

# Rapport

## Concept

### Laboratorium voor Akoestiek

bepaling van de geluidabsorptie (nagalmkamer methode) van  
**verschillende MBI betonstenen**

Rapportnummer A 1717-2 d.d. 12 januari 2009

Opdrachtgever: MBI Beton BV  
Postbus 259  
5460 AG Veghel

Rapportnummer: A 1717-2

Datum: 12 januari 2009

Ref.: TS/YW/A 1717-2-RA

Lid ONRI  
ISO-9001: 2000 gecertificeerd

Peutz bv  
Paletsingel 2, Postbus 696  
2700 AR **Zoetermeer**  
Tel. (079) 347 03 47  
Fax (079) 361 49 85  
info@zoetermeer.peutz.nl  
www.peutz.nl

Peutz bv  
Lindenlaan 41, Molenhoek  
Postbus 66, 6585 ZH **Mook**  
Tel. (024) 357 07 07  
Fax (024) 358 51 50  
info@mook.peutz.nl  
www.peutz.nl

Peutz bv  
L. Springerlaan 37, Groningen  
Postbus 7, 9700 AA **Groningen**  
Tel. (050) 520 44 88  
Fax (050) 526 31 78  
info@groningen.peutz.nl  
www.peutz.nl

Peutz GmbH  
**Düsseldorf, Bonn**  
info@peutz.de  
www.peutz.de

Peutz SARL  
**Paris, Lyon**  
Info@peutz.fr  
www.peutz.fr

Peutz bv  
**London**  
info@peutz.co.uk  
www.peutz.co.uk

Daidalos Peutz bvba  
**Leuven**  
Info@daidalospeutz.be  
www.daidalospeutz.be

Köhler Peutz Geveltechniek bv  
**Zoetermeer**  
Info@gevel.com  
www.gevel.com

Alle opdrachten aan ons bureau worden aanvaard, uitgevoerd en berekend volgens 'De Nieuwe Regeling 2005: Rechtsverhouding opdrachtgever-architect, ingenieur en adviseur' (DNR 2005).  
Ingeschreven KvK onder nummer 12028033. BTW identificatienummer NL004933837B01

## Inhoud

	pagina
1. INLEIDING	3
2. NORMSTELLING EN RICHTLIJNEN	4
3. ONDERZOCHE CONSTRUCTIES	5
4. METINGEN	6
4.1. Meetmethode	6
4.2. Meetnauwkeurigheid	7
4.3. Omgevingscondities	8
4.4. Meetresultaten	8

## 1. INLEIDING

In opdracht van MBI Beton BV te Veghel zijn geluidabsorptiemetingen uitgevoerd aan

### **verschillende MBI betonstenen**

De metingen zijn verricht in het Laboratorium voor Akoestiek van Peutz bv te Mook, zie figuur 1.



Voor het uitvoeren van bovengenoemde metingen is het Laboratorium voor Akoestiek erkend door de "Stichting Raad voor Accreditatie" (RvA).

De RvA is lid van de EA MLA<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> **EA MLA: European Accreditation Organisation MultiLateral Agreement:**  
<http://www.european-accreditation.org>

EA: "Certificates and reports issued by bodies accredited by MLA and MRA members are considered to have the same degree of credibility, and are accepted in MLA and MRA countries."

## 2. NORMSTELLING EN RICHTLIJNEN

De metingen zijn uitgevoerd conform het kwaliteitshandboek van het Laboratorium voor Akoestiek en de volgende normen:

ISO 354:2003 <sup>1)</sup> Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room

*N.B. De norm ISO 354 is binnen alle landen van de EU aanvaard als Europese Norm EN 354:2003*

Uit de meetresultaten welke in tertsen van 100 tot 5000 Hz worden weergegeven kunnen ook enkele ééngetalsaanduidingen worden berekend. Hiervoor worden de volgende normen gebruikt:

ISO 11654:1997 Acoustics - Sound absorbers for use in buildings - Rating of sound absorption

ASTM-C423-07a Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method

---

<sup>1)</sup> In deze norm is aangegeven dat in het rapport bij iedere meting de gemiddelde nagalmtijd van de lege nagalmkamer en van de nagalmkamer met het te onderzoeken materiaal per frequentieband aangegeven dient te worden. Om de opdrachtgever niet te belasten met een grote reeks cijfers welke niet relevant zijn om de kwaliteit van het product te beoordelen, zijn deze in dit rapport weggelaten. Uiteraard kunnen deze cijfers op verzoek van de opdrachtgever achteraf nog verstrekt worden.

### 3. ONDERZOCHE CONSTRUCTIES

Onderstaande gegevens zijn verstrekt door de opdrachtgever en/of verkregen uit eigen waarnemingen.

