

2003.03.03  
1126520  
pdc/hra/sol

## OPTØNING AF FROSNE LETKLINKER- BLOKKE MED GASBRÆNDER

### 1. Indledning

Teknologisk Institut, Murværk har for **Beton Industriens Blokfraktion (BIB)** udført dette projekt vedrørende optøning af frosne letklinkerblokke med gasbrænder.

Formålet med forsøget var at bestemme hvilken påvirkning, mht. frost og efterfølgende gasbrænding, der er kritisk for blokkenes trykstyrke.

Letklinkerblokke bliver ofte på byggepladsen om vinteren udsat for optøning på overfladen med gasbrænder, når fx elementer skal monteres og understøbes. BIB har derfor fundet det relevant at få undersøgt, om der er risiko for at blokkene skades og mister trykstyrken ved denne ofte forekomne påvirkning.

### 2. Modtagne materialer

Til forsøgene blev modtaget en palle med 23 cm blokke den 20.01.2003.

Endvidere blev gasbrænder, som normalt anvendes på pladsen, leveret af BIB.

### 3. Forberedelse af prøvelegemer

Blokkene til frost/gasprøvningen blev indledningsvis skåret i halve for at lette håndteringen i frostrum, etc.

### 4. Vandlagring

Konditioneringen af blokke foregik ved, at de halve blokke blev lagt i en kraftig plastpose, der igen blev lagt i en plastkasse. Blokkene stod i plastposen med liggefladen opad. Plastposen blev fyldt med vand, således at der konstant var 3 cm vand over liggefladen på blokken. På denne måde var blokkene omgivet af vand i 3-10 cm tykkelse undtagen i bunden.

## 5. Nedfrysning

Nedfrysningen foregik i frostrum, hvor kasser med blokke i vand blev påvirket af frost med følgende parametre:

Temperatur:	- 35 til -40 °C	(se bilag 1 for temperaturforløb)
Vindhastighed:	- 10 m/s	(skønnet værdi)

Blokkene var i frostrummet cirka 24 timer. Alt vandet var frosset til is efter få timer.

## 6. Gasafbrænding

Gasafbrændingen foregår på byggepladsen ved at der anvendes en gasbrænder som i langsomme bevægelser påvirker blokkene tæt på, indtil de bliver nogenlunde tørre, således at der kan monteres fx elementer ovenpå.

Størrelsen af gasafbrændingen på de forskellige blokke blev defineret ved mængden af afbrændt gas i gram.

Blokkene blev påvirket så tæt på overfladen som praktisk muligt. Ved en række indledende forsøg viste det sig, at gasbrænderen skulle være 10-15 cm fra overfladen for at give mest varme og fungere optimalt.

De indledende forsøg viste, at afbrænding af 100 gram gas svarer til 1-2 minutters påvirkning, afhængig af brugeren. Ved 1 minuts påvirkning var varmeudviklingen meget kraftig. Ved 2 minutters påvirkning var varmeudviklingen moderat.

Gasmængden blev løbende målt ved at have gasflasken stående på en digital vægt.

Der blev dels målt den mængde gas, der var nødvendig til fjernelse af isen (benævnt: Gasis) og dels den mængde, der blev anvendt til tørring af blokoverfladen (Benævnt: Gastør).

Ved gasafbrændingen kunne overfladen hurtigt tørres ud, men de store vandpåvirkninger fra siden og i blokken gjorde, at overfladen hurtigt blev fugtig igen.

Den samlede maksimale gaspåvirkning valgte til 400 gram, hvilket svarer til 4-8 minutters påvirkning af en ½ blok eller 8-16 minutters påvirkning af en hel blok. Det vurderes, at dette er en langt kraftigere påvirkning end der forekommer i praksis.

2003.03.03  
1126520

Gaspåvirkningen blev udført enten ved at påvirke en blok alene eller ved at påvirke 3 blokke skiftevis, således at den enkelte blok i tid fik 1/3 "påvirkning" og 2/3 "pause". Dette er under forsøgsresultater benævnt som "Gaspause".

