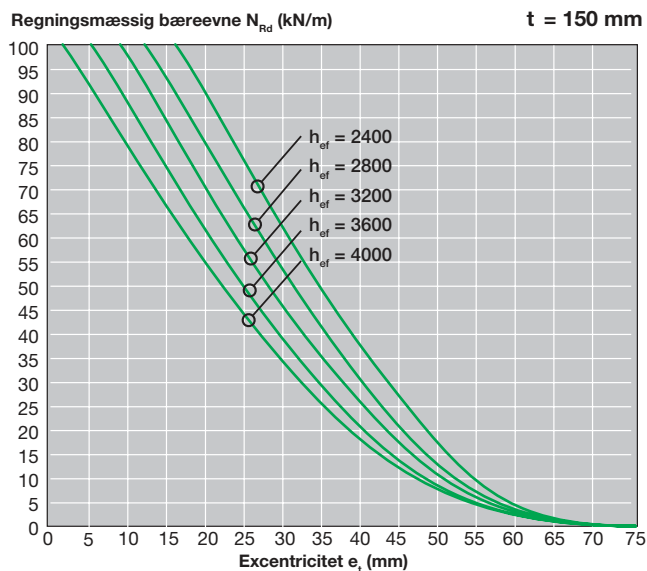
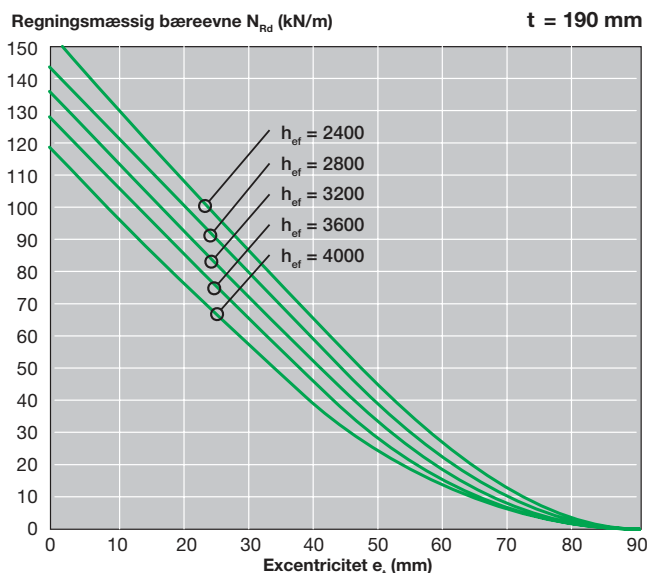


Diagram 4



Lodret bæreevne af massiv blokmur

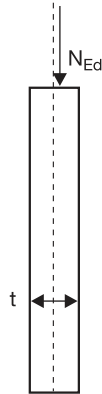


Diagram 5

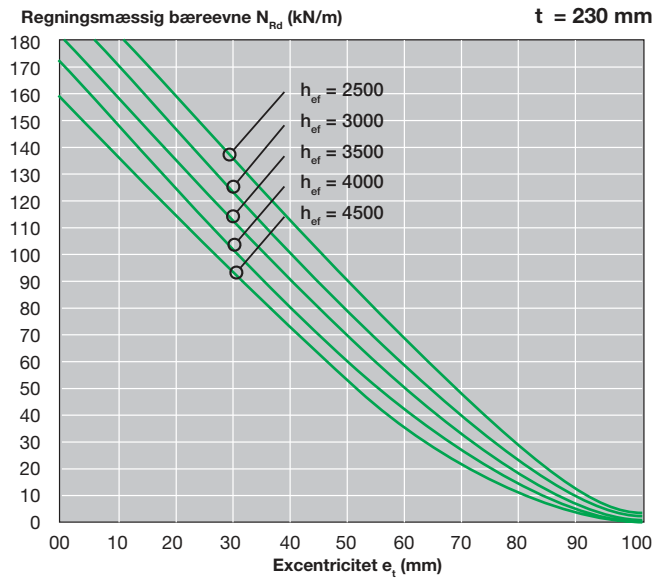


Diagram 6

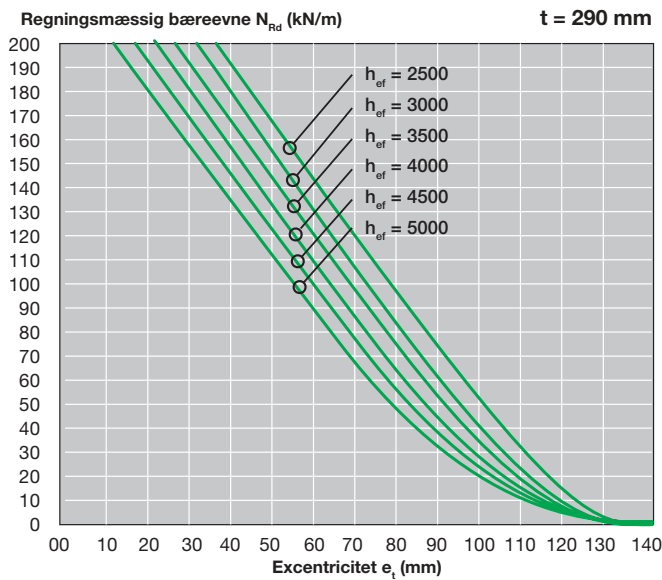


Diagram 7

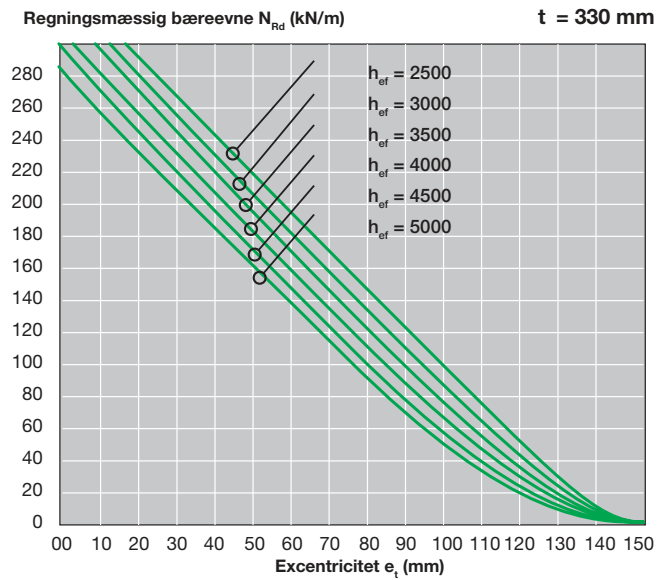


Diagram 8

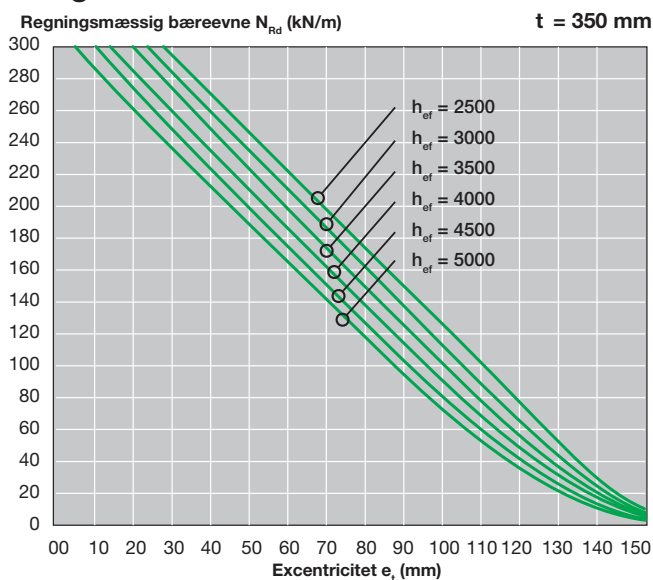
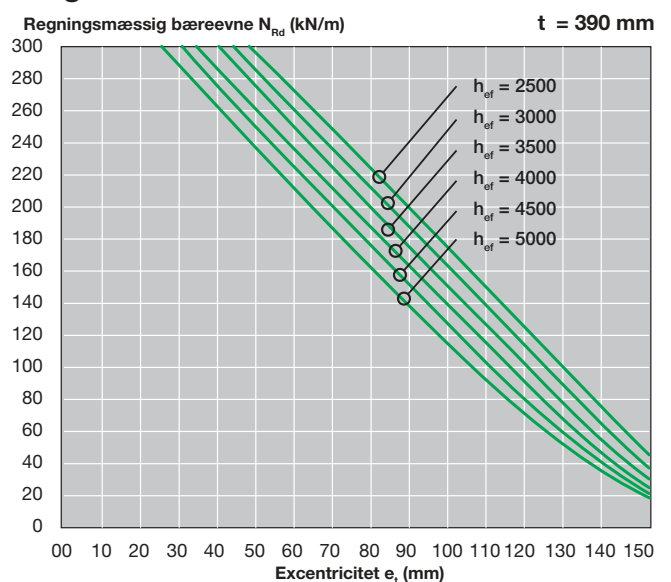


Diagram 9



2.5 Vandret bæreevne

M_{Ed} = regningsmæssig værdi af påført moment.

