

Blokmurværk & brand



ANVISNING: SfB (21)(22)
I. udgave - November 2003



– blokke til byggeriet
Dansk Beton Industriforenings Blokfraktion



Dansk Beton Industriforenings Blokfraktion

Dansk Beton Industriforening
Dansk Byggeri
Kejsergade 2
P.B. 2125
1015 København K
Tlf.: 72 16 00 00

Vejledningen er udarbejdet af:
Ingholt Consult
Rådgivende Ingeniørfirma ApS

Beregningsprogrammerne er udviklet af:
Kristian Hertz
Lektor, civilingeniør, Lic. Techn.
Institut for Bygninger og Energi
Danmarks Tekniske Universitet

Brandforsøgene er udført på
Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut
Hvidovre

Layout og produktion
Reklamebureauet SUM

Oktober 2003
Genoptrykt december 2004

Dansk Beton Industriforenings Blokfraktion har igennem en række år deltaget i et udviklingsarbejde sammen med afdelingen BYG.DTU på Danmarks Tekniske Universitet med det formål at opstille en beregningsmetode til bestemmelse af brandmodstandsevnen for vægge opført af letklinkerblokke.

Arbejdet er del i et større udviklingsarbejde for letklinkerbeton, som også har omfattet helvægge og letklinkerdæk.

Det opstillede beregningsgrundlag er blevet verificeret ved udførelse af fuldskalaforsøg på Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut.

Nærværende publikation angiver direkte brandmodstandsevnen for de mest almindelige vægtyper.

For andre vægtyper henvises der til et beregningsprogram, som kan hentes over internettet på blokfraktionens hjemmeside:

www.bib-blokke.dk

Anvisningens anvendelse

De forskellige anvisninger i hæftet er primært udarbejdet som vejledende information til arkitekter og ingeniører i forbindelse med projektering af byggeri, hvor der anvendes blokke af letklinkerbeton, og hvor der stilles brandkrav.

Ansaret for den korrekte projektering ligger hos den projekterende. BIB og medlemsvirksomhederne påtager sig således ikke noget juridisk ansvar i forbindelse med denne anvisningsinformation.

Brandadskillende vægge	4
Beregningsmetode	4
Brandforsøg	8
Materialeparametre	8
Brandkrav	9
Anvendelse af diagrammerne	10
Beregningseksempler	12
Beregningsprogram	14
Diagrammer for brandmodstandsevne	
REI 30 (BS 30)	
REI 30 A2-s1,d0 100 mm (BS 30)	15
REI 30 A2-s1,d0 120 mm (BS 30)	15
REI 30 A2-s1,d0 150 mm (BS 30)	16
REI 60 (BS 60)	
REI 60 A2-s1,d0 100 mm (BS 60)	16
REI 60 A2-s1,d0 120 mm (BS 60)	17
REI 60 A2-s1,d0 150 mm (BS 60)	17
REI 60 A2-s1,d0 190 mm (BS 60)	18
REI 60 A2-s1,d0 230 mm (BS 60)	18
BIB medlemsoversigt	19

Formålet med udviklingsprojektet har været at finde en beregningsmetode, efter hvilken der vil kunne foretages en eftervisning af brandmodstandsevnen for vægge af letklinkerblokke.

Beregningsmetoderne tager udgangspunkt i de metoder, som anvendes for normal beton som nærmere angivet i betonnormen DS 411.

Beregningsmetoderne er tilpasset egenskaberne for letklinkerblokke i densitet 600 kg/m^3 .

For at bestemme materialeegenskaberne for letklinkerbetonen og for at verificere beregningsformlerne er der udført forsøg dels med små prøveemner til bestemmelse af temperaturgradienten gennem væggen, og dels fuldskalaforsøg med hele vægge.

Brandforsøgene er udført på Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut. Brandforsøgene viste, at de udviklede beregningsformler var i god overensstemmelse med forsøgsresultaterne.

Ved udvikling af beregningsmetoderne er anvendt middelværdier for materialeegenskaberne for at kunne sammenligne direkte med resultaterne fra fuldskalaforsøgene.

Ved dimensionering mod brand skal anvendes karakteristiske materialeleværdier.

For nærmere dokumentation henvises til følgende rapporter:
 [1] Kristian Hertz: Documentation for calculations of Standard Fire Resistance of Slabs and Walls of Concrete with expanded clay aggregates. Report R-048.BYG.DTU, december 2002.

[2] Kristian Hertz og Ernst Jan de Place Hansen: Brandteknisk dimensionering af letklinkerbeton. Beregning af brandmodstandstid, sagsrapport. BYG.DTU, SR-01-10, 2001.

[3] Kristian Hertz: Beregningsmetode til brandteknisk dimensionering af konstruktioner i letklinkerbeton, rapport R-017. DTU, 1997.

Brandadskillende vægge

Vægge opført af letklinkerblokke som ikke bærende, brandadskillende vægge kan opføres i henhold til nedenstående tabel. Det forudsættes, at fuger og samlinger udføres korrekt.

	El 60 A2-s1,d0 (BS 60)	El 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

Beregningsmetode

Temperaturen (T) i væggen til tiden t (min.), i dybden x (m) fra den brandpåvirkede side bestemmes som for beton i h.t. DS 411.

$$T(x,t) = 312 \cdot \log(8t + 1) \cdot e^{-1,9 \cdot K(t) \cdot x} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - K(t) \cdot x\right)$$

$$\text{hvor } K(t) = \sqrt{\frac{\pi \cdot \rho \cdot c_p}{750 \cdot \lambda \cdot t}}$$

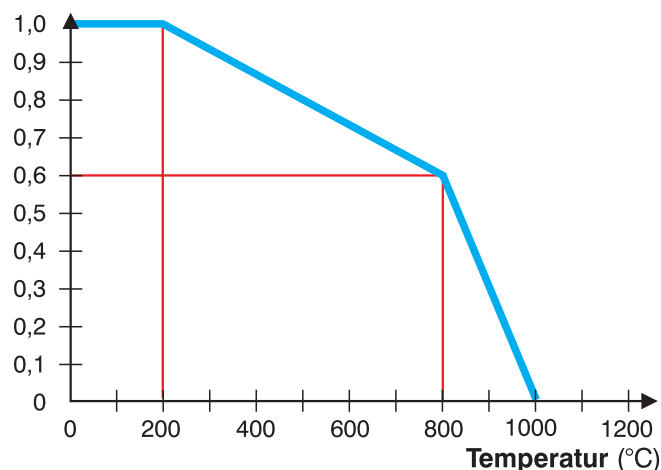
For densiteten ρ (kg/m^3) og varmeledningsevnen λ ($\text{W/m}^\circ\text{C}$) indsættes de aktuelle værdier for letklinkerbetonen.

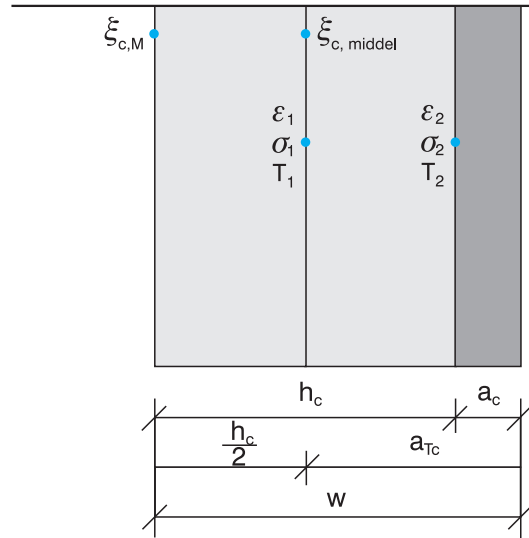
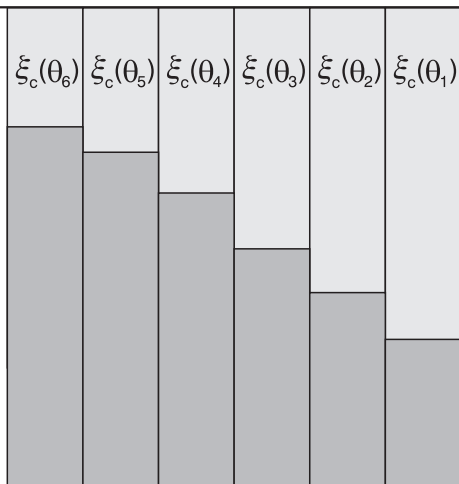
Den specifikke varmekapacitet c_p ($\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$) sættes som for beton.

Letklinkerbetonens trykstyrke og bøjningstrækstyrke reduceres som for beton med en temperaturafhængig reduktionsfaktor på ξ_c .

Letklinkerbetonens elasticitetsmodul reduceres med faktoren $(\xi_c)^2$.

Reduktionsfaktoren, der afviger lidt fra betons, er angivet i diagrammet nedenfor.

Trykstyrkereduktion (ξ_c)



Hensyntagen til reduktionen i tværsnittets styrkeegenskaber under branden udføres ved at arbejde med et reduceret tværsnit med konstante parametre og en skadet randzone, som ikke tages i regning.

$$\xi_{c, \text{middel}} = \frac{1}{w} \cdot \int_0^w \xi_c(T(x)) dx$$

hvor w er vægtykkelsen.