Er zijn 3 verschillende type stenen onderzocht :

#### **variant 1**

MBI blokken 24 cm (structuur)

korrelbeton structuur, kleur grijs

Afmetingen enkele steen : 285 x 240 x 190 mm

Gewicht enkele steen : 23,6 kg (ca. 1816 kg/m<sup>3</sup>)



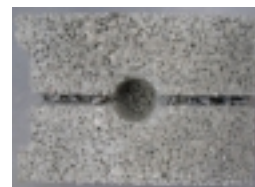
#### **variant 2**

MBI blokken DCLM-100

korrelbeton structuur, kleur grijs

Afmetingen enkele steen : 210 x 150 x 83 mm

Gewicht enkele steen : 4,78 kg (ca. 1830 kg/m<sup>3</sup>)



#### **variant 3**

MBI blokken Structa

korrelbeton structuur, kleur grijs

Afmetingen enkele steen : 210 x 100 x 82 mm

Gewicht enkele steen : 2,9 kg (ca. 1703 kg/m<sup>3</sup>)



*De gepresenteerde resultaten gelden alleen voor de hier beproefde monsters onder de laboratorium omstandigheden zoals omschreven. Het laboratorium kan geen uitspraak doen over de representativiteit van de onderzochte monsters.*

## 4. METINGEN

Ten behoeve van de metingen is op de vloer van de nagalmkamer een oppervlakte van ca. 12 m<sup>2</sup> met de te onderzoeken stenen belegd. De meetopstelling is conform type A-mounting ISO 354:2003, Annex B (Test specimen mountings for sound absorption tests). De randen rondom het monster zijn afgedicht met 18 mm dikke geplastificeerde spaanplaten. De naden tussen de dikke geplastificeerde spaanplaten en de vloer van de meetruimte zijn afgetaped.

### 4.1. Meetmethode

De metingen zijn uitgevoerd volgens ISO 354 in de nagalmkamer van het Laboratorium voor Akoestiek van Peutz bv te Mook. De eigenschappen van de nagalmkamer worden in figuur 3 van dit rapport weergegeven.

Door middel van nagalmmetingen wordt van de nagalmkamer de nagalmtijd bepaald in twee situaties:

- wanneer de nagalmkamer leeg is;
- wanneer in de nagalmkamer het te onderzoeken materiaal is opgesteld.

Door het inbrengen van het te onderzoeken materiaal zal de nagalmtijd in de nagalmkamer in het algemeen korter worden.

De afname van de nagalmtijd is een maat voor de ingebrachte hoeveelheid absorptie.

Berekeningen en metingen worden uitgevoerd in 1/3-octaf bandbreedte van 100 tot 5000 Hz, overeenkomstig de normen. Waar van toepassing worden uit deze tertsbandwaarden octaafbandwaarden berekend.

Uit de nagalmmetingen van de lege nagalmkamer wordt het in de lege nagalmkamer aanwezige equivalente geluidabsorptie-oppervlak  $A_1$  (per frequentieband) berekend volgens vergelijking 1 en uitgedrukt in m<sup>2</sup>

$$A_1 = \frac{55,3 V}{c T_1} - 4Vm_1 \quad (1)$$

waarin :

$V$  = volume van de lege nagalmkamer [m<sup>3</sup>]

$T_1$  = de nagalmtijd in de lege nagalmkamer [sec.]

$c$  = de snelheid van geluid in lucht, deze wordt berekend volgens vergelijking 2 en uitgedrukt [m/s]

$m_1$  = "power attenuation coefficient" in de lege nagalmkamer, deze wordt berekend volgens vergelijking 3 en uitgedrukt [m<sup>-1</sup>]

$$c = 331 + 0,6t \quad (2)$$

waarin :

t = temperatuur [°C]

$$m = \frac{\alpha}{10 \lg(e)} \quad (3)$$

waarin :

$\alpha$  = "attenuation coefficient" berekend volgens ISO 9613-1

Op analoge wijze wordt het equivalente geluidabsorptie-oppervlak  $A_2$  na het aanbrengen van het te onderzoeken monster volgens vergelijking 4 berekend en uitgedrukt in  $m^2$

$$A_2 = \frac{55,3 V}{c T_2} - 4Vm_2 \quad (4)$$

waarin :

c en V dezelfde betekenis hebben als in vergelijking 2 en

$T_2$  = de nagalmtijd in de nagalmkamer na aanbrengen van het te onderzoeken monster [sec]

$m_2$  = "power attenuation coefficient" in de nagalmkamer na aanbrengen van het te onderzoeken monster, berekend volgens vergelijking 3 [ $m^{-1}$ ]

Het equivalente geluidabsorptie-oppervlak A van het onderzochte monster wordt berekend volgens vergelijking 5 en uitgedrukt in  $m^2$

$$A = A_2 - A_1 [m^2] \quad (5)$$

Wanneer het een monster betreft met een aaneengesloten oppervlak van 10 à 12,6  $m^2$  dan dient de geluidabsorptie-coëfficiënt  $\alpha_s$  te worden berekend volgens vergelijking 6:

$$\alpha_s = \frac{A}{S} [-] \quad (6)$$

waarin:

S = het oppervlak van het onderzochte monster [ $m^2$ ]

#### 4.2. Meetnauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de berekende absorptiecoëfficiënten kan getalsmatig worden uitgedrukt in termen van herhaalbaarheid (binnen één laboratorium) en reproduceerbaarheid (tussen verschillende laboratoria).