M_{Rd} = regningsmæssige værdi af murens momentbæreevne.

$$M_{Rd} = f_{xd} \cdot Z$$

Z = det elastiske modstandsmoment.

Ved svigt parallelt med liggefugerne fås:

$$M_{Ed1} = \alpha_1 \cdot W_{Ed} \cdot L^2$$

Ved svigt vinkelret på liggefugerne fås:

$$M_{Ed2} = \alpha_2 \cdot W_{Ed} \cdot L^2$$

W_{Ed} er den regningsmæssige tværlast pr. arealenhed

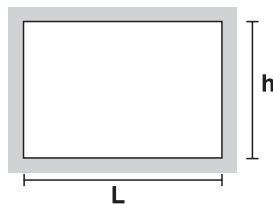
$$\alpha_1 = \mu \cdot \alpha_2$$

$$\mu = f_{xd1} / f_{xd2}$$

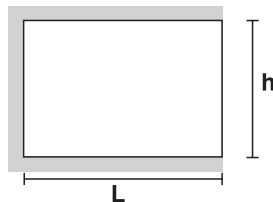
α_1 og α_2 kan bestemmes i h.t. Eurocode 6, Anneks E.

I nærværende hæfte er bæreevnen bestemt på basis af brudlinjeteorien, der er eftervist at gælde for blokmurværk ved forsøg. Der er udarbejdet diagrammer for vægge med følgende understøtningsforhold:

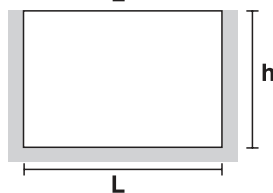
Væg understøttet på 4 sider.



Tresidig understøttet væg med fri side.



Tresidig understøttet væg fri foroven.



L = Væglængde

h = Væghøjde

t = Vægtykkelse

For vægge med vindueshuller af normal størrelse og placering kan bæreevnen tilnærmest findes, ved at reducere med følgende faktor:

$$k_1 = 1 - 2 \cdot \frac{A_0}{A}$$

A_0 = Areal af huller

A = Areal af vægfelt

For vægge med indspændinger kan bæreevnen tilnærmest forøges med følgende faktorer:

Firesidig understøttet væg og væg fri foroven med 1 indspænding:

$$k_2 = 1,2 - 0,02 \cdot L$$

Firesidig understøttet væg og væg fri foroven med 2 indspændinger og tresidig understøttet væg med 1 indspænding:

$$k_2 = 1,4 - 0,02 \cdot L$$

Bæreevnen er bestemt ud fra følgende formler:

Væg understøttet på 4 sider:

$$M = \frac{q \cdot h \cdot L_r}{8 \cdot \left(1 + \frac{h}{L_r} + \frac{L_r}{h}\right)} \quad (I)$$

Væg fri på 1 side:

$$M = \max. \text{ af } \begin{cases} \frac{q \cdot h \cdot L}{3 + 12 \cdot \frac{L}{h} + 2 \left(1 + \frac{h}{L}\right)} \cdot i & (II) \\ \frac{q \cdot h \cdot L_r}{2 \cdot \left(2 + \frac{h}{L_r} + 4 \cdot \frac{L_r}{h}\right)} & (III) \end{cases}$$

Væg fri foroven:

$$M = \max. \text{ af } \begin{cases} \frac{q \cdot h \cdot L_r}{3 + 12 \cdot \frac{h}{L_r}} & (IV) \\ \frac{q \cdot h \cdot L_r}{2 \cdot \left(2 + \frac{L_r}{h} + 4 \cdot \frac{h}{L_r}\right)} & (V) \end{cases}$$

Anvendes i formel I, IV og V:

$$L_r = \frac{2 \cdot L}{\sqrt{1 + i_1} + \sqrt{1 + i_2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{xd1}}{f_{xd2}}}$$

Anvendes i formel III:

$$L_r = \frac{L}{\sqrt{1 + i}} \cdot \sqrt{\frac{f_{xd1}}{f_{xd2}}}$$

Spændingerne i blokmurværket beregnes herefter svarende til f_{xd1} i alle retninger.

Indspændingsgraden i ved en vægside kan fås, hvis væggen er gennemgående hen over en understøtning, og nabofeltet har nogenlunde samme væglængde, som det betragtede vægfelt.

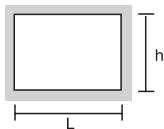
i skal beregnes, men kan sættes til 0,5 ved hjørner og 0,0 ved åbninger.

Forudsætninger for diagrammerne

Diagrammerne gælder for blokmurværk opmuret i blokke i mindst blokkklasse 600 (Basistrykstyrke 2,3 MPa) og med mørtel med trykstyrke på mindst MC 3,5 MPa eller ML 7,0 MPa (fx KC 20/80/550 jf. tabel 1.3.1 side 5).

Diagram 10

Firesidig understøttet væg



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, t = 100 mm, 120 mm, 150 mm

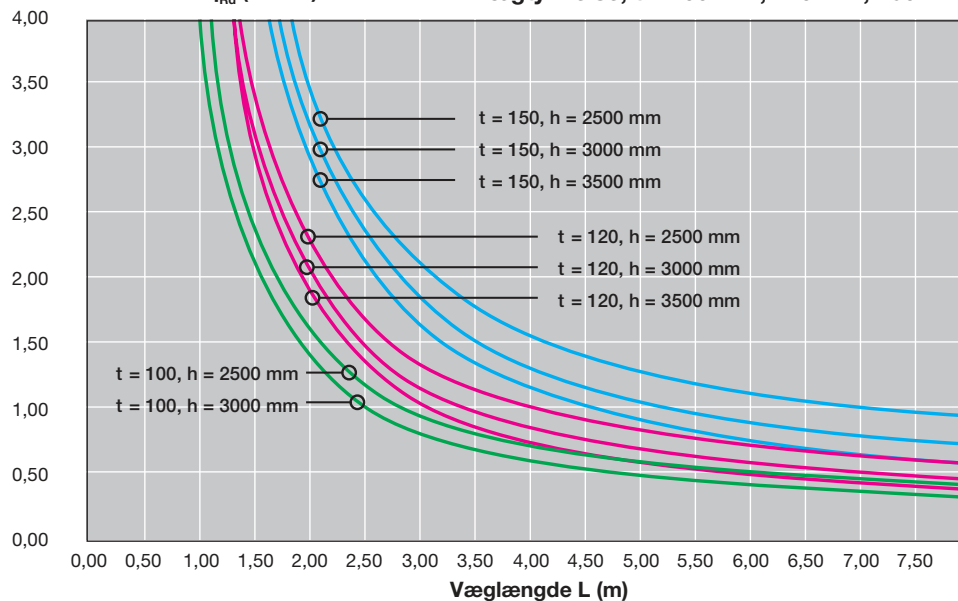
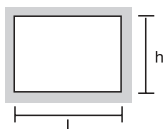


Diagram 11

Firesidig understøttet væg



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, t = 190 mm, 230 mm, 290 mm

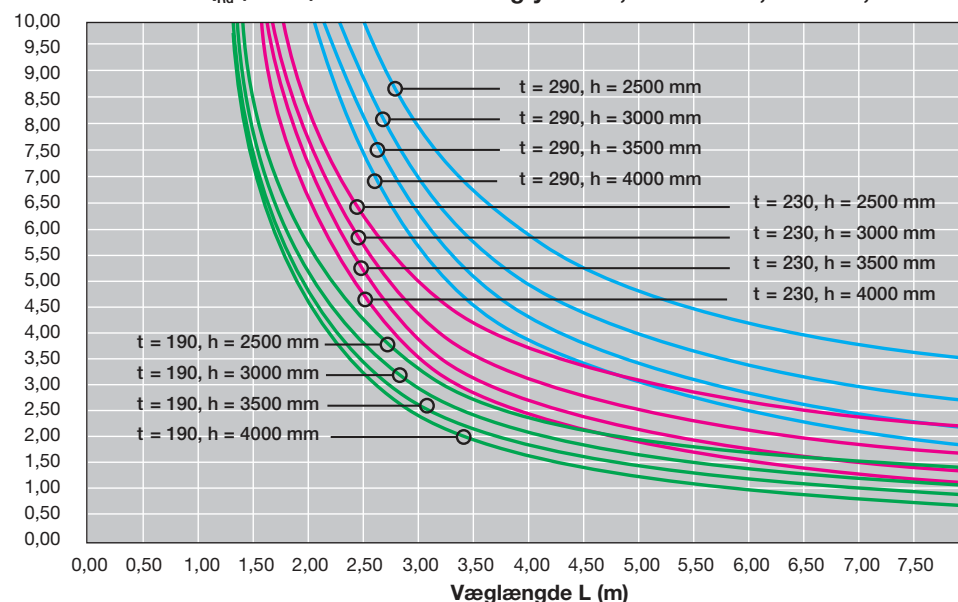
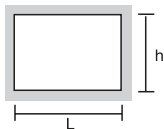