$\xi_{c, \text{middel}}$ kan bestemmes ved at opdele væggen i f.eks. n lige tykke lag.

$$\xi_{c, \text{middel}} = \frac{(1-0,2/n)}{n} \sum_{i=1}^n \xi_c(\theta_i)$$

Da udbøjning og stabilitet er afgørende, sættes tykkelsen af den beskadigede randzone til:

$$a_c = w \cdot \left(1 - \left(\frac{\xi_{c, \text{middel}}}{\xi_{c, M}} \right)^{1,3} \right)$$

Hvor $\xi_{c, M}$ svarer til temperaturen på bagsiden af væggen.

Trykstyrke, bøjningstrækstyrke og elasticitetsmodul sættes til 0 i den beskadigede randzone og i det reducerede tværsnit til:

$$f_{cd}(T) = \xi_{c, M}(T) \cdot f_{cd}(20^\circ)$$

$$f_{ctd}(T) = \xi_{c, M}(T) \cdot f_{ctd}(20^\circ)$$

$$E_{cd}(T) = (\xi_{c, M}(T))^2 \cdot E_{cd}(20^\circ)$$

Materialeparametre indsættes med de regningsmæssige værdier, der svarer til det pågældende lasttilfælde, d.v.s. i lasttilfælde 3.3, brand skal anvendes karakteristiske værdier.

Bidraget til excentriciteten fra den termiske udbøjning bestemmes af følgende:

$$e_{\text{termisk}} = \frac{1}{8} \cdot \frac{2 \cdot (\varepsilon_2 \cdot k_2 - \varepsilon_1 \cdot k_1) \cdot a_{Tc}}{h_c^2} \cdot l_s^2$$

$$\varepsilon_1 = \beta \cdot \frac{T_1^2}{1000}$$

$$\varepsilon_2 = \beta \cdot \frac{T_2^2}{1000}$$

$$k_1 = \left(1 - 2,35 \cdot \frac{\sigma_1}{f_{cd}} \right) \text{ dog mindst } 0$$

$$k_2 = \left(1 - 2,35 \cdot \frac{\sigma_2}{f_{cd}} \right) \text{ dog mindst } 0$$

6 Beregningsmetode

$\varepsilon_1, \sigma_1, T_1$: Den termiske tøjning, trykspænding og temperatur i midten af det reducerede tværsnit.

$\varepsilon_2, \sigma_2, T_2$: Den termiske tøjning, trykspænding og temperatur ved kanten af den beskadede randzone.

h_c : Tykkelsen af det reducerede tværsnit.

a_{Tc} : Afstanden fra midten af det reducerede tværsnit til vægsiden mod branden.

β : Temperaturudvidelseskoefficienten.

k_1, k_2 : Faktor, der tager hensyn til den transiente tøjning, d.v.s. den del af den termiske udvidelse, som ikke finder sted p.g.a. trykspændingerne i væggen.

l_s : Søjlelængden

Bidraget til excentriciteten fra lasten og understøtningsforholdene bestemmes af følgende:

$$e_{\text{last}} = \frac{1}{16} \cdot \frac{(\chi_t + \chi_b)}{I_s^2}$$

Da e_{termisk} er den dominerende udbøjning, er e_{last} bestemt som udbøjningen midt på væggen.

$$\chi_t = \frac{M_{\text{top}}}{E_{cd}(T) \cdot I_c}, \text{ krumning i top af væg}$$

$$\chi_b = \frac{M_{\text{bund}}}{E_{cd}(T) \cdot I_c}, \text{ krumning i bund af væg}$$

$$M_{\text{top}} = P \cdot e_{\text{top}}$$

$$M_{\text{bund}} = P \cdot e_{\text{bund}}$$

e_{top} : Excentriciteten på den påførte last

e_{bund} : Afhænger af understøtningsforholdene forned, se illustrationen næste side.

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_c^3$$

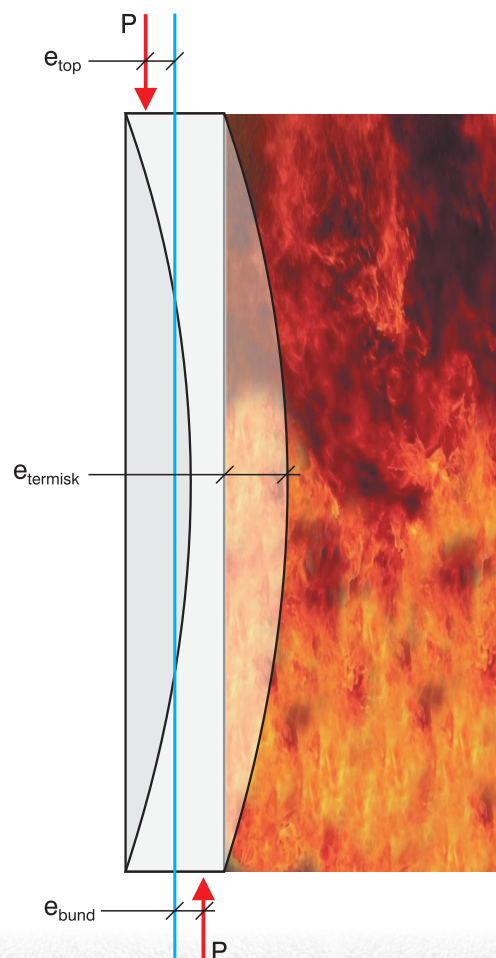
b : vægbredde (længden af væggen)

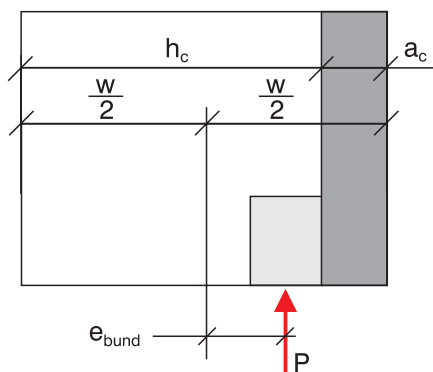
P : Den lodrette belastning på væggen inkl. halvdelen af væggenes egenlast.

Væggene er regnet simpelt understøttet foroven og understøttet på et plant underlag forned.

Når væggen krummer ind mod branden, vil undersiden vippe, således at lasten står ude på kanten. Efterhånden som kanten knuses, vil reaktionen rykke indad mod midten.

Reaktionen regnes at virke i centerlinjen af trykzonen, der begynder ved kanten af den skadede zone.





$$e_{\text{bund}} = \frac{w}{2} - a_c - \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{b \cdot f_{cd}}$$

Herefter kan den samlede excentricitet midt på væggen bestemmes.

Da lasten skal henføres til centerlinjen for det reducerede tværsnit, skal der indregnes et tillæg $\frac{1}{2} \cdot a_c$ til excentriciteten.

Den samlede excentricitet bliver:

$$e_{\text{total}} = e_{\text{termisk}} + e_{\text{last}} + \frac{a_c}{2}$$

Væggens brandmodstandsevne/bæreevne bestemmes herefter ved Navier's spændingsformler og Euler og Rankines søjleformler.

Tværsnittets trykbæreevne:

$$F_U = h_c \cdot b \cdot f_{cd}(T)$$

Tværsnittets søjlebæreevne efter Eulerformlen:

$$F_E = \pi^2 \cdot \frac{E_{cd}(T) \cdot I_c}{l_s^2}$$

Tværsnittets Rankine bæreevne:

$$F_R = \frac{1}{\left(\frac{1}{F_U} + \frac{1}{F_E} \right)}$$

Hensyntagen til søjlebæreevnen efter Rankine formelen kan fås ved at bestemme den regningsmæssige excentricitet i henhold til følgende:

$$e_d = \left(e_{\text{termisk}} + e_{\text{last}} + \frac{1}{2} a_c \right) \cdot \frac{\left(1 - \frac{P}{F_U} \right)}{\left(1 - \frac{P}{F_R} \right)}$$

Herefter fås Navierbæreevnen F_c og F_{ct} for henholdsvis maksimal trykspænding og minimal trækspænding.

$$F_c = \frac{f_{cd}(T)}{\left(\frac{e_d \cdot h_c}{2 \cdot I_c} + \frac{1}{h_c \cdot b} \right)}$$

$$F_{ct} = \frac{f_{ctd}(T)}{\left(\frac{e_d \cdot h_c}{2 \cdot I_c} - \frac{1}{h_c \cdot b} \right)}$$

Beregningerne udføres i passende tidsstep.

For hvert tidsinterval bestemmes udbøjningstillegget ud fra den bestemte spændingsfordeling.

Det er fundet, at et tidsstep på 10 min. giver tilstrækkelig nøjagtige resultater.

Brandforsøgene blev udført på Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut.

Der udførtes først en række indledende forsøg med temperaturmålinger i 60 punkter af en væg opmuret af blokke i forskellige tykkelser for at bestemme temperaturfordelingen gennem væggen.