Under prøvningen observeredes, at blokkene "knaste" og i mange tilfælde "glødede".

## 7. Prøvning

Der blev indledningsvis foretaget en række mindre forsøg for at optimere gasbrændingen, typen af mellemlægsplade, frostprocedure, mm. Disse indledende forsøg er ikke afrapporteret.

De med frost og/eller gasbrænding påvirkede blokke blev trykprøvet med en 100×100×12 mm hård krydsfinersplade som mellemlægsplade i trykpressen. Denne type plade anvendes ved opstilling af elementer som midlertidig understøtning inden understøbningen af elementerne. Brud blev defineret som 8 - 10 mm nedtrykning af pladen. Det skal her nævnes, at der ikke var særlig stor forskel på styrken ved 1 mm og 8-10 mm nedtrykning af pladen.

Belastningshastigheden blev valgt til 1 ton pr minut, hvilket svarer til brud mellem 5-10 minutter.

Endvidere er der for de tilsendte blokke foretaget bestemmelse af densitet, vandindhold og trykstyrke efter DS438.1.

Efter vandlagringen af blokkene blev vandindholdet målt på 3 blokke. Vandindholdet blev målt ved at lade blokkene dryppe af en ½ time inden vejningen af den våde blok, således at det frie vand ikke medgik ved bestemmelsen af vandindholdet.

Fotografisk dokumentation af forsøgsrækken er angivet i bilag 2.

## 8. Forsøgsresultater

Forsøgsresultater mht. trykstyrker er angivet i nedenstående tabel 1.

Tabel 1. Forsøgsresultater. Trykstyrker med 100×100 mm plade.

Blok	Vandlagring	Frost	Gas <sub>is</sub> (gram)	Gas <sub>tør</sub> (gram)	Gas <sub>pause</sub>	Trykspænding (MPa)
1	Nej	Nej	0	0	-	6,38
2	Nej	Nej	0	0	-	6,33
3	Nej	Nej	0	0	-	6,75
4	Nej	Nej	0	0	-	6,42
5	Nej	Nej	0	0	-	6,75
6	Nej	Nej	0	0	-	5,01
7	Nej	Nej	0	100	Ja	5,86
8	Nej	Nej	0	100	Ja	5,86
9	Nej	Nej	0	100	Ja	6,05
10	Nej	Nej	0	200	Ja	6,21
11	Nej	Nej	0	200	Ja	5,67
12	Nej	Nej	0	200	Ja	5,62
13	Nej	Nej	0	400	Ja	6,40
14	Nej	Nej	0	400	Ja	6,26
15	Nej	Nej	0	400	Ja	5,96
16	1 uge	Ja	0	0	-	6,06
17	1 uge	Ja	0	0	-	5,96
18	1 uge	Ja	0	0	-	6,45
19	1 uge	Ja	275	400	Ja	6,44
20	1 uge	Ja	350	400	Ja	6,49
21	1 uge	Ja	300	400	Ja	6,05
22	1 uge	Ja	250	400	Nej	6,05
23	1 uge	Ja	250	400	Nej	6,89
24	1 uge	Ja	300	400	Nej	5,95
25	3 uger	Ja	465	400	Nej	5,75
26	3 uger	Ja	330	400	Nej	5,65
27	3 uger	Ja	300	400	Nej	6,00
28	3 uger	Ja	275	400	Nej	6,34

Prøvning af blokke 25-28 blev foretaget med 100 gram gas pr. 1 minut. Øvrige blokke med 100 gram gas pr. 1-2 minutter.

Trykspændingen er beregnet ud fra trykpladens faktiske areal (Der blev anvendt 3 plader og sidefladen målt fra 99,7-102,0 mm).

Forsøgsresultater mht. fugtindhold for halve blokke er angivet i nedenstående tabel 2. Værdier er baseret på middelværdier af 3 målinger.

Tabel 2. Fugtindhold efter vandlagring.

Vandlagring (uger)	Fugtindhold (%)
0	12,0
1	24,1
3	27,6

Forsøgsresultater mht. densitet, enkeltblokstyrke og lagerfugtindhold for hele blokke er angivet i nedenstående tabel 3.