Diagram 12

Firesidig understøttet væg



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, t = 330 mm, 350 mm, 390 mm

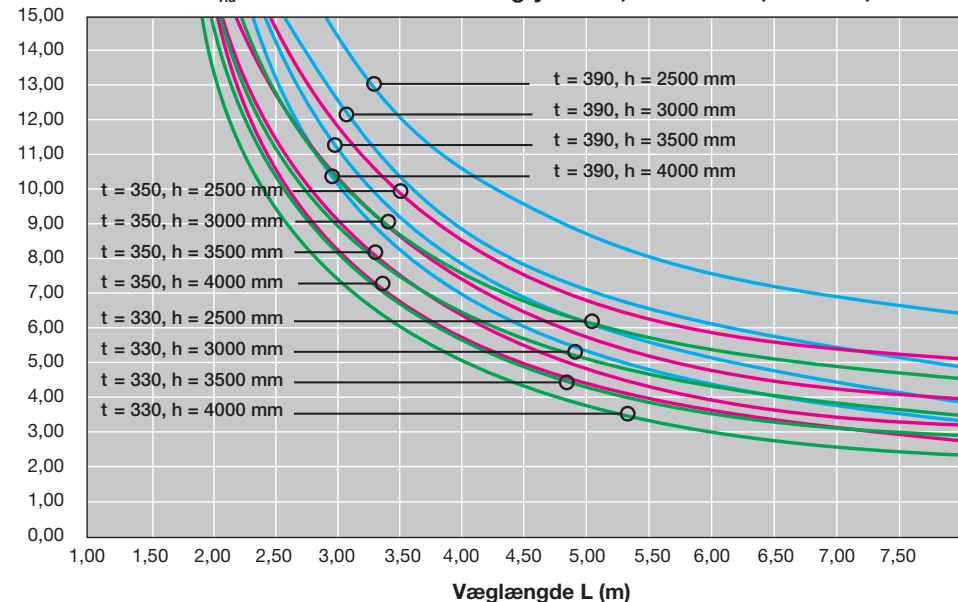
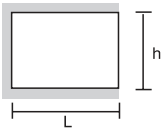


Diagram 13

Tresidig understøttet væg



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, $t = 100$ mm, 120 mm, 150 mm

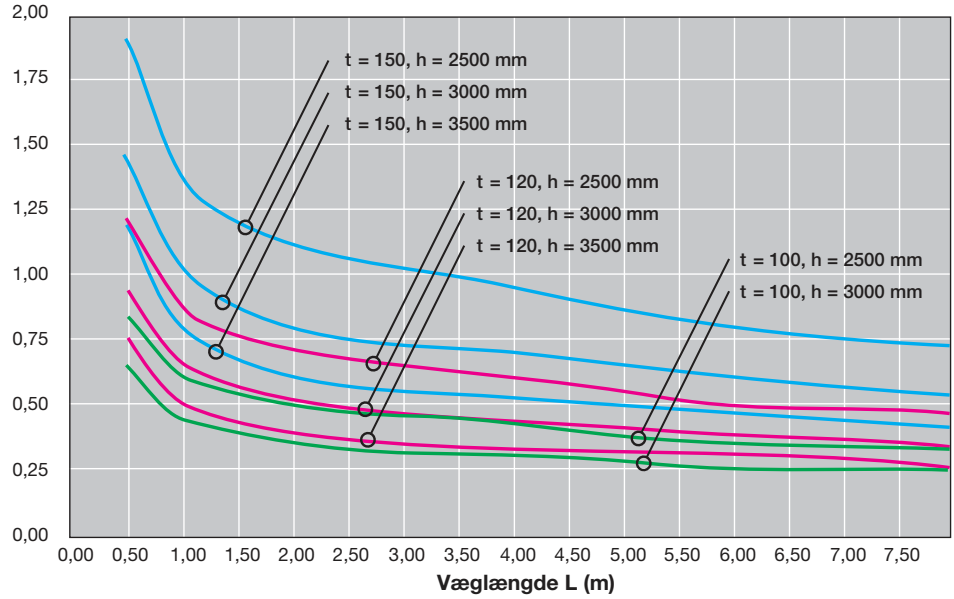
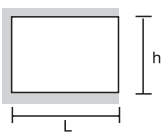


Diagram 14

Tresidig understøttet væg



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, $t = 190$ mm, 230 mm, 290 mm

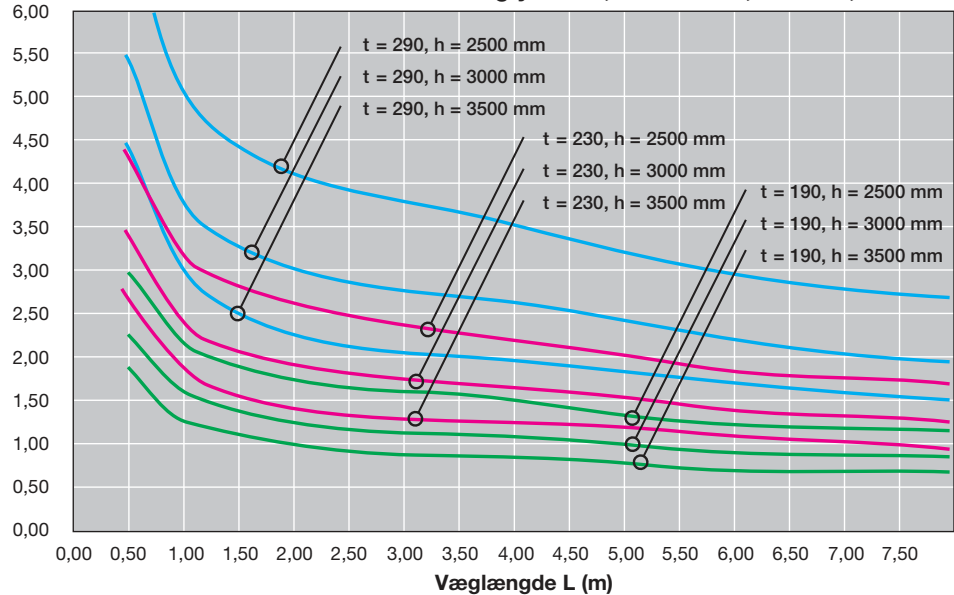
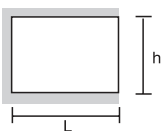


Diagram 15

Tresidig understøttet væg



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, $t = 330$ mm, 350 mm, 390 mm

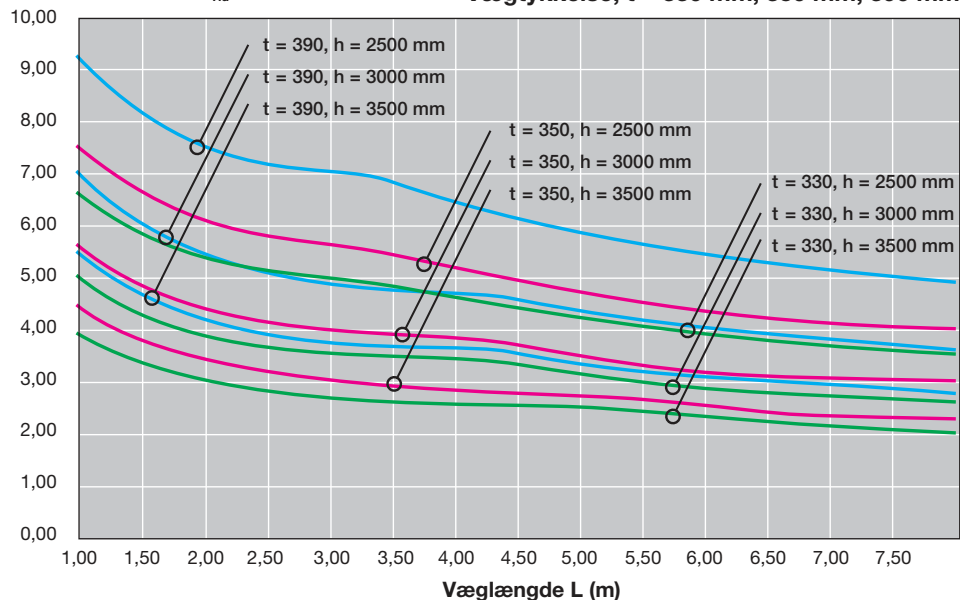
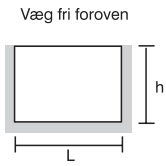


Diagram 16



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, $t = 100$ mm, 120 mm, 150 mm