I første etape udførtes et fuldskalaforsøg med en 3 m høj, 100 mm tyk blokvæg påvirket af en last på 10 kN/m med en excentricitet på 20 mm mod branden. Temperaturen målte i en række punkter. Blokvæggen var pudset.

I anden etape udførtes fuldskalaforsøg med en 2,40 m høj, 100 mm tyk blokvæg påvirket af en last på 7,5 kN/m med en excentricitet på 15 mm væk fra branden. Efter en brandtid på 120 min. øgedes lasten til 17,5 kN/m, hvorefter væggen brød.

Den specifikke varmekapacitet:

$$c_p = 1,0 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

Varmeledningsevnen:

$$\lambda = 0,30 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ (i varm tilstand)}$$

Temperaturudvidelseskoefficienten

$$\beta = 0,90 \times 10^{-5}$$

Densitet:

$$\rho = 600 \text{ kg/m}^3$$

Trykstyrke, mid.: $f_{cm} = 3,75 \text{ MPa}$

Trykstyrke, kar.: $f_{ck} = 2,50 \text{ MPa}$

Elasticitetsmodul, mid.: $E_{cm} = 2500 \text{ MPa}$

Elasticitetsmodul; kar.: $E_{ck} = 2190 \text{ MPa}$

Bøjningstrækstyrke, mid.: $f_{ctm} = 0,30 \text{ MPa}$

Bøjningstrækstyrke, kar.: $f_{ctk} = 0,20 \text{ MPa}$

I henhold til bygningsreglement 1995 med tilhørende tillæg 1-5 og bygningsreglement for småhuse 1998 med tilhørende tillæg 1-4 stilles der for en række anvendelser krav til brandmodstandsevnen af vægge. Dette gælder både for bærende og ikke-bærende bygningsdele. Klasserne i nedenstående tabel anvendes i bygningsreglementerne.

Europæiske klasser	Hidtidige klasser
Bærende, ikke adskillende bygningsdele	
R 30 A2-s1,d0	BS-30
R 60 A2-s1,d0	BS-60
R 120 A2-s1,d0	BS-120
R 30	BD-30
R 60	BD-60
Bærende, adskillende bygningsdele	
REI 30 A2-s1,d0	BS-30
REI 60 A2-s1,d0	BS-60
REI 120 A2-s1,d0	BS-120
REI 30	BD-30
REI 60	BD-60
Ikke-bærende, adskillende bygningsdele	
EI 30 A2-s1,d0	BS-30
EI 60 A2-s1,d0	BS-60
EI 120 A2-s1,d0	BS-120
EI 30	BD-30
EI 60	BD-60
E 30	F-30
E 60	F-60

I klasserne for brandmodstandsevne er:

R: bæreevne

E: integritet

I: isolation

Byggevarers egenskaber m.h.t. reaktion på brand er inddelt i følgende primærklasser:

A1: er højeste niveau, som ikke kan kombineres med tillægsklasser.

A2: som skal kombineres med tillægsklasse for røg (s) og brændende dråber (d)

B: som skal kombineres med tillægsklasse for røg (s) og brændende dråber (d)

C: som skal kombineres med tillægsklasse for røg (s) og brændende dråber (d)

D: som skal kombineres med tillægsklasse for røg (s) og brændende dråber (d)

E: kan enten stå alene eller kombineres med d2

F: som betyder, at det ikke er dokumenteret, at produktet lever op til noget klassifikationskrav og derfor ikke kombineres med tillægsklasser.

Byggevarer, som opfylder de europæiske klasser, vil umiddelbart opfylde kravene til den tilsvarende danske klasse. Det er ikke muligt tilsvarende at sige, at en byggevare, som opfylder en af de hidtidige danske klasser, også vil opfylde den tilsvarende europæiske klasse, da kravene i det europæiske system i nogle tilfælde kan være hårdere.

I henhold til kommissionsbeslutning af 4. oktober 1996 er letklinkerbeton klassificeret på højeste niveau som klasse A1 materiale uden krav om yderligere dokumentation.

Bæreevnen i brandtilfældet er bestemt som den karakteristiske bæreevne og skal sammenlignes med lasten i lastkombination 3.3, ulykkeslast - brand (jf. norm for sikkerhed DS 409).

Diagrammerne må ikke anvendes til normal bæreevnebestemmelse.

Diagrammerne gælder for blokvægge, der er pudset.

P: Lodret last i lastkombination 3.3 (kN/m) (inkl. halvdelen af væggens egenlast)

e: Excentricitet. Regnet positiv mod brand og negativ væk fra brand (mm)

e_1 : Størst mulig excentricitet regnet med fortegn (positiv mod brand) (mm)

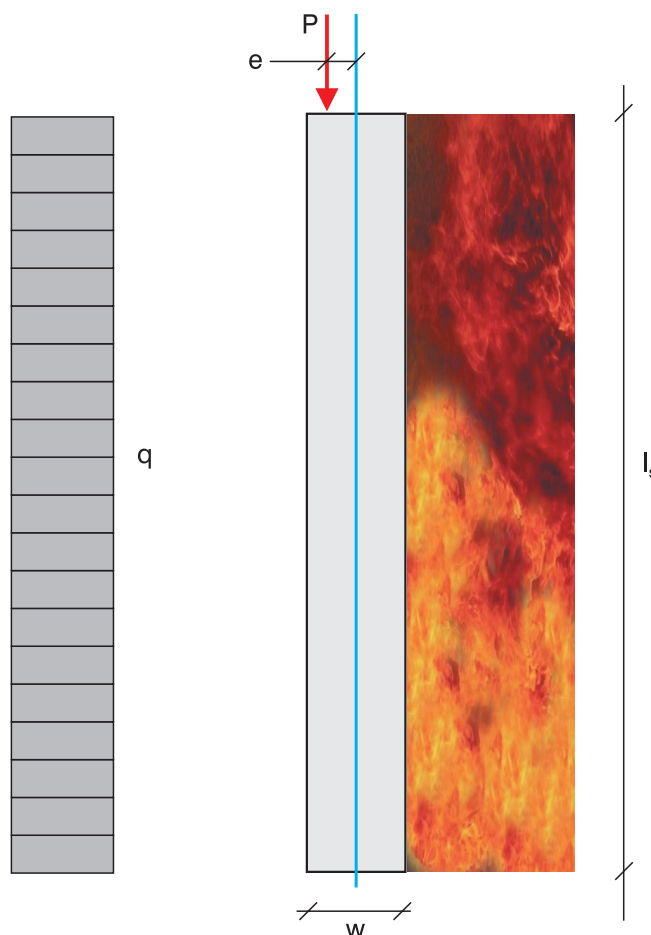
e_2 : Mindst mulig excentricitet regnet med fortegn (negativ væk fra brand) (mm)

q: Vandret last i lastkombination 3.3 (kN/m²)

q_1 : Vandret last væk fra brand (kN/m²)

q_2 : Vandret last mod brand (kN/m²)

w: Vægtykkelse (m)



Excentriciteten beregnes som angivet i murværksnormen DS 414, Annex A.

e_1 og e_2 er excentriciteter for normalkræfter fra dæk eller bjælker, der hviler af på væggen.

Afhængig af hvad der er mest ugunstigt, regnes kræfterne at angribe i enten vederlagsfladernes trediedelspunkt eller i vederlagsfladernes midtpunkt.

$$e_1 = (w/2) - (1/3) a_1$$

$$e_2 = (w/2) - (1/2) a_2$$

hvor a_1 er den mindste vederlagsdybde og a_2 er den maksimale vederlagsdybde.

Herefter bestemmes den maksimale og minimale excentricitet under hensyn til tværlasten.

$$e_{\max} = e_1 + \frac{q_1 \cdot l_s^2}{8 \cdot P}$$

$$e_{\min} = e_2 - \frac{q_2 \cdot l_s^2}{8 \cdot P}$$

Den karakteristiske bæreevne for den pågældende brandmodstandsevne aflæses herefter af diagrammerne som den mindste af bæreevnerne for henholdsvis e_{\max} og e_{\min} .