De herhaalbaarheid is de waarde waaronder het absolute verschil tussen twee enkelvoudige meetresultaten, die zijn verkregen :

- met eenzelfde methode,
- met een identiek meetobject,
- onder gelijkblijvende omstandigheden van het laboratorium, uitvoering, apparatuur in een kort tijdsinterval, met een waarschijnlijkheid van 95% wordt verwacht te liggen.

Om inzicht te krijgen in de herhaalbaarheid van de absorptiemetingen in de nagalmkamer van het Laboratorium voor Akoestiek van Peutz bv te Mook zijn metingen uitgevoerd conform ISO 354: 2003 en is de herhaalbaarheid berekend volgens ISO 354:1985 Annex C.

Uit de berekende resultaten blijkt dat in het frequentiegebied van 100 t/m 200 Hz en bij 5000 Hz de herhaalbaarheid (r) maximaal 0,21 is. Voor de frequenties van 250 t/m 4000 Hz bedraagt de herhaalbaarheid maximaal  $r = 0,09$ .

#### 4.3. Omgevingscondities

In onderstaande tabel 1 zijn de ten tijde van de geluidabsorptiemetingen gemeten omgevingscondities weergegeven.

Tabel 1 Omgevingscondities tijdens de metingen

nagalmkamer	temperatuur [°C]	barometrisch druk [kPa]	relatieve vochtigheid [%]
leeg	15,4	99,5	54,1
variant 1	15,4	99,2	47,4
variant 2	15,7	98,9	46,5
variant 3	14,9	98,3	49,1

#### 4.4. Meetresultaten

De resultaten van de absorptiemetingen worden weergegeven in tabel 2 en in figuur 4 t/m 6. Gemeten is in tertsbanden. De resultaten van de octaafbanden ontstaan door rekenkundige middeling van de resultaten van de tertsbanden.

Verder zijn uit de per frequentieband berekende absorptiewaarden nog de volgende ééngetalsaanduidingen berekend en aangegeven:

- de "Noise Reduction Coefficient (NRC)" volgens de Amerikaanse norm ASTM-C423. Dit is het rekenkundig gemiddelde van de absorptiecoëfficiënten bij de tertsen 250, 500, 1000 en 2000 Hz, afgerond op 0.05.
- de "Weighted sound absorption coefficient  $\alpha_w$ " volgens ISO 11654.



Tabel 2

variant steen type figuur	geluidabsorptiecoëfficiënt $\alpha_s$					
	1 blokken 24 cm		2 DCLM-100		3 Structa	
	4		5		6	
frequentie [Hz]	1/3 oct.	1/1 oct.	1/3 oct.	1/1 oct.	1/3 oct.	1/1 oct.
100	0,24		0,10		0,10	
125	0,64	0,54	0,17	0,20	0,12	0,14
160	0,74		0,32		0,19	
200	0,49		0,42		0,21	
250	0,43	0,43	0,82	0,64	0,34	0,35
315	0,36		0,67		0,50	
400	0,33		0,39		0,78	
500	0,37	0,37	0,30	0,34	1,04	0,87
630	0,41		0,33		0,80	
800	0,43		0,42		0,54	
1000	0,42	0,44	0,39	0,41	0,42	0,48
1250	0,46		0,41		0,47	
1600	0,45		0,44		0,78	
2000	0,48	0,46	0,46	0,45	0,73	0,72
2500	0,45		0,45		0,65	
3150	0,46		0,44		0,77	
4000	0,47	0,46	0,44	0,44	0,73	0,73
5000	0,46		0,44		0,70	
$\alpha_w$	0,45		0,40(L)		0,55(MH)	
NRC	0,45		0,50		0,65	

De gegeven absorptiecoëfficiënten mogen niet als materiaalconstanten gezien worden, daar de absorptie niet alleen afhangt van het materiaal zelf. De wijze van aanbrengen, de grootte van het materiaaloppervlak en de plaats ervan in de ruimte, beïnvloeden mede de absorptie.