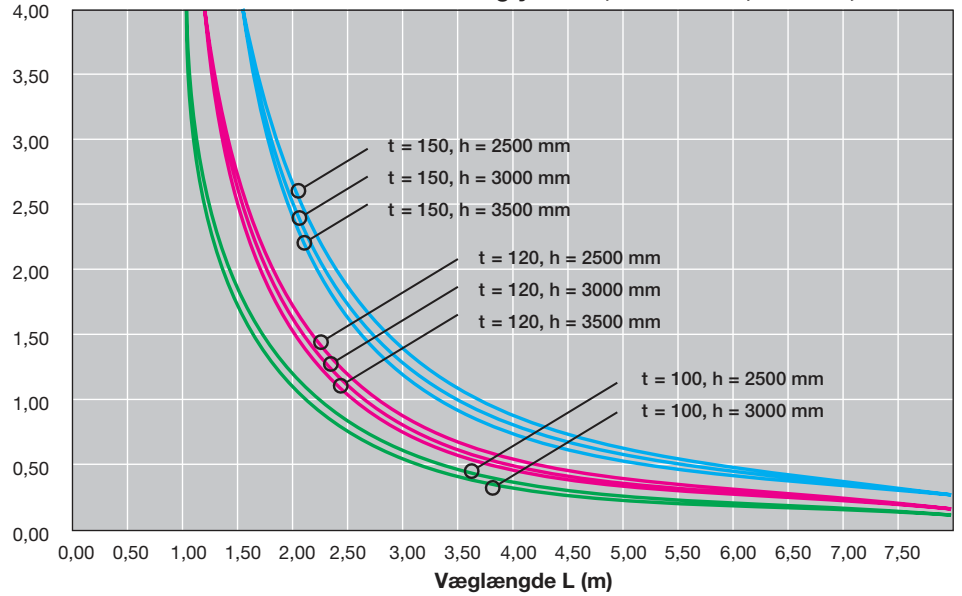
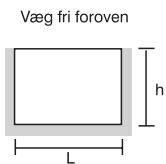


Diagram 17



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, $t = 190$ mm, 230 mm, 290 mm

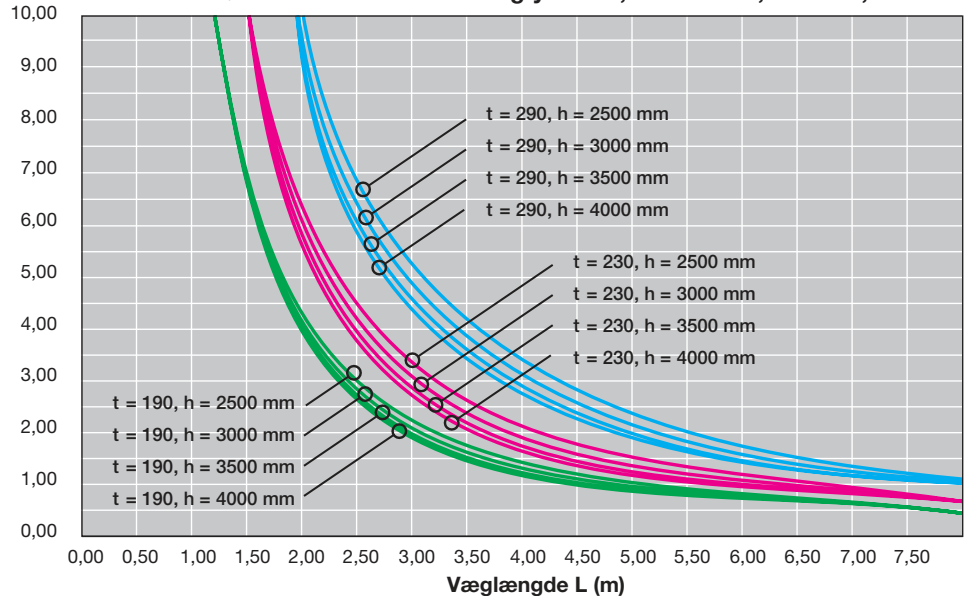
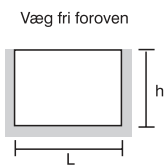
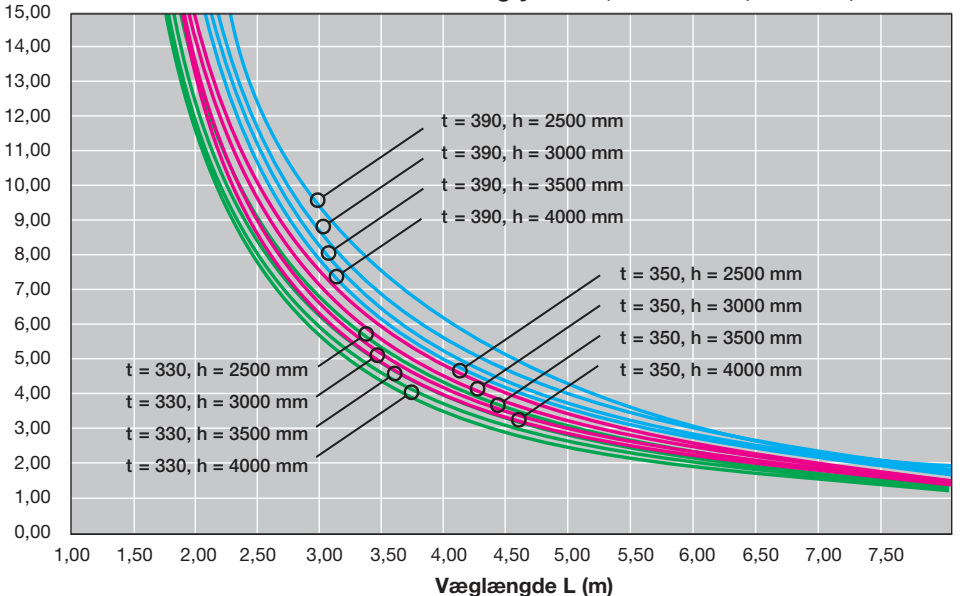


Diagram 18



Vandret bæreevne q_{Rd} (kN/m²) Vægtykkelse, $t = 330$ mm, 350 mm, 390 mm



2.6 Kombination af lodret og vandret bæreevne

For vægge udsat for både lodret og vandret last kan anvendes de værdier, som er angivet i de følgende M-N diagrammer.

Der er i diagrammerne medregnet blokmurværkets trækspændinger, og diagrammerne gælder derfor kun for residigt eller firesidigt understøttede murfelter.

Overgangskurven kan baseres på en forudsætning om lineær-elastisk spændingsfordeling over tværsnittet, hvor følgende ulighed skal være opfyldt

$$\begin{aligned} -\frac{N_{Ed}}{bt_{ef}} + \frac{6N_{cr}}{N_{cr} - N_{Ed}} \frac{N_{Ed}e_t}{bt^2} &\leq f_{xd1} \\ +\frac{N_{Ed}}{bt_{ef}} + \frac{6N_{cr}}{N_{cr} - N_{Ed}} \frac{N_{Ed}e_t}{bt^2} &\leq f_d \end{aligned}$$

hvor

$$N_{cr} = k_s \cdot f_d \cdot A_c$$

$$A_c = b \cdot (t - 2e_{init})$$

$$k_s = \frac{1}{1 + 12 \left(\frac{f_k}{E_{ok} \cdot \pi^2} \right) \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef} - 2e_{init}} \right)}$$

e_{init} = begyndelses ekscentricitet

e_{init} kan sættes til $\frac{l}{500}$

Fremgangsmåden ved anvendelse af diagrammerne er følgende:

A. Massiv mur

Momentet M_1 i murværkets liggefuger bestemmes på følgende måde:

$$M_1 = m \cdot q_{Ed}$$

hvor m findes af diagram 19-21. Diagrammerne er bestemt ud fra formlerne angivet på side 16.

Momentet for lodret last $M_2 = N_{Ed} \cdot e_t$ bestemmes.

Herefter fås det samlede moment

$$M_{Ed} = M_1 + M_2$$

Punktet N_{Ed} , M_{Ed} skal i M-N diagrammerne (diagram 22-30) ligge under kurverne for den pågældende væg.

Af hensyn til moment i studsfugerne skal væggen også undersøges for vandret bæreevne alene.

B. Hulmur

Den vandrette last fordeles på formur og bagmur i henhold til deres stivheder.

$$S_f = \frac{E_{formur} \cdot I_{formur}}{E_{formur} \cdot I_{formur} + E_{bagmur} \cdot I_{bagmur}}$$

$$S_b = \frac{E_{bagmur} \cdot I_{bagmur}}{E_{formur} \cdot I_{formur} + E_{bagmur} \cdot I_{bagmur}}$$

Bagmuren, der forudsættes at være lodret belastet, undersøges derefter som under punkt A.

For- og bagmur undersøges hver for sig for vandret bæreevne alene.