For vægge, som er 3- eller 4-sidig understøttet kan søjlelængden reduceres efter følgende formler fra DS 414, norm for murværkskonstruktioner:

For et vægfelt understøttet på 4 sider:

$$l_s = \frac{H}{1 + \left(\frac{H}{B}\right)^2} \quad \text{for } B \geq H$$

$$l_s = \frac{B}{2} \quad \text{for } B < H$$

B = Afstand mellem tværunderstøtninger (m)

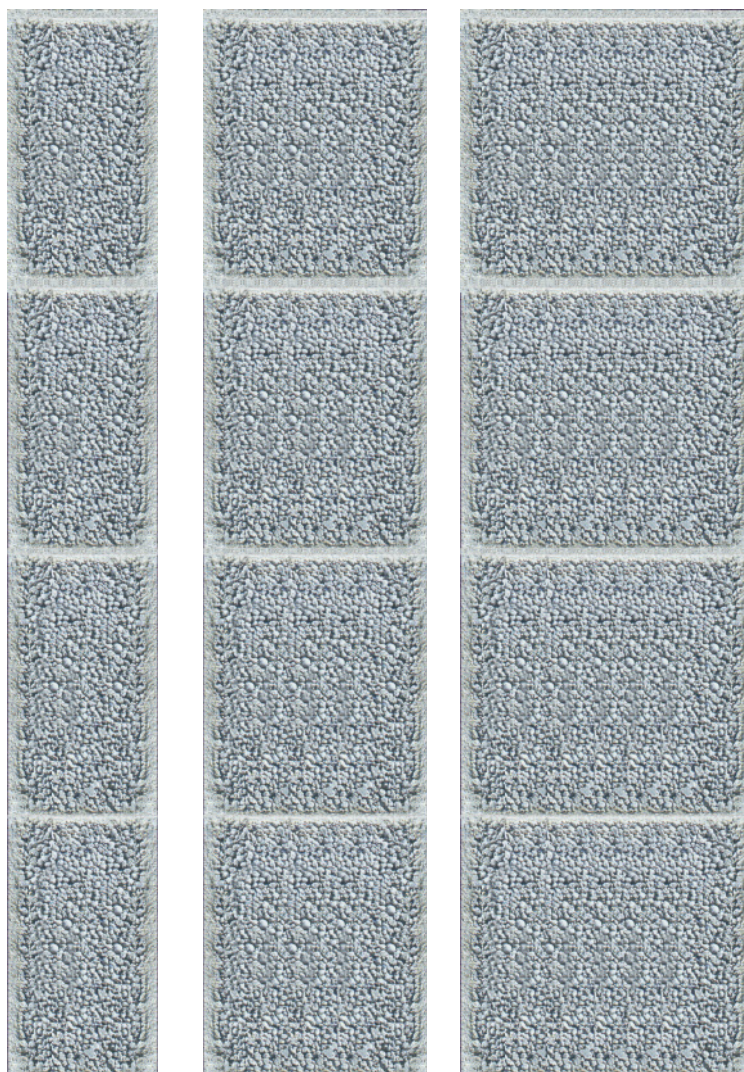
H = Væghøjde (m)

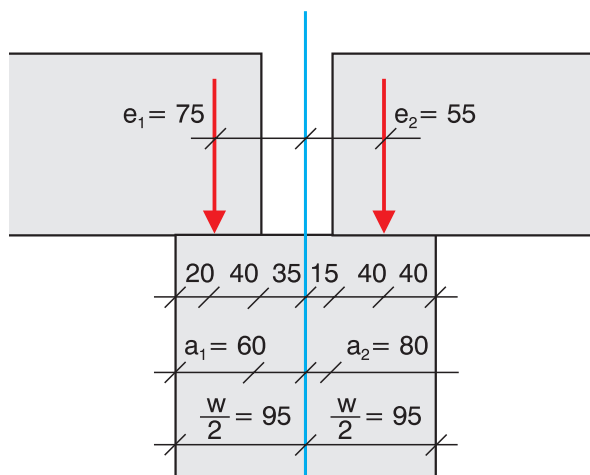
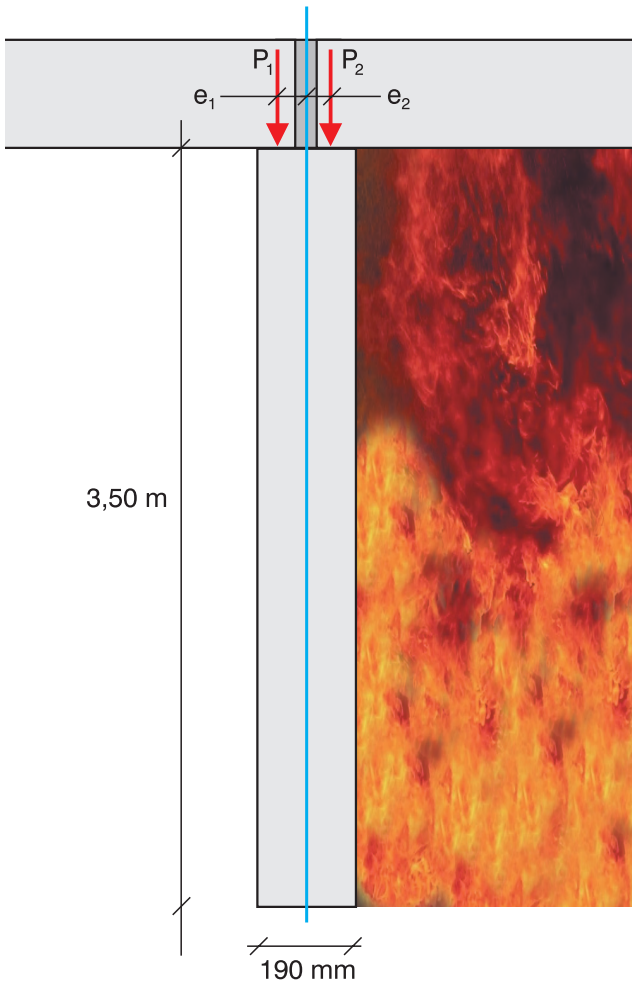
l_s = Søjlelængde (m)

For et vægfelt understøttet på 3 sider:

$$l_s = \frac{H}{1 + \left(\frac{H}{3B}\right)^2} \quad \text{for } B \geq \frac{H}{3}$$

$$l_s = \frac{3}{2} \cdot B \quad \text{for } B < \frac{H}{3}$$



Eksempel med e_{\min} **Eksempel 1**

Indervæg med dæklast fra 2 sider.

Brandkrav: REI 60 A2-s1,d0 (BS 60).

Vægtykkelse (w) = 0,190 m

Søjlelængde (l_s) = 3,50 m

Karakteristiske laste i brandtilfældet, lasttilfælde 3.3:

Ingen vandret last

$P_1 = 16 \text{ kN/m}$

$P_2 = 26 \text{ kN/m}$

$P = P_1 + P_2 = 42 \text{ kN/m}$

Foreskrevet vederlag: 70 mm

Med tolerancer fås:

Minimumsvederlag: $a_1 = 60 \text{ mm}$

Maksimalt vederlag: $a_2 = 80 \text{ mm}$

$$e_1 = \frac{190}{2} - \frac{1}{3} \cdot 60 = 75 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{190}{2} - \frac{1}{2} \cdot 80 = 55 \text{ mm}$$

Ovennævnte excentriciteter kan optræde fra dækkene fra begge sider.

Kombineres disse excentriciteter på farligste måde, fås den maksimale og minimale excentricitet, regnet positiv mod branden, som anført nedenfor.

$$e_{\max} = \frac{16 \cdot (-55) + 26 \cdot 75}{42} = 25 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = \frac{16 \cdot (-75) + 26 \cdot 55}{42} = 5 \text{ mm}$$

Bæreevnen aflæses af diagrammet side 18 øverst.

$R_1 = 50 \text{ kN/m}$

$R_2 = 80 \text{ kN/m}$

Bæreevnen, $R_{d,\text{brand}}$ i brandtilfældet er den mindste af R_1 og R_2 .

$$R_{d,\text{brand}} = 50 \text{ kN/m} > P = 42 \text{ kN/m}$$

Eksempel 2

Ydervæg med last fra tag.

Brandkrav: REI 30 A2-s1,d0 (BS30).

Vægtykkelse (w) = 0,100 m

Søjlelængde (l_s) = 2,60 m

Karakteristiske laste i brandtilfældet, lasttilfælde 3.3:

Reaktion fra tag: $P_{\max} = 12 \text{ kN/m}$

Reaktion fra tag: $P_{\min} = 4 \text{ kN/m}$

Excentricitet: $e_1 = 25 \text{ mm}$

Excentricitet: $e_2 = -10 \text{ mm}$

Karakteristisk vindlast: $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

$$q_{\text{vind}} = \gamma_{\text{brand}} \cdot c \cdot q_k$$

$$\gamma_{\text{brand}} = 0,25$$

γ_{brand} er partialkoefficient i brandtilfældet

c = formfaktor for vindlast

c bestemmes som summen af udvendig vindlast og indvendigt over- eller undertryk.

$$c(\text{vindsug}): 0,9 + 0,2 = 1,1$$

$$c(\text{vindtryk}): 0,7 + 0,3 = 1,0$$

$$q_1 = 0,25 \cdot 1,1 \cdot 0,75 = 0,21 \text{ kN/m}^2 \text{ (vindsug)}$$

$$q_2 = 0,25 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,19 \text{ kN/m}^2 \text{ (vindtryk)}$$

Tilfælde 1, P_{\min} + vind

$$e_{\max} = 25 + \frac{0,21 \cdot 2,60^2}{8 \cdot 4,0} \cdot 10^3 = 25 + 44 = 69 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = -10 - \frac{0,19 \cdot 2,60^2}{8 \cdot 4,0} \cdot 10^3 = -10 - 40 = -50 \text{ mm}$$