Mook,

Th. Scheers  
Hoofd Laboratorium voor Akoestiek

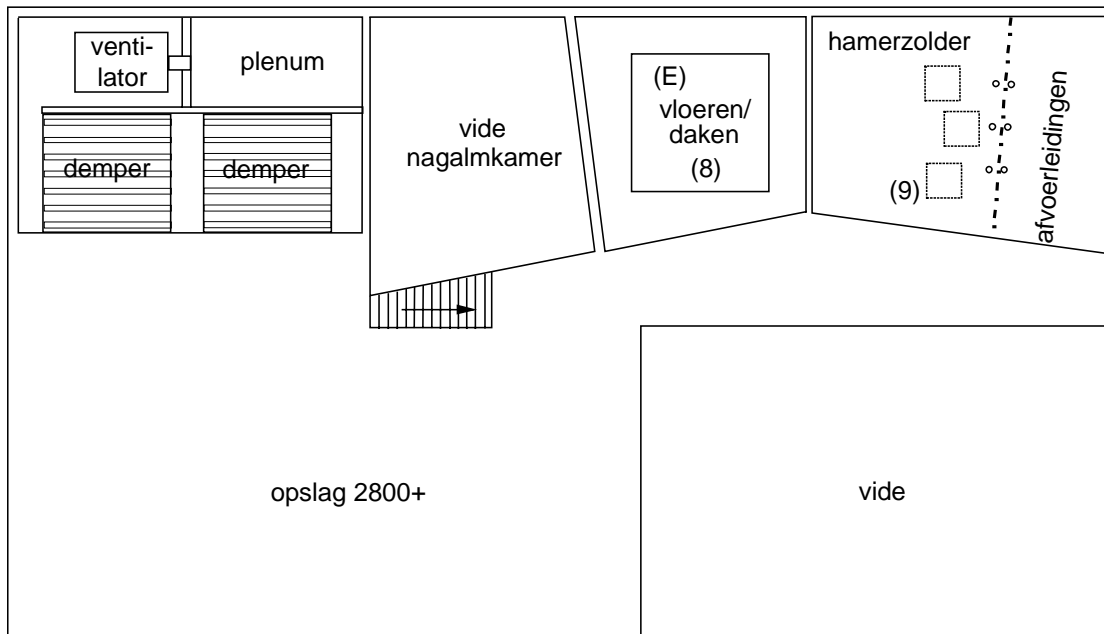
ir. M.L.S. Vercammen  
directeur

Dit rapport bestaat uit: 9 pagina's en 6 figuren.

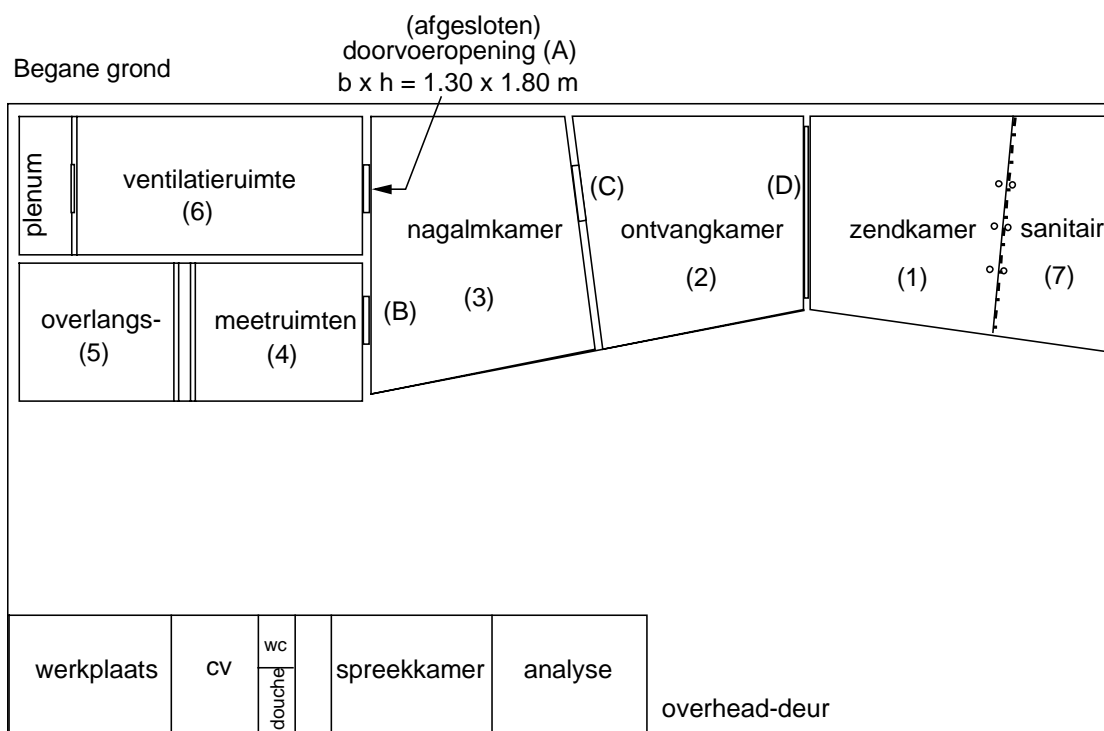
PEUTZ bv  
Lindenlaan 41, 6584 AC MOLENHOEK (LB)