S_f = Formurens relative stivhedstal

S_b = Bagmurens relative stivhedstal

Der kan anvendes Elasticitetsmodulet for bøjning:

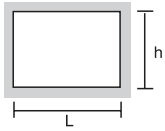
$$E_x = 0,5 \cdot E_{ok}$$



Momentfaktorer m massiv mur

Diagram 19

Firesidig understøttet væg



Momentfaktor m (m^2)

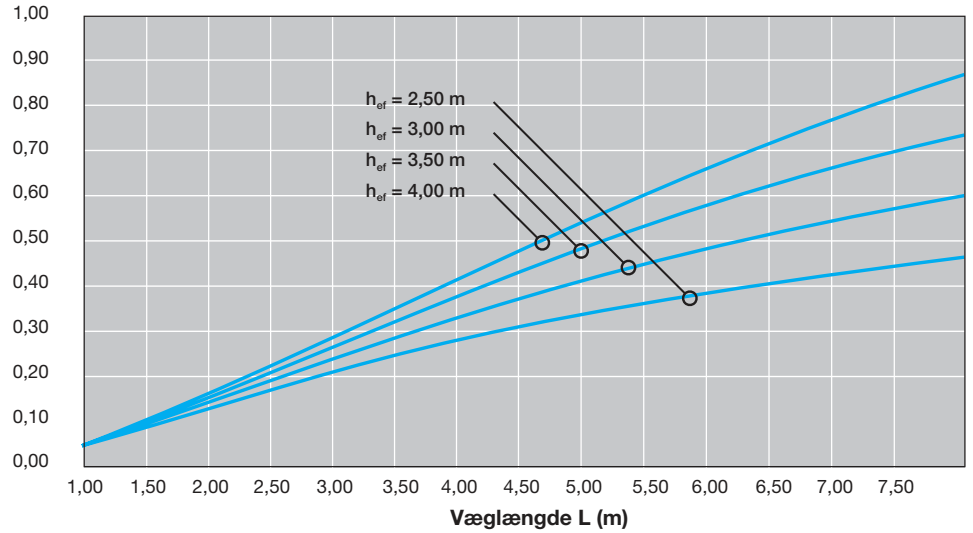
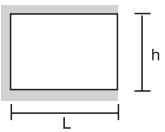


Diagram 20

Tresidig understøttet væg



Momentfaktor m (m^2)

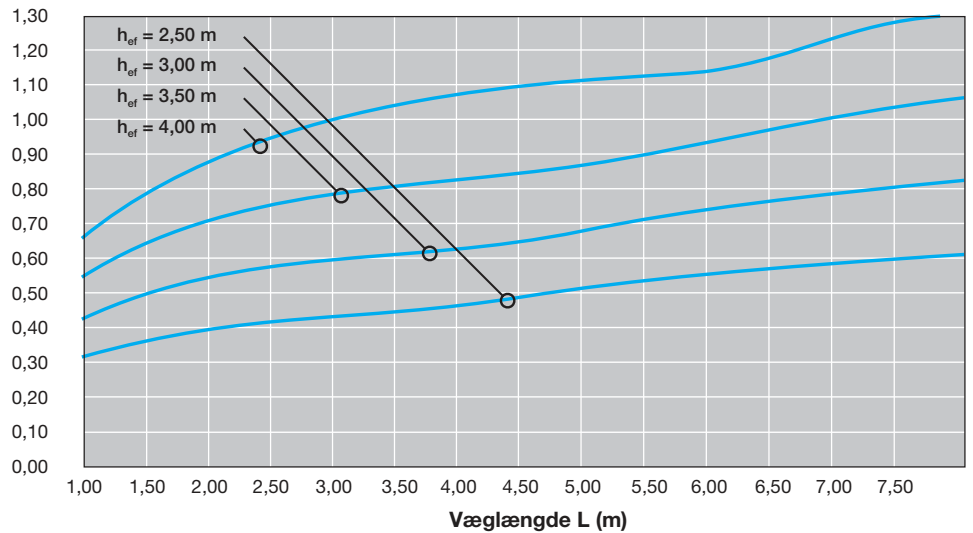
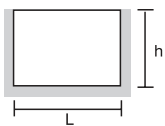
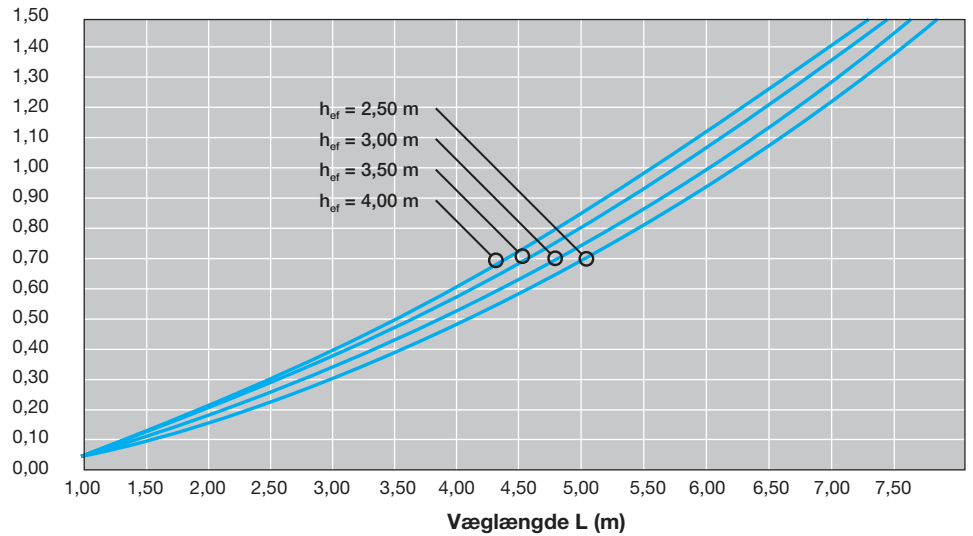


Diagram 21

Væg fri foroven

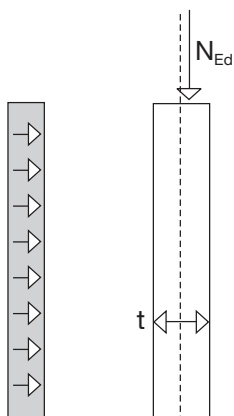


Momentfaktor m (m^2)