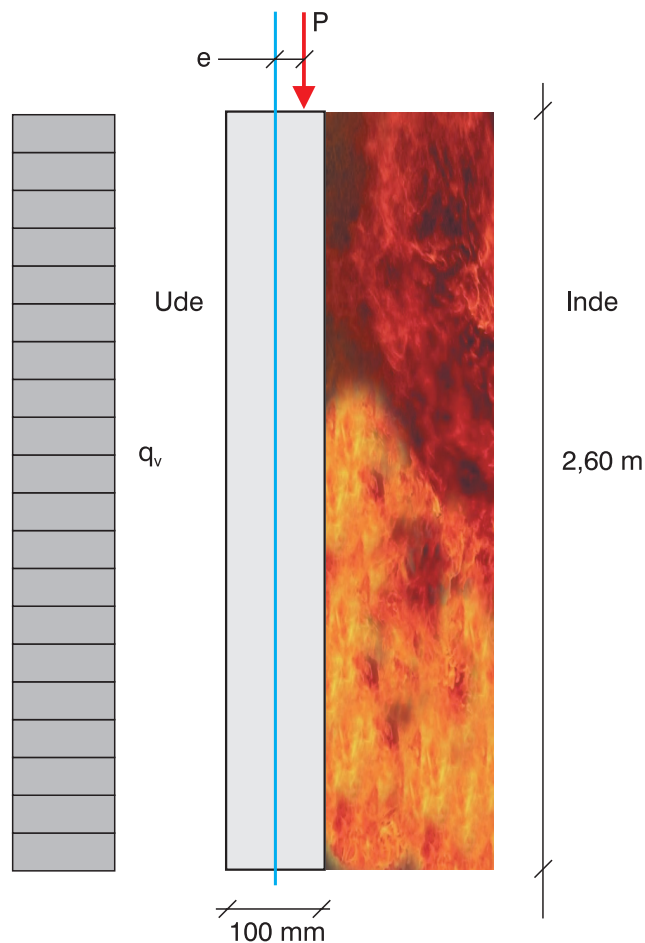
Af diagrammet side15 øverst fås:

$$R_1 = 9 \text{ kN/m}$$

$$R_2 = 12 \text{ kN/m}$$

Bæreevnen $R_{d,\text{brand}}$ i brandtilfældet er den mindste af R_1 og R_2 .

$$R_{d,\text{brand}} = 9 \text{ kN/m} > P_{\min} = 4 \text{ kN/m}$$



Tilfælde 2, P_{\max} + vind

$$e_{\max} = 25 + \frac{0,21 \cdot 2,60^2}{8 \cdot 12,0} \cdot 10^3 = 25 + 15 = 40 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = -10 - \frac{0,19 \cdot 2,60^2}{8 \cdot 12,0} \cdot 10^3 = -10 - 13 = -23 \text{ mm}$$

Af diagrammet side15 øverst fås:

$$R_1 = 16 \text{ kN/m}$$

$$R_2 = 30 \text{ kN/m}$$

Bæreevnen $R_{d,\text{brand}}$ i brandtilfældet er den mindste af R_1 og R_2 .

$$R_{d,\text{brand}} = 16 \text{ kN/m} > P_{\max} = 12 \text{ kN/m}$$

For de tilfælde, som ikke er dækket af diagrammerne, er det muligt selv at foretage en beregning af brandmodstandstiden på et beregningsprogram.

Beregningsprogrammet er nemt at bruge og kan hentes ned fra nettet fra BIB's hjemmeside: www.bib-blokke.dk.

Anvendelse af programmet er helt på eget ansvar, og hverken programmør eller distributør kan drages til ansvar i forbindelse med brug eller installation deraf.

Programbeskrivelse

Programmet beregner bæreevnen af en væg af letklinkerblokke påvirket af en standardbrand efter ISO 834.

I programmet kan væggen tykkelse og højde varieres. Der kan vælges mellem beregning med middelværdier og karakteristiske værdier, og der kan påføres en linielast og en excentricitet for denne på væggen overside. Linielastens excentricitet regnes negativ hvis den giver det største tryk på den side af væggen, der vender bort fra branden og positiv mod branden.

Beregningen giver brandmodstandstiden for den påførte linielast, og samtidig oplyses bæreevnen og udbøjningen for hvert 10. minut inden for fire timer af en standardbrand ved påvirkning af denne linielast, så man kan afgøre, hvor tæt man er på brud.

Linielasten, der står på væggen under branden, er bestemmende for udbøjningen og dermed for bæreevnen i udbøjet tilstand. Derfor er bæreevnen til den faste tid afhængig af, hvilken linielast, der har stået på væggen under opvarmningen.

Ønskes det at bestemme den last, som væggen kan bære frem til et givet tidspunkt, må der itereres ved at variere lasten indtil brandmodstandstiden svarer til tidspunktet.

Programmet skriver endvidere filer med sit primære resultat og filer med tabeller over udviklingen i den beregnede bæreevne, udbøjning og indre excentricitet gennem fire timer af en standardbrand.

Beregningen udføres i tidsstep á 10 minutter, og i hvert tidsstep beregnes den akkumulerede udbøjning under hensyn til svækkelsen af betontværsnittet og de transiente tøjningsforhold, og der udføres en stabilitetsundersøgelse for denne tilstand.

Installation af programmet

Programmet hentes ned fra nettet på BIB's hjemmeside: www.bib-blokke.dk. Med programmet følger en detaljeret vejledning om installation og brug af programmet.

Beregningsprogrammet hedder LKBL.exe.

Udover beregningsprogrammet findes en række resultatfiler.

LKBL.RES:

der gemmer resultatet, som også står på skærmen.

LKBLFULT.RES:

med en tabel over bæreevnen udvikling fra 0 til 240 min.

LKBLUM.RES:

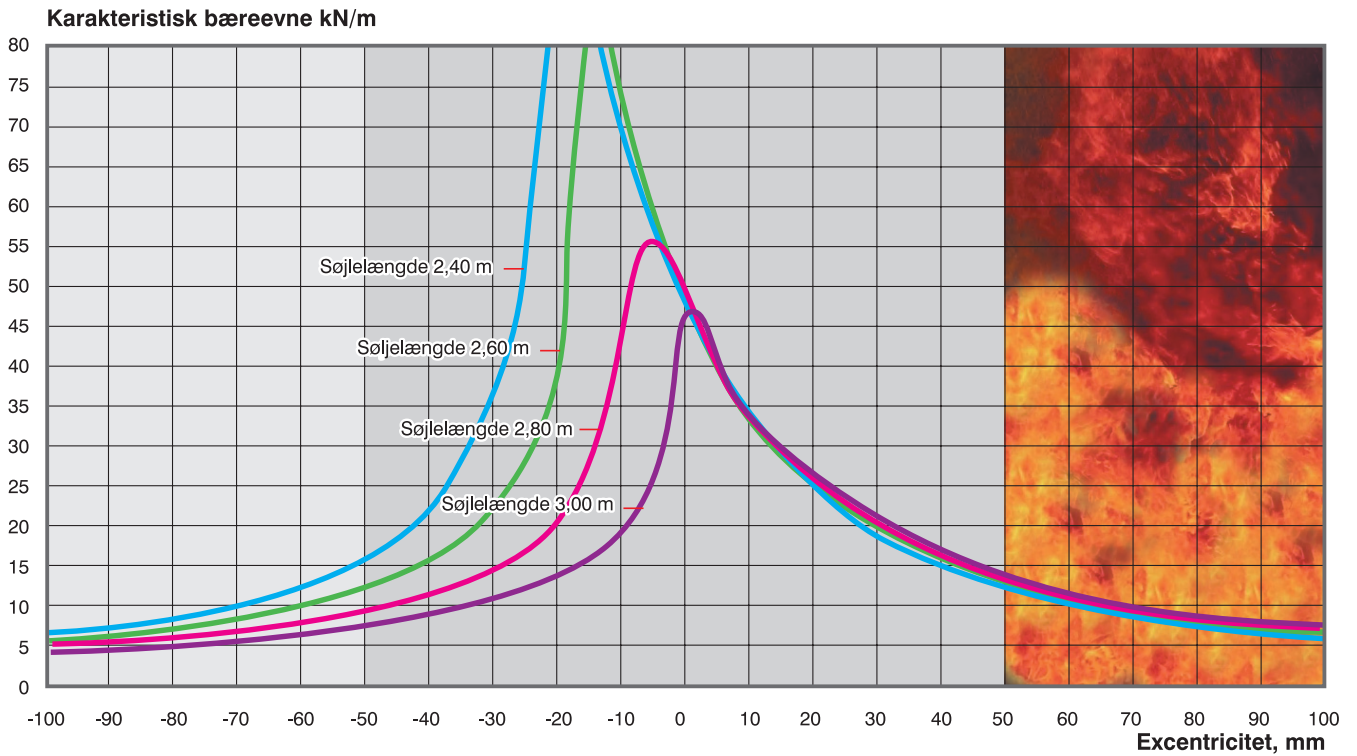
med en tabel over udbøjningen fra 0 til 240 min.

LKBLEUNA.RES:

med en tabel over den indre excentricitet fra 0 til 240 min.