Tabel 3. Resultater for hele blokke.

Prøve	Fugtindhold (%)	Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	Trykstyrke (MPa)
1	10,3	630	3,90
2	9,26	629	3,98
3	8,99	622	3,67
4	8,56	611	3,43
5	8,08	618	3,63
Middel	9,04	622	3,72

## 9. Analyse af forsøgsresultater

Til sammenligning af resultaterne beregnes de karakteristiske værdier, således at der bliver taget hensyn til spredningen. Detaljerede resultater i bilag 3.

Tabel 4. Analyse af forsøgsresultater.

Blok	Vandlagring	Frost	Gas <sub>is</sub> (gram)	Gas <sub>tør</sub> (gram)	Gas <sub>pause</sub>	Karakt. tryksp. (MPa)
1-6	Nej	Nej	0	0	-	5,08
7-9	Nej	Nej	0	100	Ja	4,74
10-12	Nej	Nej	0	200	Ja	4,67
13-15	Nej	Nej	0	400	Ja	4,97
16-18	1 uge	Ja	0	0	-	4,93
19-21	1 uge	Ja	275	400	Ja	5,06
22-24	1 uge	Ja	250	400	Nej	5,03
25-28	3 uger	Ja	465	400	Nej	4,78

2003.03.03  
1126520

Det ses, at de fleste påvirkninger giver svagt lavere resultater end referenceblokkene.

Den hårdeste behandling, som var 3 ugers vandlagring, total gennemfrysning og uophørlig optøning og hurtig tørring med 100 gram gas pr minut gav en forringelse på 6% i trykstyrken.

## 10. Konklusion

Teknologisk Institut, Murværk vurderer, at de fundne styrker i praksis ikke er reduceret i en grad der er værd at tage i betragtning, idet der ved en påvirkning mht. frost og gas, der ligger langt over den i praksis forekomne, kun var en reduktion på 6%.