Kombination af lodret og vandret bæreevne

M-N diagrammer



N_{Ed} = Lodret last, kN/m

e_t = Resulterende excentricitet, mm

h_{ef} = Søjlelængde, mm

t = Vægtykkelse, mm

M_{Ed} = Regningsmæssig moment = $M_1 + N_{Ed} \cdot e_t$

M_1 = Moment for tværlast

N_{Rd} = Lodret bæreevne, kN/m

M_{Rd} = Moment bæreevne, kNm/m

Diagram 22

Moment M_{Rd} (kNm/m) Vægtykkelse, $t = 100$ mm

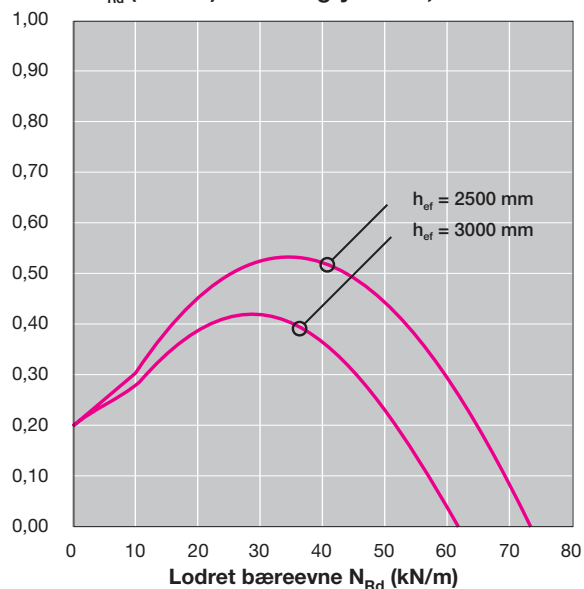


Diagram 23

Moment M_{Rd} (kNm/m) Vægtykkelse, $t = 120$ mm

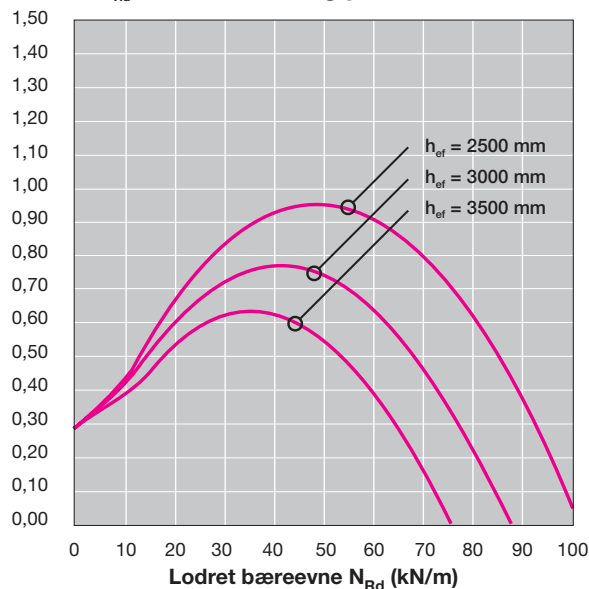


Diagram 24

Moment M_{Rd} (kNm/m) Vægtykkelse, $t = 150$ mm

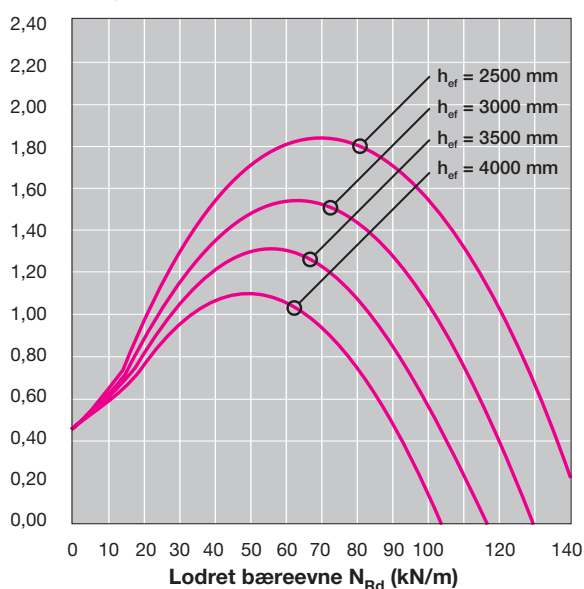
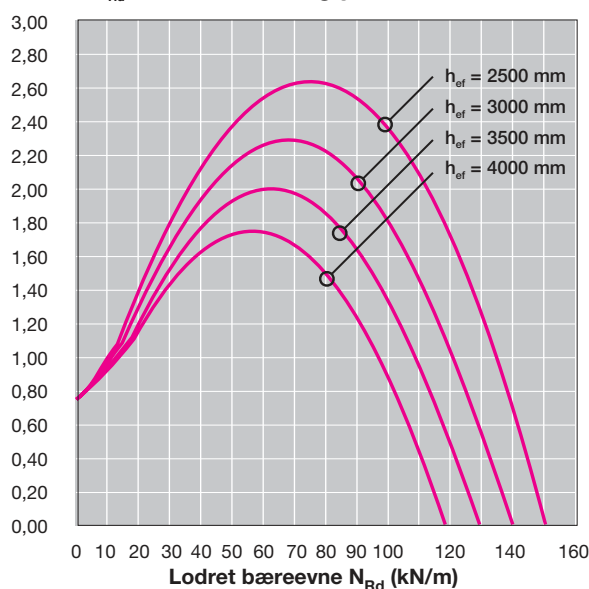


Diagram 25

Moment M_{Rd} (kNm/m) Vægtykkelse, $t = 190$ mm



M-N diagrammer

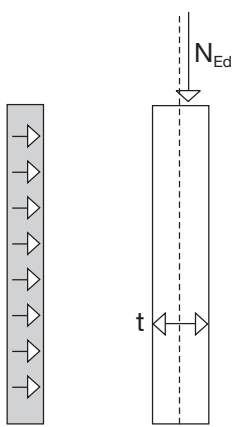


Diagram 26

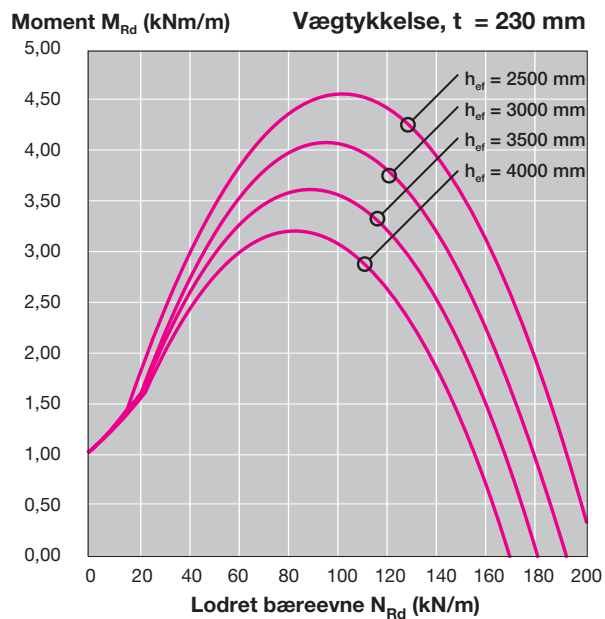


Diagram 27

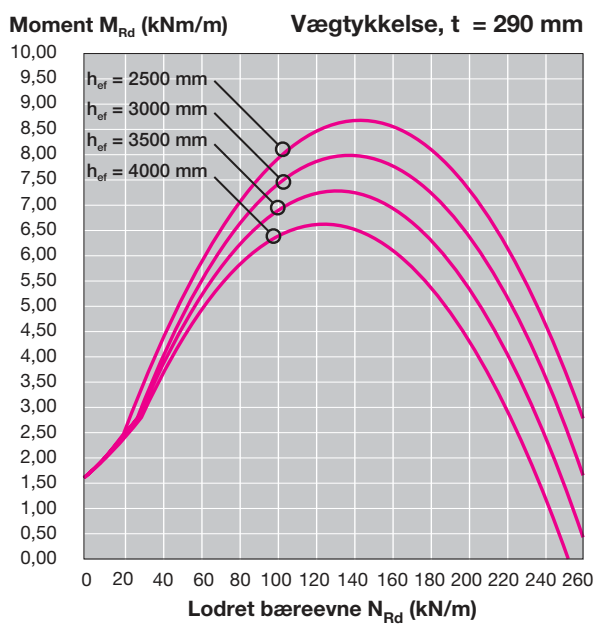


Diagram 28

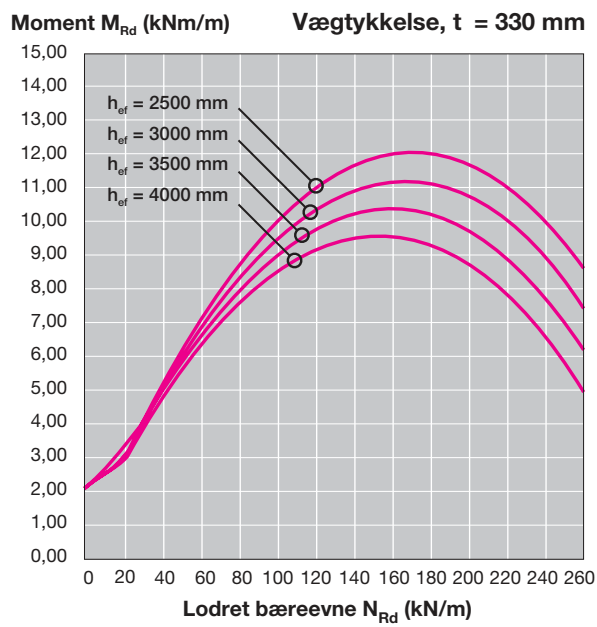


Diagram 29

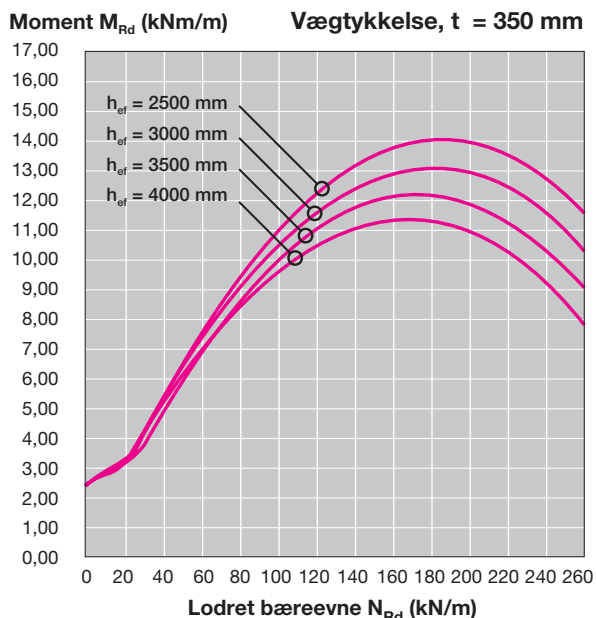
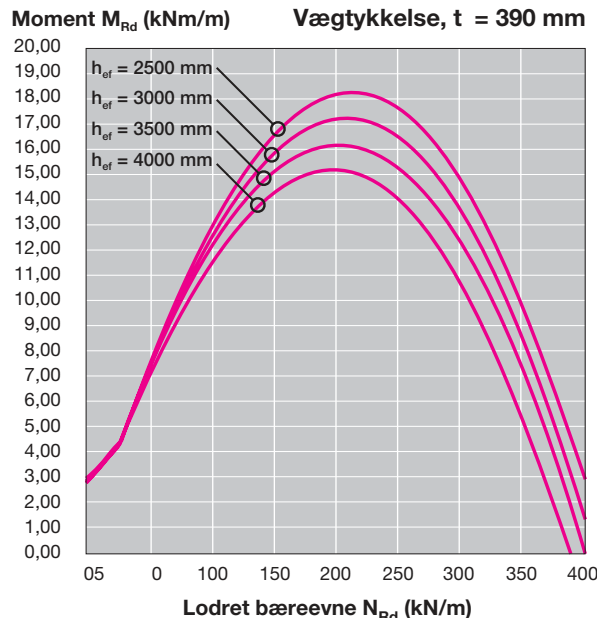