OVERZICHT

Verdieping

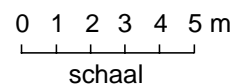


Begane grond



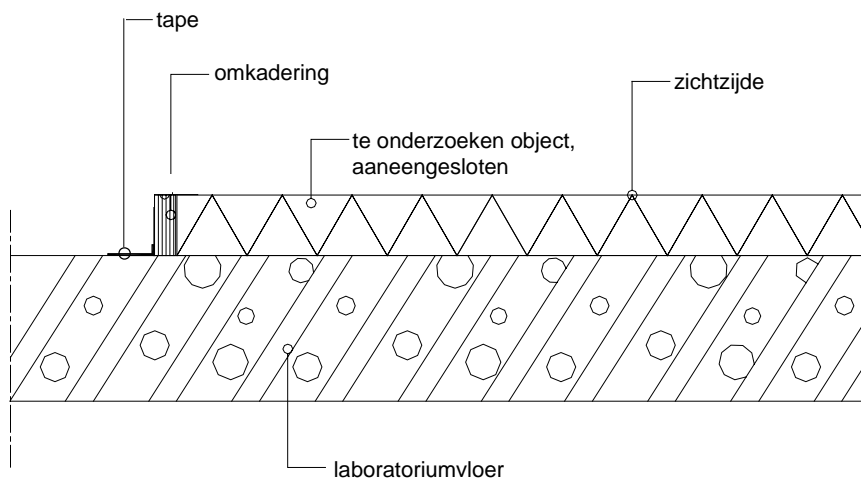
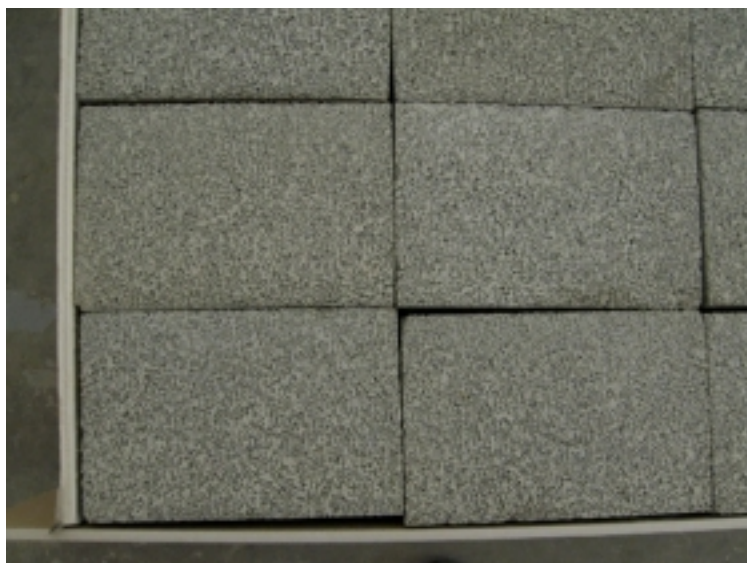
MEETOPENINGEN (b x h in mm):

- (B) 1000 x 2200 mm
- (C) 1500 x 1250 mm
- (D) 4300 x 2800 mm
- (E) 4000 x 4000 mm



**meetopstelling**

op de foto's variant 1 (blokken 24 cm)



PEUTZ bv  
Lindenlaan 41, 6584 AC MOLENHOEK (LB)

NAGALMKAMER

De nagalmkamer voldoet aan de in ISO 354:2003 gestelde eisen.

Verdere gegevens:

volume  $V$  : 214 m<sup>3</sup>

oppervlak  $S_t$  (wanden + vloer + plafond) : 219 m<sup>2</sup>

diffusie: door de vorm van de ruimte en door het aanbrengen van 6 gekromde en 2 vlakke reflecterende panelen met een totaal oppervlak van ca. 13 m<sup>2</sup> is een voldoende diffusie bereikt.

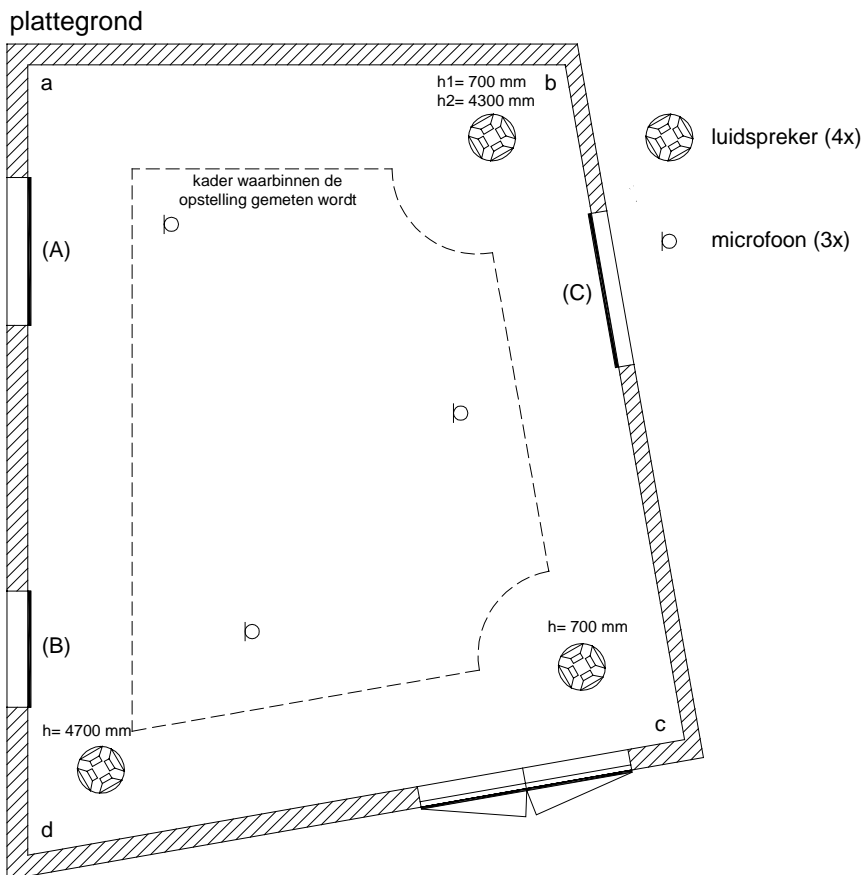
nagalmtijden van de lege nagalmkamer gemeten op 04-12-2008