Hasselager, den 3. marts 2003  
Teknologisk Institut, Murværk

Poul Christiansen

/

Hans Peter Rasmussen

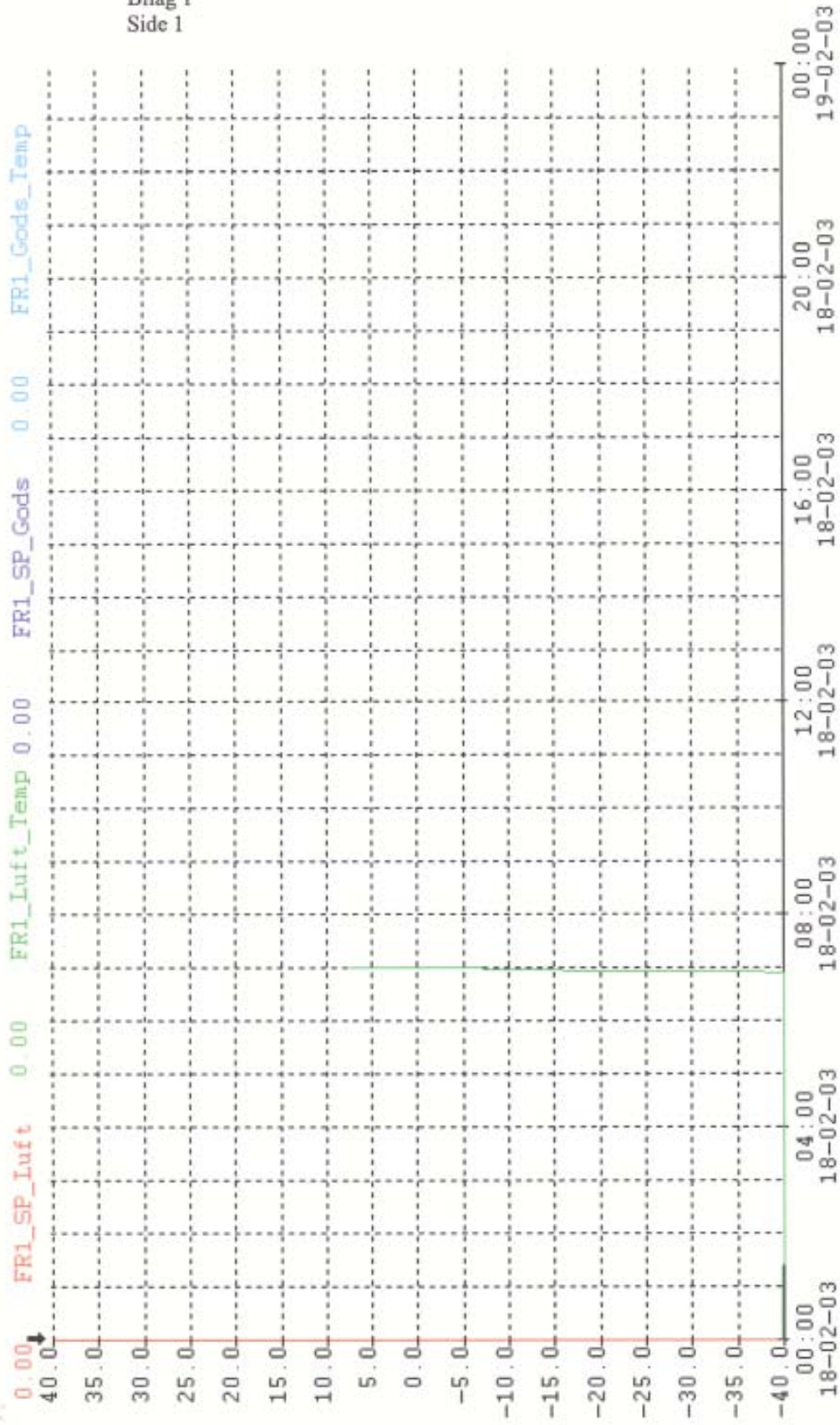
Dir. tlf.: 72 20 38 20  
Fax: 72 20 38 01