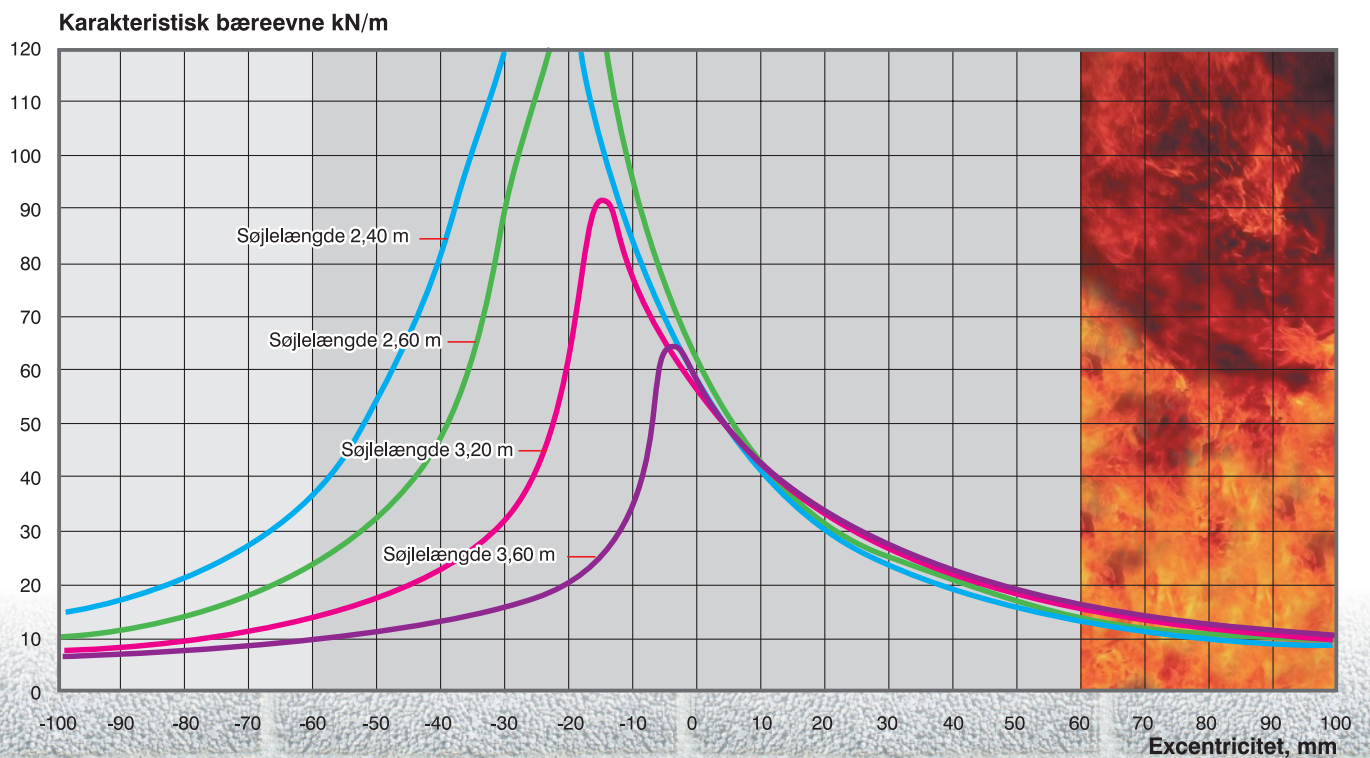
REI 30 A2-s1,d0 (BS 30)

Blokvæg i tykkelsen 100 mm



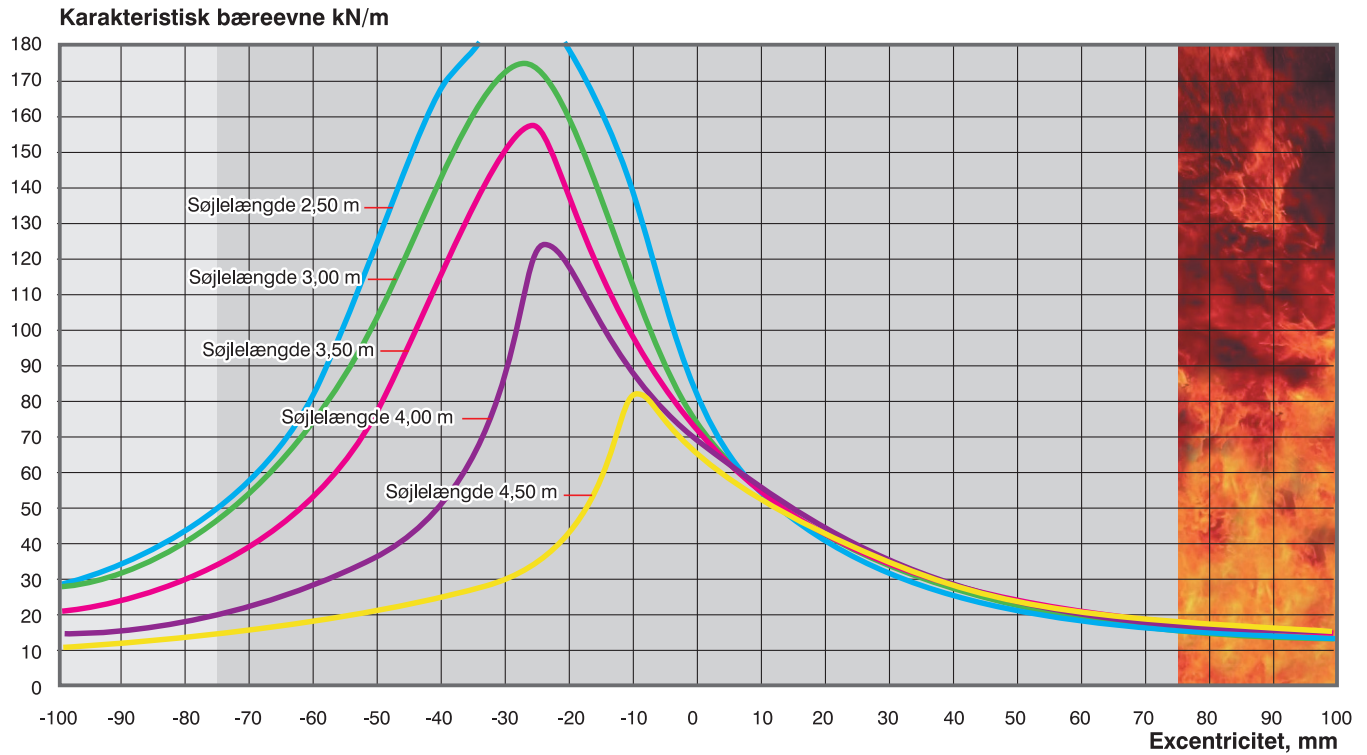
REI 30 A2-s1,d0 (BS 30)

Blokvæg i tykkelsen 120 mm



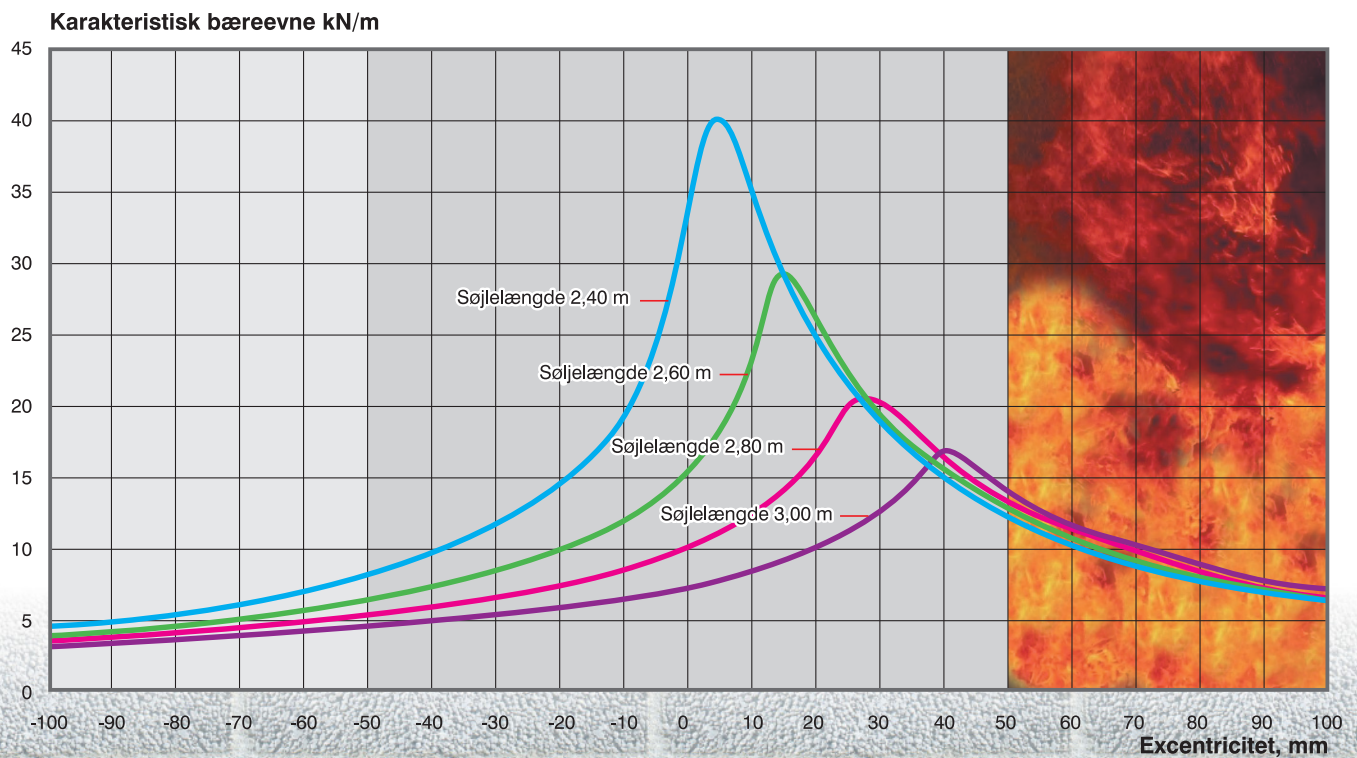
REI 30 A2-s1,d0 (BS 30)