frequentie (1/1 oct.)	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
nagalmtijd	9,48	7,76	8,21	6,76	4,68	2,82	s

herhaalbaarheid r c.f. ISO 354:1985 annex C (zie hoofdstuk 4.2 van dit rapport).

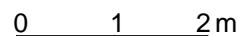
r bij hoge $\alpha$	0,13	0,08	0,06	0,03	0,05	0,09	-
r bij lage $\alpha$	0,11	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05	-

Absorb versie 4.6.1, mode 7 bestandsnaam: a1717 E#:77-112 T<sub>1</sub> = 15,4 °C p<sub>1</sub> = 99,5 kPa h<sub>1</sub> = 54,1 %



(afgesloten) testopeningen  
(breedte x hoogte in mm)  
(A): 1300 x 1800  
(B): 1000 x 2200  
(C): 1500 x 1250  
(D): 1500 x 1250

hoogte bij:  
a: 5573 mm  
b: 5102 mm  
c: 5000 mm  
d: 5580 mm



## GELUIDABSORPTIEMETING IN DE NAGALMKAMER CONFORM ISO 354:2003

opdrachtgever: MBI beton BV



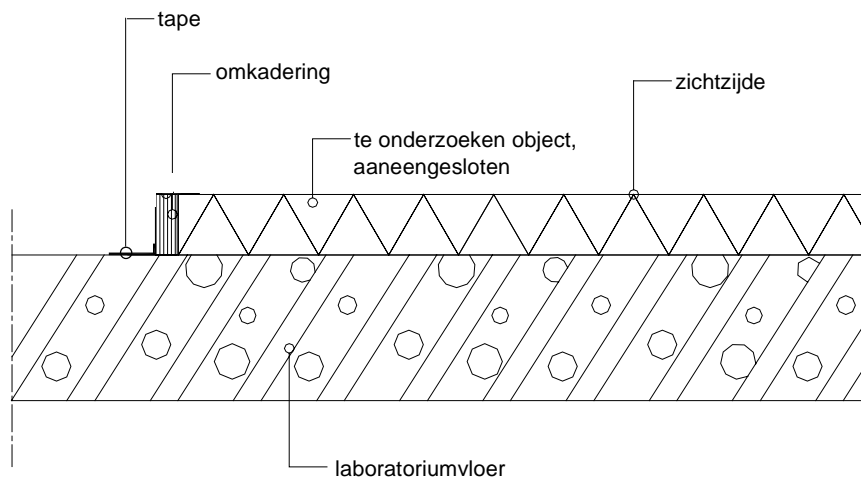
### variant 1

MBI blokken 24 cm (structuur)

korrelbeton structuur, kleur grijs

Afmetingen enkele steen : 285 x 240 x 190 mm

Gewicht enkele steen : 23,6 kg (ca. 1816 kg/m<sup>3</sup>)



volume nagalmkamer: 214 m<sup>3</sup>

oppervlak monster: 10,59 m<sup>2</sup>

opbouwhoogte: 0,240 m

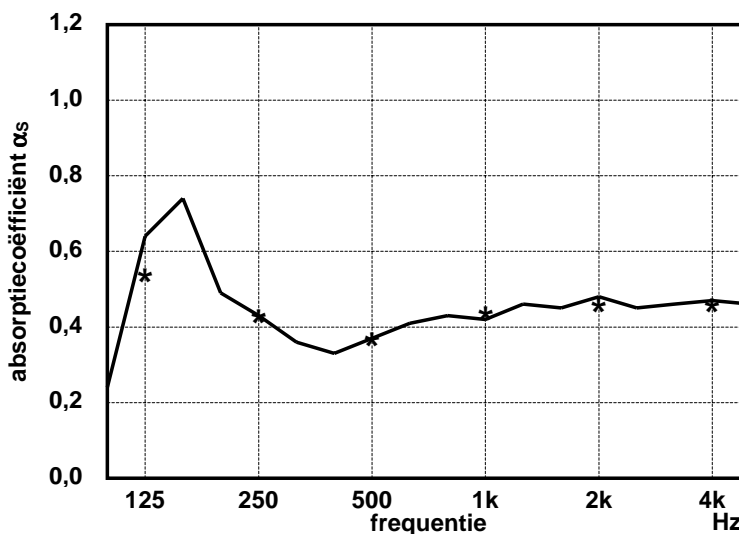
gemeten in: laboratorium

signaal: breedband ruis

bandbreedte: 1/3 octaaf

$\alpha_w$  (ISO 11654) = 0,45

NRC (ASTM - C423) = 0,45



	125	250	500	1k	2k	4k
— 1/3 oct.	0,24	0,49	0,33	0,43	0,45	0,46
1/3 oct.	0,64	0,43	0,37	0,42	0,48	0,47
* 1/1 oct.	0,74	0,36	0,41	0,46	0,45	0,46
<b>1/1 oct.</b>	<b>0,54</b>	<b>0,43</b>	<b>0,37</b>	<b>0,44</b>	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>