Diagram 30



3 Beregningseksempler

Eksempel 1: Lodret bæreevne

Vægtykkelse: 230 mm

Væghøjde: 3,0 m

Væggen belastes af en ovenover stående væg samt letklinkerdæk fra hver side med følgende laste og excentriciteter (se side 12):

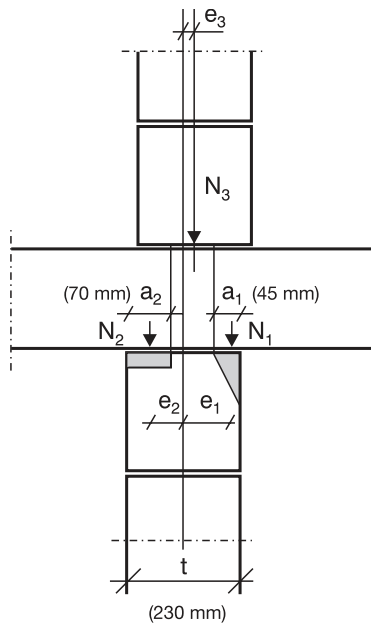
$$N_1 = 41 \text{ kN/m}$$

$$N_2 = 18 \text{ kN/m}$$

$$N_3 = 38 \text{ kN/m}$$

$$a_1 = 45 \text{ mm}$$

$$a_2 = 70 \text{ mm}$$



$$e_1 = \frac{230}{2} - \frac{45}{3} = 100 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{230}{2} - \frac{70}{2} = 80 \text{ mm}$$

$$e_3 = 15 \text{ mm}$$

$$e_4 = 0$$

$$e_5 = 10 \text{ mm}$$

$$e_6 = 0$$

$$e_{0,\text{top}} = \frac{-18 \cdot 80 + 41 \cdot 100 + 38 \cdot 15}{18 + 41 + 38} = 33 \text{ mm}$$

$$e_t = \frac{2}{3} \cdot 33 + 10 = 32 \text{ mm}$$

$$N_{\text{Ed}} = 18 + 41 + 38 = 97 \text{ kN/m}$$

Af diagram 5 fås bæreevnen til:

$$N_{\text{Rd}} = 120 \text{ kN/m} > N = 97 \text{ kN/m}$$

Eksempel 2: Vandret bæreevne

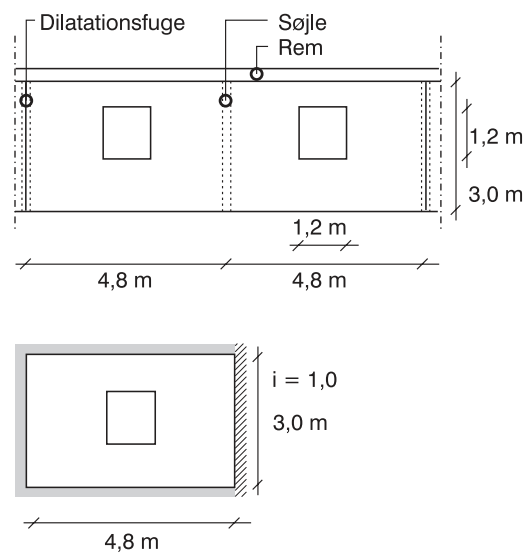
Udfyldningsvæg af 190 mm blokmurværk.

Væggen er understøttet af og forankret til søjler pr. 4,8 m og foroven af en rem, som er fastholdt til tagskiven.

Væghøjde 3,0 m.

Væggen er forsynet med dilatationsfuger pr. 9,6 m og er altså indspændt over hveranden søjle. Væggen betragtes som firesidigt understøttet med 1 indspænding.

Væggen er forsynet med et vindue 1,2 m · 1,2 m.



Reduktionsfaktor for vindue (se side 16):

$$k_1 = 1 - 2 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,2}{4,8 \cdot 3,0} = 0,80$$

Korrektionsfaktor for indspænding:

$$k_2 = 1,2 - 0,02 \cdot 4,8 = 1,10$$

Af diagram nr. 11 aflæses den vandrette bæreevne af en firesidigt understøttet væg af en 190 mm blokmur til 1,8 kN/m².

Bæreevnen af den aktuelle væg er herefter:

$$q_d = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,8 = 1,58 \text{ kN/m}^2$$

Eksempel 3: Lodret og vandret bæreevne

Hulmur i facade:

Formur: 108 mm mursten

Bagmur: 150 mm blokmur

Væghøjde: 2,4 m

Væglængde mellem tværvægge: 5,4 m

Vindue: $b \cdot h$: 2,4 · 1,2 m

Vindlast: $q_{Ed} = 1,03 \text{ kN/m}^2$

Last på bagmur: $N_{Ed} = 8,5 \text{ kN/m}$

Excentricitet: $e_1 = 21 \text{ mm} = 0,021 \text{ m}$

Formurens elasticitetsmodul: 5000 MPa

Bagmurens elasticitetsmodul: 2300 MPa

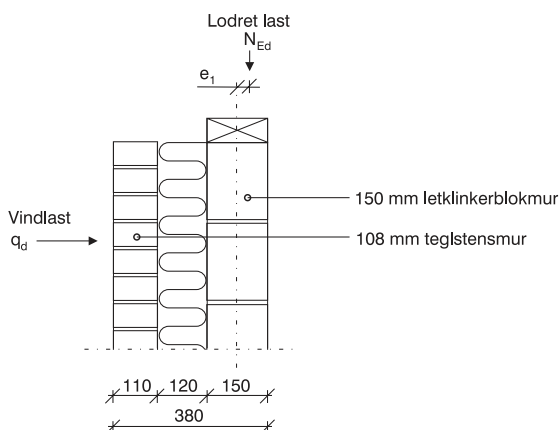
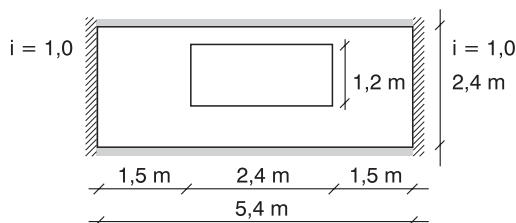
Vindlasten fordeles på de to murvanger i forhold til deres stivheder (se side 20).

$$V_{\text{formur}} = \frac{5000 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,4 \cdot 108^3}{5000 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,4 \cdot 108^3 + 2300 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,4 \cdot 150^3} = 0,448$$

$$V_{\text{bagmur}} = \frac{2300 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,4 \cdot 150^3}{2300 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,4 \cdot 150^3 + 5000 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,4 \cdot 108^3} = 0,552$$

$$q_{Ed}(\text{formur}) = 0,448 \cdot 1,03 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Ed}(\text{bagmur}) = 0,552 \cdot 1,03 = 0,57 \text{ kN/m}^2$$



Formur

Formuren beregnes for vindlasten $q_{v(\text{formur})} = 0,46 \text{ kN/m}^2$.

Beregningerne kan udføres efter Eurocode 6 eller murværksberegningsprogrammet.

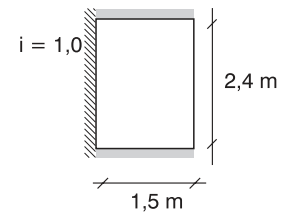
Bagmur

Bagmuren opdeles i to tresidig understøttede vægge.

$H = 2,4 \text{ m}$

$L = 1,5 \text{ m}$

$i = 1,0$



$$N_{Ed} = 8,5 \cdot \frac{1,5 + \frac{1}{2} \cdot 2,4}{1,5} = 15,3 \text{ kN/m}$$

$$q_{Ed}(\text{bagmur}) = 0,57 \cdot \frac{1,5 + \frac{1}{2} \cdot 2,4}{1,5} = 1,03 \text{ kN/m}$$

Momentfaktoren i liggefugerne fås fra diagram 20.

$m = 0,36$.