Blokvæg i tykkelsen 150 mm



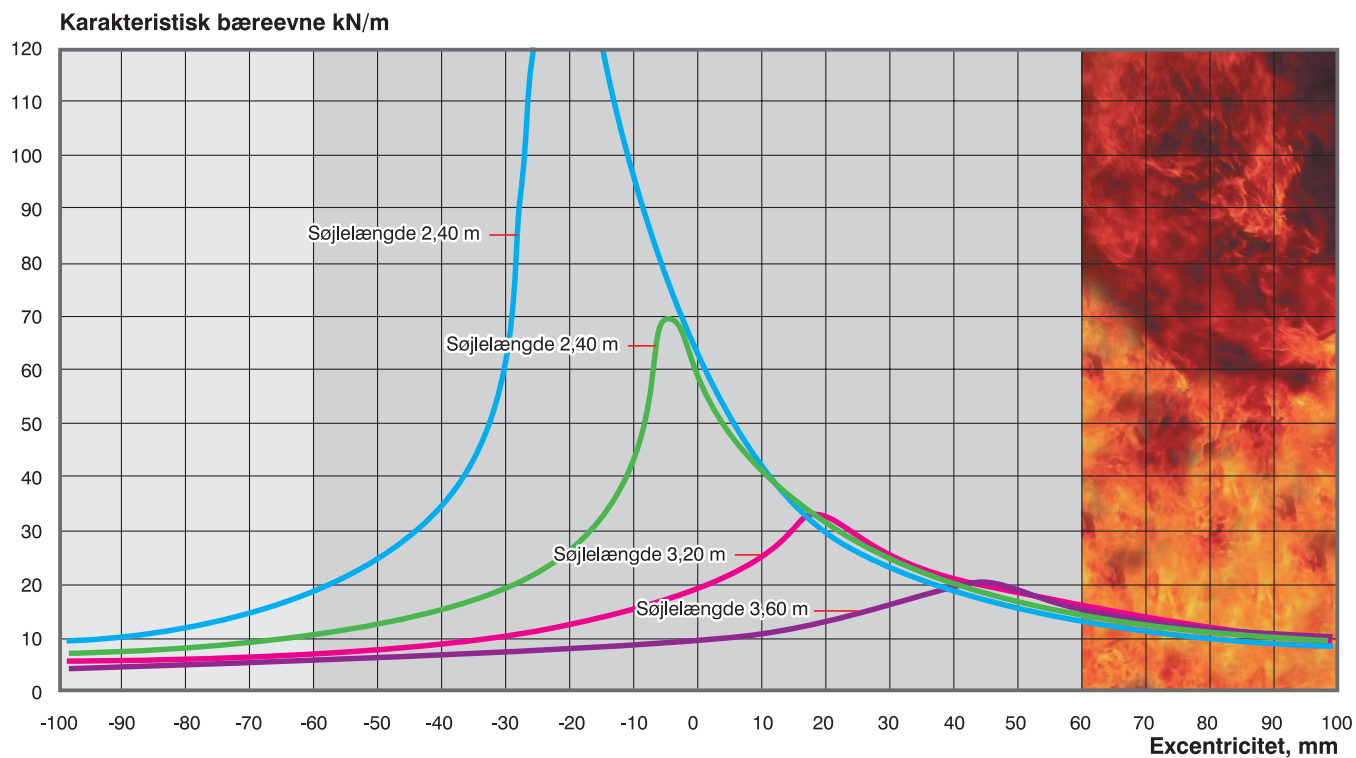
REI 60 A2-s1,d0 (BS 60)

Blokvæg i tykkelsen 100 mm



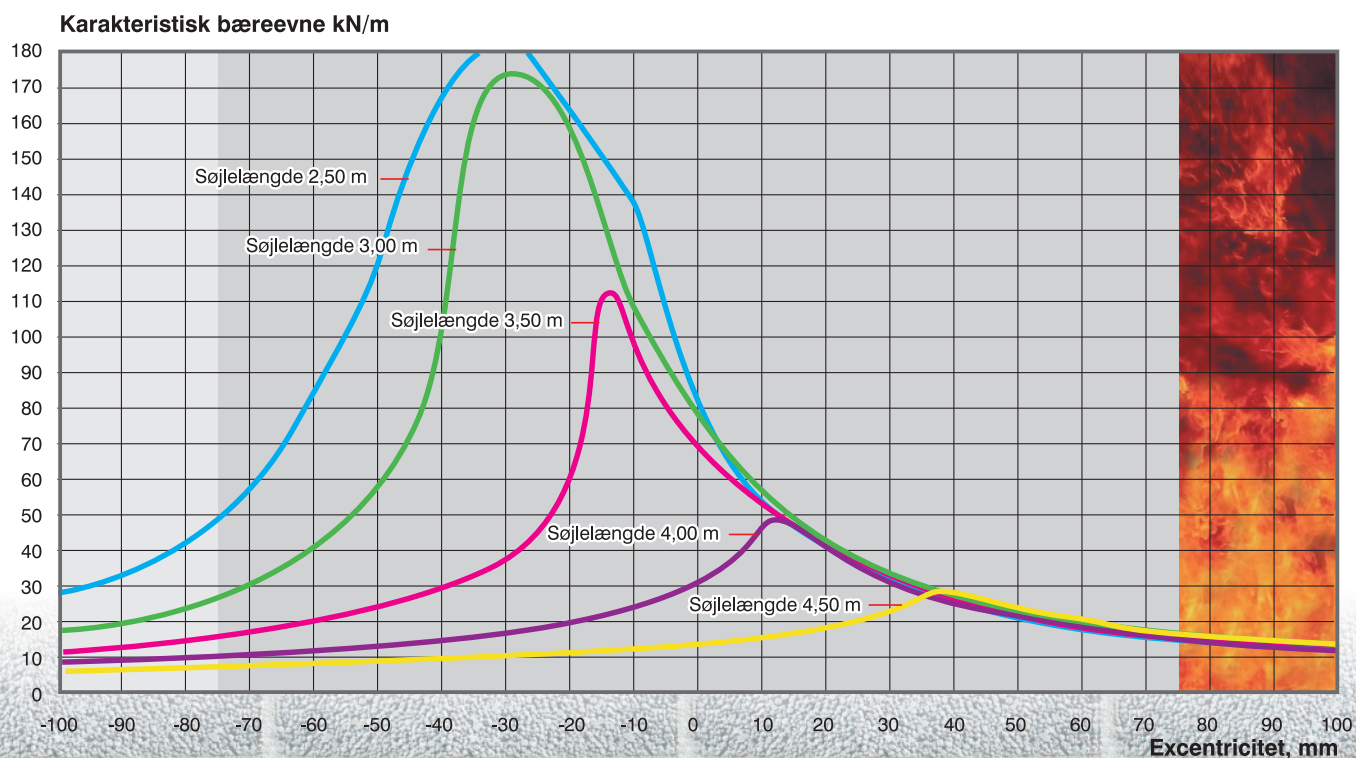
REI 60 A2-s1,d0 (BS 60)