publicatie is slechts toegestaan in de vorm van dit gehele blad

Mook, 04-12-2008

Absorb versie 4.6.1, mode 7 bestandsnaam: a1717 E#:77-112 F#:115-150 A#:151 T<sub>1</sub> = 15,4 °C T<sub>2</sub> = 15,4 °C p<sub>1</sub> = 99,5 kPa p<sub>2</sub> = 99,2 kPa h<sub>1</sub> = 54,1 % h<sub>2</sub> = 47,4 %

## GELUIDABSORPTIEMETING IN DE NAGALMKAMER CONFORM ISO 354:2003

opdrachtgever: MBI beton BV



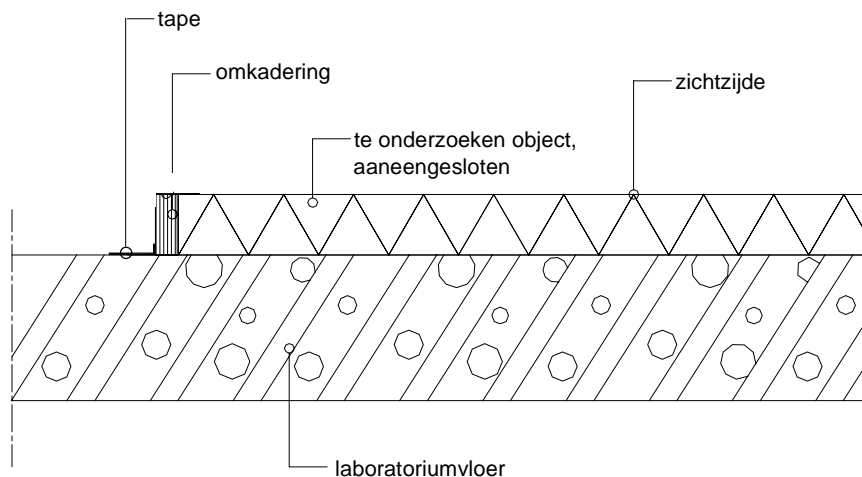
### variant 2

MBI blokken DCLM-100

korrelbeton structuur, kleur grijs

Afmetingen enkele steen : 210 x 150 x 83 mm

Gewicht enkele steen : 4,78 kg (ca. 1830 kg/m<sup>3</sup>)



volume nagalmkamer: 214 m<sup>3</sup>

oppervlak monster: 10,74 m<sup>2</sup>

opbouwhoogte: 0,150 m

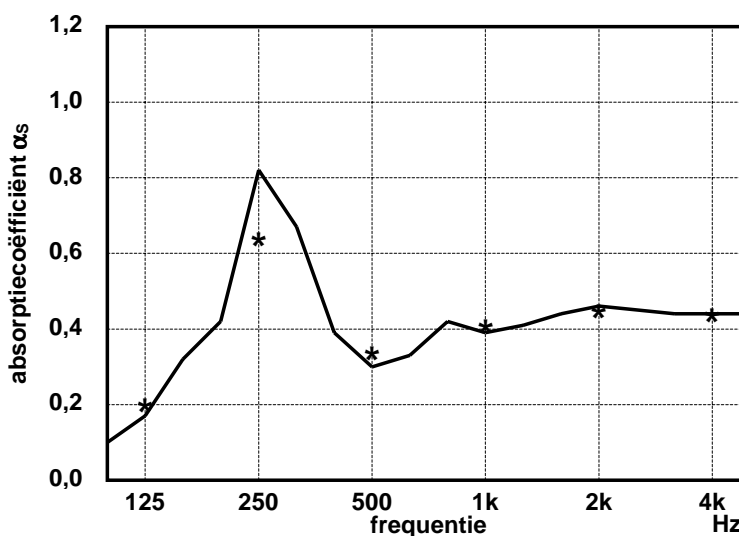
gemeten in: laboratorium

signaal: breedband ruis

bandbreedte: 1/3 octaaf

$\alpha_w$  (ISO 11654) = 0,40(L)