Korrektionsfaktor for indspænding:

$$k_2 = 1,4 - 0,02 \cdot 1,5 = 1,37 \text{ (se side 16)}$$

$$\frac{m}{k_2} = \frac{0,36}{1,37} = 0,26$$

$$M_1 = 0,26 \cdot 1,03 = 0,27 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = N_{Ed} \cdot e_1 = 15,3 \cdot 0,021 = 0,32 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} = 0,27 + 0,32 = 0,59 \text{ kNm/m}$$

$h = 2,4 \text{ m}$

$$N_{Ed} = 15,3 \text{ kN/m}$$

Af diagram 24 fås det regningsmæssige moment til:

$$M_{Rd} = 0,80 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 0,59 \text{ kNm/m}.$$

Bæreevnen i studsugerne (q_{Rd}) undersøges ved hjælp af diagram 13.

$$k_2 \cdot q_{Rd} = 1,37 \cdot 1,20 = 1,64 \text{ kN/m}^2$$

$$k_2 \cdot q_{Rd} = 1,64 \text{ kN/m}^2 > q_{Ed}(\text{bagmur}) = 1,03 \text{ kN/m}^2$$

4 Stabilitet

Afstivende vægge

Vægge af letklinkerblokke vil ofte indgå som en del af hele huset stabiliserende system.

For at kunne dimensionere væggene for denne påvirkning skal den rådgivende ingeniør udføre en stabilitetsberegning, som omfatter sammenbygningen af hele huset og således også alle samlinger og afstivninger.

Vindtrykket fra et hus fordeles fra ydervæggene til henholdsvis afstivende væg-, loft- og gulvskive.

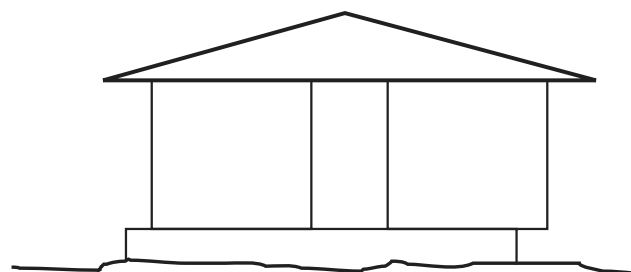
Loftskiven skal være så stiv, at den kan fordele vindkræfterne til de afstivende vægge, hvorfra kræfterne kan føres til fundamentet. Det er således vigtigt, at væggenes fastholdelse foroven kan overføre disse kræfter.

De enkelte afstivende vægge skal sikres mod:

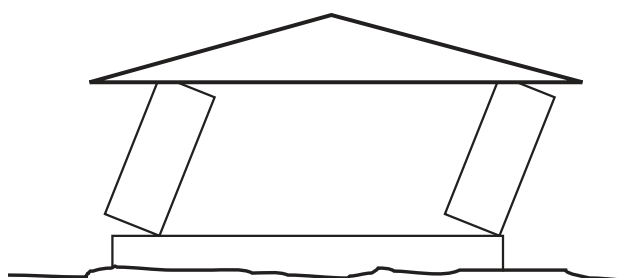
- Glidning
- Væltning

Ved beregning af glidningskriteriet kan værdierne i tabel 2.2.5 anvendes.

Da egenvægten af vægge af letklinkerblokke er relativ lav, vil det ofte være nødvendigt at forankre væggene til underlaget.



Glidning



Væltning



Sekretariat:

Blokgruppen, Dansk Beton
 Telefon: 72 16 00 00
 Telefax: 72 16 00 10
 E-mail: info@blokgruppen.dk
 www.blokgruppen.dk



Telefon: 70 10 10 25
 Telefax: 87 61 02 05
 www.weber.dk
 E-mail: weber@weber.dk

**Saint-Gobain Weber A/S
 Leca® byggeinformation**

Tlf: 56 18 18 56
 Fax: 56 18 18 02
 Email: leca@weber.dk



Telefon: 96 16 77 77
 Telefax: 98 10 11 86
 E-mail: sales@aalborgportland.com
 www.aalborgportland.dk

Kvalitetssikring

Alle producenter i Blokgruppen, Dansk Beton er tilsluttet en af nedennævnte kontrol-/certificeringsordninger:


Betonvarekontrollen (BVK)

**Bureau Veritas Certification
 Denmark A/S**

Dansk Beton Certificering
A/S Ikast Betonvarefabrik

Lysholt Allé 4
 7430 Ikast
 Telefon: 97 15 20 22
 Telefax: 97 25 04 12
 www.ibf.dk
 E-mail: ibf@ibf.dk

AB Betonvarer

Fabriksvej 13
 3782 Klemensker
 Telefon: 56 96 60 77
 Telefax: 56 96 61 89
 www.ab-beton.dk
 E-mail: post@ab-beton.dk

Astrup Cementstøberi A/S

Lecavej 6
 9510 Arden
 Telefon: 98 56 53 33
 Telefax: 98 56 53 97
 www.astrup-cement.dk
 E-mail: astrup-cement@adr.dk

Frejlev Cementstøberi A/S

Nibevej 331, Frejlev
 9200 Ålborg SV
 Telefon: 98 34 34 11
 Telefax: 98 34 33 49
 www.fc-beton.dk
 E-mail: salg@fc-beton.dk

Gammelrand Beton A/S

Gl. Skovvej 6A
 4470 Svebølle
 Telefon: 59 28 01 00
 Telefax: 59 28 01 01
 www.gammelrand.dk
 E-mail: info@gammelrand.dk

**Hammershøj
 Betonvarefabrik ApS**

Gartnerbakken 4
 8830 Tjele
 Telefon: 86 45 17 55
 Telefax: 86 45 00 60
 www.hammershoj-beton.dk
 E-mail:
 mail@hammershoj-beton.dk

Karlshøj Bloksten A/S

Karlshøjvej 14
 4733 Tappernoje
 Telefon: 55 56 42 15
 Telefax: 55 56 45 84
 www.karlshoj-bloksten.dk
 E-mail: kb@karlshoj-bloksten.dk

Multiblok A/S

Bisholt Strandvej 5
 7100 Juelsminde
 Telefon: 75 68 30 66
 Telefax: 75 68 40 68
 www.multiblok.dk
 E-mail: info@multiblok.dk

**RC Betonvarer
 Rødkærsbro A/S**

Bjerrevej 80, PB. 109
 8840 Rødkærsbro
 Telefon: 86 65 80 55
 Telefax: 86 65 86 44
 www.rc.dk
 E-mail: info@rc-beton.dk

Saint-Gobain Weber A/S

Randersvej 75, Hinge
 8940 Randers SV
 Telefon: 70 10 10 25
 Telefax: 87 61 02 05
 www.weber.dk
 E-mail: weber@weber.dk

Schiedel Skorstene A/S

Industrivej 23
 7470 Karup J.
 Telefon: 70 10 20 11
 Telefax: 70 10 20 88
 www.schiedel.dk
 E-mail: salg@schiedel.dk

**Simested
 Cementstøberi ApS**

Eveltrupvej 30, Simested
 9620 Aalestrup
 Telefon: 98 64 90 63
 Telefax: 98 64 91 45
 www.simested-cement.dk
 E-mail: sc@simested-cement.dk

Skagen Cementstøberi A/S

Drogden 3
 9990 Skagen
 Telefon: 98 44 17 55
 Telefax: 98 45 07 55
 www.skagenbeton.dk
 E-mail:
 skagenbeton@skagenbeton.dk

**Sunds-Alfa
 Betonvarefabrik A/S**

Dejervej 22
 7451 Sunds
 Telefon: 97 14 11 00
 Telefax: 97 14 15 97
 www.sunds-alfa.dk
 E-mail: salg@sunds-alfa.dk

**Thisted-Fjerritslev
 Cementvarefabrik A/S**

Stevnsvej 17
 7700 Thisted
 Telefon: 97 92 25 22
 Telefax: 97 91 15 22
 www.tct.dk
 E-mail: salg@tct.dk

Blokgruppen - BIB

I Blokgruppen forenes danske blokproducenters og materialeleverandørers kompetencer og indsigt for at stille fyldestgørende informations- og katalogmateriale til rådighed for projekterende og udførende.

Alle producenter i Blokgruppen, Dansk Beton er tilsluttet en af nedennævnte kontrol-/certificeringsordninger:

- Betonvarekontrollen (BVK)
- Bureau Veritas Certification Denmark A/S
- Dansk Betoncificering (DBC)

Blokgruppen udgiver i samarbejde med blokproducenterne og materialeleverandørerne en række anvisninger om blokmurværk.

- Letklinkerblokke - Overfladebehandling
- Blokmurværk og brand
- Udstøbningsblokke
- Håndtering og opmuring af blokke
- Letklinkerblokke – Dimensionering af murværk
- Murbjælker med Letklinker
LKB Murbjælker - Dimensionering

Anvisningerne giver såvel projekterende som udførende den bedste faglige viden på de beskrevne områder.

Det er muligt at bestille eller downloade anvisningerne via internettet på adressen: www.blokgruppen.dk

På internettet kan ligeledes hentes et beregningsprogram for bestemmelse af bæreevnen af brandpåvirkede vægge af letklinkerblokke.