Blokvæg i tykkelsen 120 mm



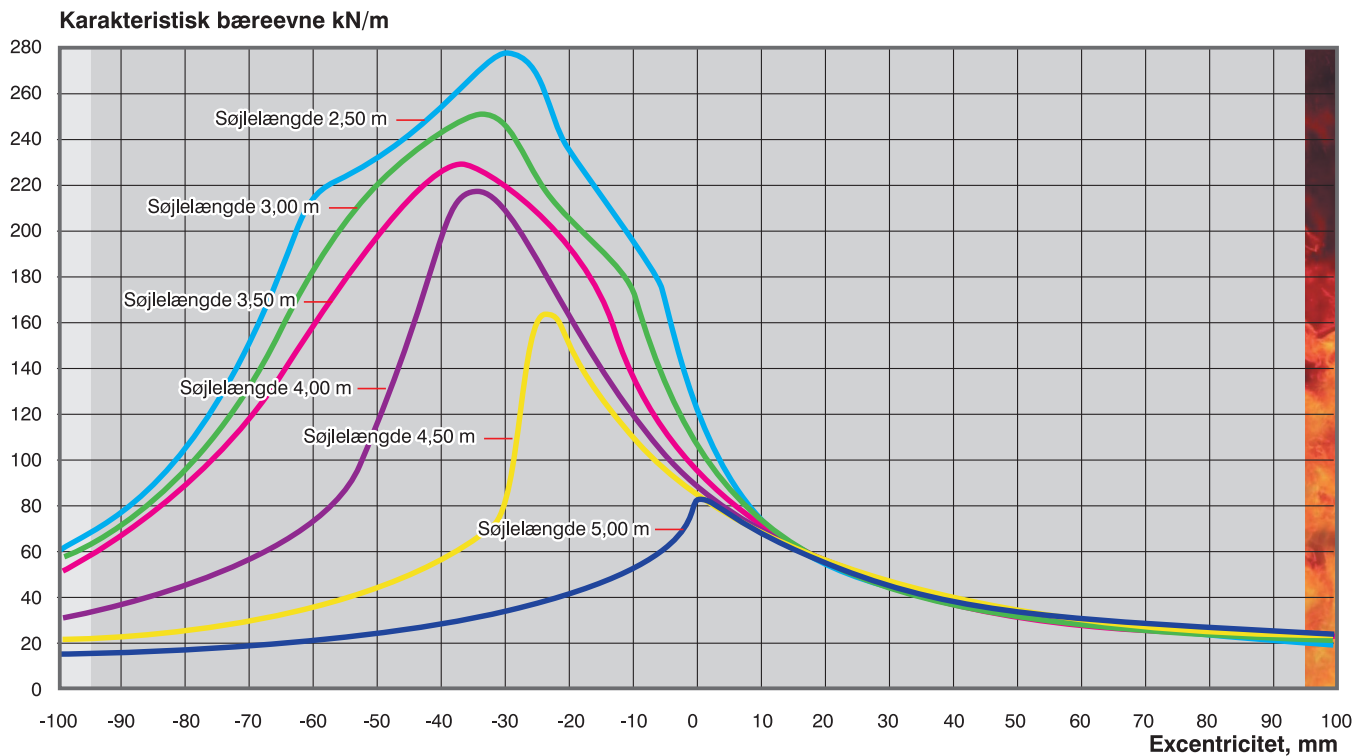
REI 60 A2-s1,d0 (BS 60)

Blokvæg i tykkelsen 150 mm



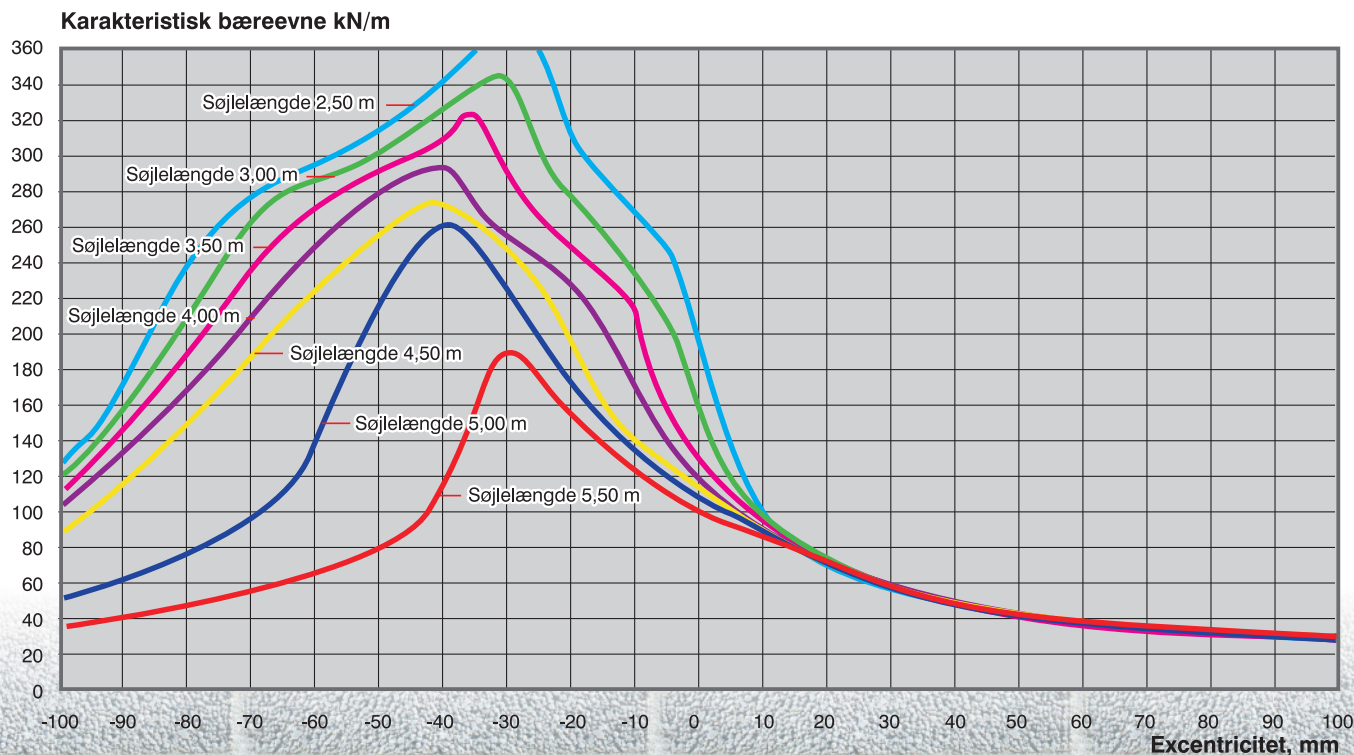
REI 60 A2-s1,d0 (BS 60)

Blokvæg i tykkelsen 190 mm



REI 60 A2-s1,d0 (BS 60)

Blokvæg i tykkelsen 230 mm





Sekretariatet:

Dansk Beton Industriforening
 Telefon: 72 16 00 00
 Telefax: 72 16 00 10
 E-mail: info@danskbyggeri.dk
 www.danskbyggeri.dk



LECA-BYGGEINFORMATION

Telefon: 87 61 02 01
 Telefax: 87 61 44 05
 E-mail: leca@leca.dk
 www.leca.dk



maxit Group

Telefon: 70 10 10 25
 Telefax: 87 42 72 05
 E-mail: maxit@maxit.dk
 www.maxit.dk

AALBORG PORTLAND



CtO · Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor
 Telefon: 99 33 77 54
 Telefax: 98 10 11 86
 E-mail: cto@aalborg-portland.dk
 www.aalborg-portland.dk

Kvalitetssikring

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



Betonvarekontrollen (BVK)



BVQI - Denmark A/S



Dansk Beton Certificering

Astrup Cementstøberi A/S

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

IBF Betonvarer

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

Simsted Cementstøberi ApS

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

Dansk Leca A/S

Postboks 187
 8900 Randers
 Telefon: 87 61 02 01
 Telefax: 87 61 02 05
 E-mail: leca@leca.dk
 www.leca.dk

Karlshøj Bloksten

Karlshøj 14
 4733 Tappernøje
 Telefon: 55 56 42 15
 Telefax: 55 56 45 84
 E-mail: karlshoj@mail.tele.dk
 www.karlshoj-bloksten.dk

Skagen Cementstøberi A/S

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

Dragstrup Cementstøberi ApS

Dragstrupvej 42
 7950 Erslev
 Telefon: 97 74 42 11
 Telefax: 97 74 44 25

maxit a.s

Børglumvej 13
 8240 Risskov
 Telefon: 70 10 10 25
 Telefax: 87 42 72 05
 E-mail: maxit@maxit.dk
 www.maxit.dk

Sunds-Alfa Betonvarefabrik A/S

Kastanievej 23, Postboks 10
 7451 Sunds
 Telefon: 96 29 27 00
 Telefax: 96 29 27 07
 E-mail: salg@sunds-alfa.dk
 www.sunds-alfa.dk

Frejlev Cementstøberi A/S

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

Multiblok A/S

Bisholt Strandvej 5
 8700 Horsens
 Telefon: 75 68 30 66
 Telefax: 75 68 40 85
 E-mail: multiblok@image.dk
 www.multiblok.dk

Thisted-Fjerritslev Cementvarefabrik A/S

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

Gammelrand Beton A/S

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

Nørager Trælasthandel og Betonvarefabrik ApS

Bredgade 10
 9610 Nørager
 Telefon: 98 55 12 66
 Telefax: 98 55 17 04
 E-mail: post@n-e-j.dk
 www.n-e-j.dk

Aarhus Cementvarefabrik A/S

Flinthøj 1, Postboks 14
 8520 Lystrup
 Telefon: 86 22 12 33
 Telefax: 86 22 67 27
 E-mail: info@aarhuscementvarefabrik.dk
 www.aarhuscementvarefabrik.dk

Hammershøj Betonvarefabrik ApS

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

Schiedel Isokern A/S

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



Dansk Beton Industriforenings Blokfraktion