NRC (ASTM - C423) = 0,50



	125	250	500	1k	2k	4k
— 1/3 oct.	0,10	0,42	0,39	0,42	0,44	0,44
1/3 oct.	0,17	0,82	0,30	0,39	0,46	0,44
* 1/1 oct.	0,32	0,67	0,33	0,41	0,45	0,44
<b>1/1 oct.</b>	<b>0,20</b>	<b>0,64</b>	<b>0,34</b>	<b>0,41</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>

publicatie is slechts toegestaan in de vorm van dit gehele blad

Mook, 04-12-2008

Absorb versie 4.6.1, mode 7 bestandsnaam: a1717 E#:77-112 F#:154-189 A#:190 T<sub>1</sub> = 15,4 °C T<sub>2</sub> = 15,7 °C p<sub>1</sub> = 99,5 kPa p<sub>2</sub> = 98,9 kPa h<sub>1</sub> = 54,1 % h<sub>2</sub> = 46,5 %

## GELUIDABSORPTIEMETING IN DE NAGALMKAMER CONFORM ISO 354:2003

opdrachtgever: MBI beton BV



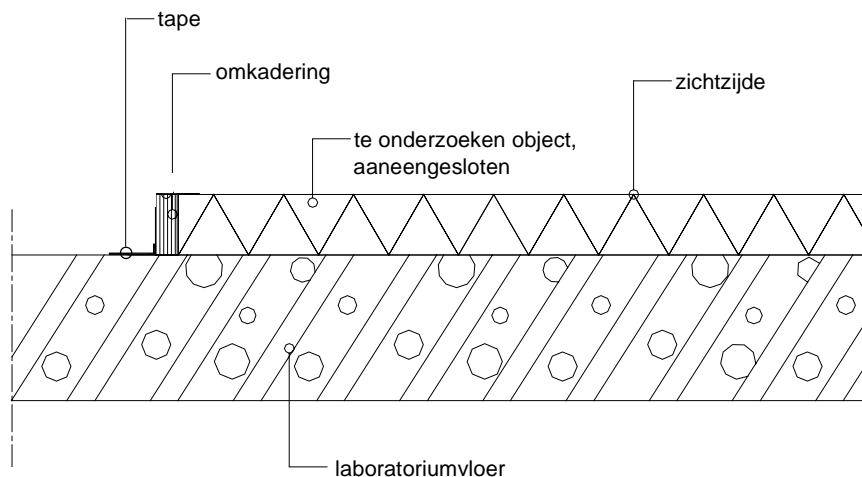
### variant 3

MBI blokken Structa

korrelbeton structuur, kleur grijs

Afmetingen enkele steen : 210 x 100 x 82 mm

Gewicht enkele steen : 2,9 kg (ca. 1703 kg/m<sup>3</sup>)



volume nagalmkamer: 214 m<sup>3</sup>

oppervlak monster: 10,96 m<sup>2</sup>

opbouwhoogte: 0,082 m

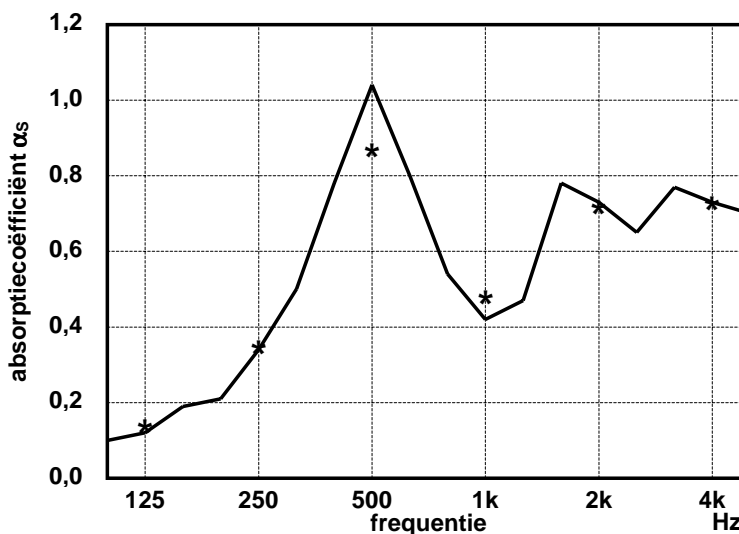
gemeten in: laboratorium

signaal: breedband ruis

bandbreedte: 1/3 octaaf

$\alpha_w$  (ISO 11654) = 0,55(MH)

NRC (ASTM - C423) = 0,65



— 1/3 oct.  
\* 1/1 oct.

	125	250	500	1k	2k	4k
1/3 oct.	0,10	0,21	0,78	0,54	0,78	0,77
	0,12	0,34	1,04	0,42	0,73	0,73
	0,19	0,50	0,80	0,47	0,65	0,70
1/1 oct.	0,14	0,35	0,87	0,48	0,72	0,73

publicatie is slechts toegestaan in de vorm van dit gehele blad

Mook, 04-12-2008

Absorb versie 4.6.1, mode 7 bestandsnaam: a1717 E#:77-112 F#:193-228 A#:229 T<sub>1</sub> = 15,4 °C T<sub>2</sub> = 14,9 °C p<sub>1</sub> = 99,5 kPa p<sub>2</sub> = 98,3 kPa h<sub>1</sub> = 54,1 % h<sub>2</sub> = 49,1 %