Dir. tlf.: 72 20 38 37  
Fax: 72 20 38 01

E-mail: Poul.Christiansen@teknologisk.dk

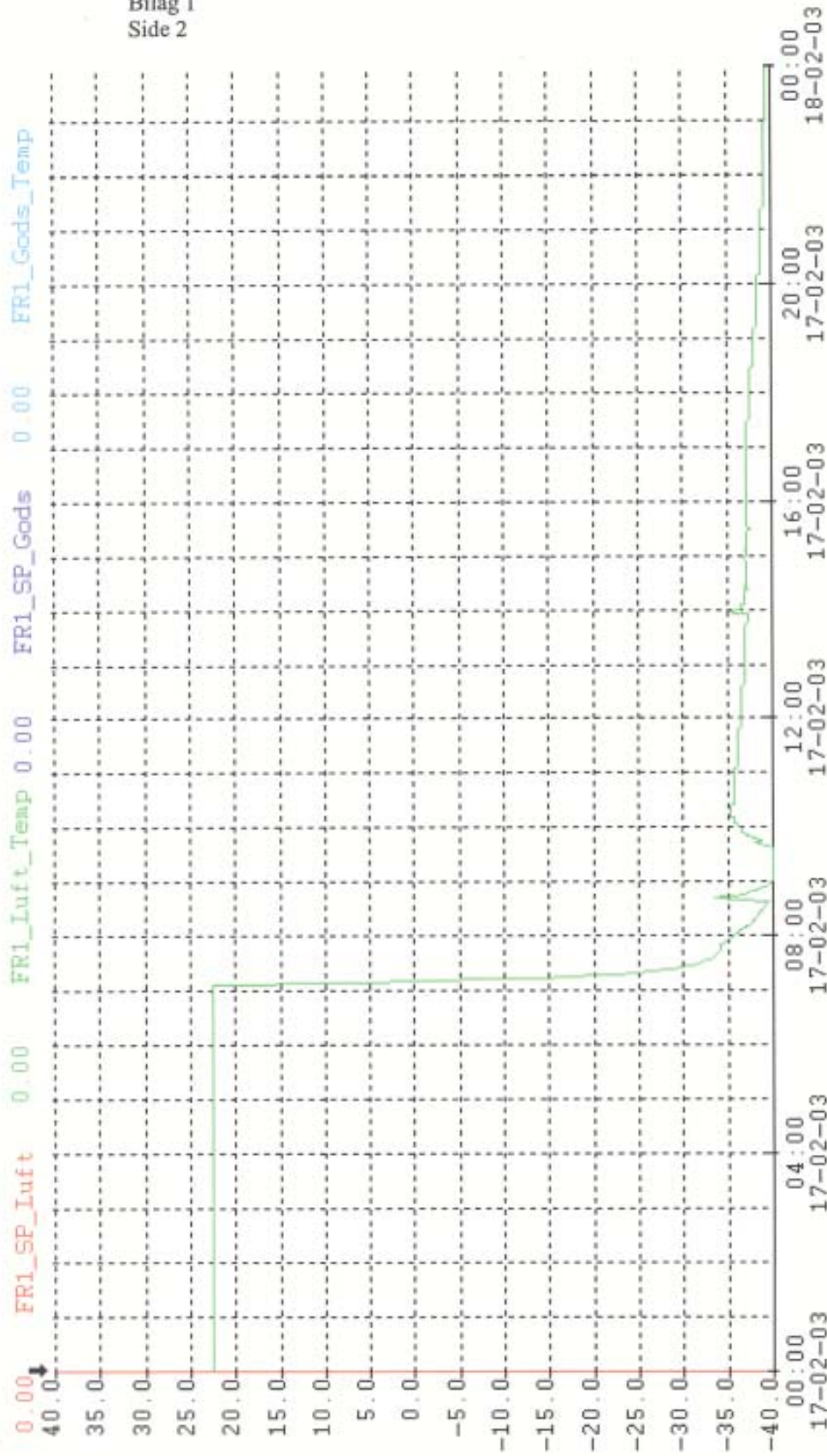
E-mail: Hans.Peter.Rasmussen@teknologisk.dk

2003.03.03  
1126520  
Bilag 1  
Side 1



Kurveblad: Frysekuve\_dgn  
Teknologisk Institut Murværk

18-02-03 07:02:31



Kurveblad: Frysekurve\_dgn

Teknologisk Institut Murværk

Gasbrænds 1126520

18-02-03 06:56:15

S. Indfyld.



2003.03.03  
1126520  
Bilag 2  
Side 1

Fotografisk dokumentation



Billede 1. Blok efter frysning

2003.03.03  
1126520  
Bilag 2  
Side 2



Billede 2. Afbrænding af is ( $\text{Gas}_{\text{is}}$ )

2003.03.03  
1126520  
Bilag 2  
Side 3



Billede 3. Tørring af overflade (Gas<sub>tor</sub>)

2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 1

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**Indsender/Projekt:** BIB/Gasbrænderprojekt  
**Prøvens art :** Trykstyrke  
**Prøvelegeme:** -vand -frost - gas  
**Sag #:** 1126520

**Kendt variationskoefficient:** 10%

PRØVE Nr	Resultat
1	6,38 MPa
2	6,33 MPa
3	6,75 MPa
4	6,42 MPa
5	6,75 MPa
6	5,01 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
<b>Middel</b>	<b>6,27 MPa</b>
<b>Spredning</b>	<b>0,65 MPa</b>

**Dekl.værdi** 5,08 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.

2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 2

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**Indsender/Projekt:** BIB/Gasbrænderprojekt  
**Prøvens art :** Trykstyrke  
**Prøvelegeme:** -vand -frost +gas 100 gr  
**Sag #:** 1126520

**Kendt variationskoefficient:** 10%

PRØVE Nr	Resultat
1	5,86 MPa
2	5,86 MPa
3	6,05 MPa
4	0 MPa
5	0 MPa
6	0 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
<b>Middel</b>	<b>5,92 MPa</b>
<b>Spredning</b>	<b>0,11 MPa</b>

**Dekl.værdi** 4,74 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.

2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 3

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**Indsender/Projekt:** BIB/Gasbrænderprojekt  
**Prøvens art :** Trykstyrke  
**Prøvelegeme:** -vand -frost +gas 200 gr  
**Sag #:** 1126520

**Kendt variationskoefficient:** 10%

PRØVE Nr	Resultat
1	6,21 MPa
2	5,67 MPa
3	5,62 MPa
4	0 MPa
5	0 MPa
6	0 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
<b>Middel</b>	<b>5,83 MPa</b>
<b>Spredning</b>	<b>0,33 MPa</b>

**Dekl.værdi** 4,67 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.

2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 4

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**Indsender/Projekt:** BIB/Gasbrænderprojekt  
**Prøvens art :** Trykstyrke  
**Prøvelegeme:** -vand -frost +gas 400 gr  
**Sag #:** 1126520

**Kendt variationskoefficient:** 10%

PRØVE Nr	Resultat
1	6,4 MPa
2	6,26 MPa
3	5,96 MPa
4	0 MPa
5	0 MPa
6	0 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
<b>Middel</b>	<b>6,21 MPa</b>
<b>Spredning</b>	<b>0,22 MPa</b>

**Dekl.værdi** 4,97 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.

2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 5

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**Indsender/Projekt:** BIB/Gasbrænderprojekt  
**Prøvens art :** Trykstyrke  
**Prøvelegeme:** +vand 1 uge +frost -gas  
**Sag #:** 1126520

**Kendt variationskoefficient:** 10%

PRØVE Nr	Resultat
1	6,06 MPa
2	5,96 MPa
3	6,45 MPa
4	0 MPa
5	0 MPa
6	0 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
<b>Middel</b>	<b>6,16 MPa</b>
<b>Spredning</b>	<b>0,26 MPa</b>

**Dekl.værdi** 4,93 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.



2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 6

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

Indsender/Projekt: BIB/Gasbrænderprojekt  
Prøvens art : Trykstyrke  
Prøvelegeme: +vand 1 uge +frost +gas  
Sag #: 1126520

Kendt variationskoefficient: 10%

PRØVE	Resultat
Nr	
1	6,44 MPa
2	6,49 MPa
3	6,05 MPa
4	0 MPa
5	0 MPa
6	0 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
Middel	6,33 MPa
Spredning	0,24 MPa

Dekl.værdi 5,06 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.

2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 7

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**Indsender/Projekt:** BIB/Gasbrænderprojekt  
**Prøvens art :** Trykstyrke  
**Prøvelegeme:** +vand 1 uge +frost +gas(u.pause)  
**Sag #:** 1126520

**Kendt variationskoefficient:** 10%

PRØVE	Resultat
Nr	
1	6,05 MPa
2	6,89 MPa
3	5,95 MPa
4	0 MPa
5	0 MPa
6	0 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
<b>Middel</b>	<b>6,30 MPa</b>
<b>Spredning</b>	<b>0,52 MPa</b>

**Dekl.værdi** 5,03 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.

2003.03.03  
1126520  
Bilag 3  
Side 8

TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**Indsender/Projekt:** BIB/Gasbrænderprojekt  
**Prøvens art :** Trykstyrke  
**Provelegeme:** +vand 3 uge +frost +gas(u.pause)  
**Sag #:** 1126520

**Kendt variationskoefficient:** 10%

PRØVE	Resultat
Nr	
1	5,75 MPa
2	5,65 MPa
3	6 MPa
4	6,34 MPa
5	0 MPa
6	0 MPa
7	0 MPa
8	0 MPa
9	0 MPa
10	0 MPa
<b>Middel</b>	<b>5,94 MPa</b>
<b>Spredning</b>	<b>0,31 MPa</b>

**Dekl.værdi** 4,78 MPa

Beregningerne er udført efter DS 409, 2. Udgave, efter Annex A.  
Fastlæggelse af karakteristiske værdier for materialeprøvning ved forsøg.