

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen
Tel.: 08370-19013

RAPPORT NO. 468 (GEHEIM)

Ir. G. van Beek en J. Lamers

Meting van de diffusiesnelheid van
waterdamp en kooldioxide door een
blok gasbeton, aan één zijde voorzien
van een laag LITHOX vullende muurverf

Uitgebracht aan Neverlak B.V. - Amsterdam
Order no. 240
Oktober 1985

2100906

SAMENVATTING

De gemeten diffusiegetallen voor kooldioxide en waterdamp van gasbeton (5 cm dik) met een éénzijdig aangebrachte verflaag zijn respectievelijk $6,9 \cdot 10^{-9}$ en $1,56 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. De diffusieweerstandsgetallen (μd) voor de verflaag zijn respectievelijk 2377 en 16. De verflaag is een goede barrière tegen koolzuur omdat het de koolzuurstroom met een factor 250 à 300 vermindert. De verflaag vormt nauwelijks een barrière voor waterdamp. De waterdampstroom vermindert met een factor 4 à 5.

1. Inleiding

In aardappelbewaarplaatsen wordt een levend landbouwprodukt bewaard. Een aardappel verbruikt zuurstof om het levensproces op gang te houden en het produceert onder andere kooldioxide als afvalprodukt. Door een verbeterde techniek bij de bouw van bewaarplaatsen is het aantal lekopeningen in wand en plafond de laatste tijd verminderd. Dit heeft minder ventilatie als gevolg en mogelijk een ophoping van het door de aardappels geproduceerde kooldioxide in de bewaarruimte. Als de bewaarruimte opgetrokken is uit gasbetonblokken dan kan een kooldioxideconcentratie van 1 à 2% op den duur carbonisatie van het gasbeton veroorzaken. Dit uit zich in de praktijk door het ontstaan van niet gewenste scheuren in de wand.

Men kan voorkomen dat een hoge kooldioxideconcentratie in het gasbeton optreedt door aan de zijde van de bewaarruimte een gasremmende laag aan te brengen, bijvoorbeeld isolatieschuim of verf.

De diffusie van kooldioxide in gasbeton is zo goed dat dan de kooldioxideconcentratie gelijk is aan die van de omgeving.

In het kader van deze problematiek heeft Neverlak B.V. te Amsterdam het verzoek gedaan om de diffusiesnelheid van kooldioxide en waterdamp te meten voor een laag gasbeton aan één oppervlak voorzien van een verflaag. De verflaag bestaat uit 1^e ca. 0,25 liter/m² Lithox x Impregnering L8, 2^e ca. 500 gram/m² Lithox vullende muurverf K-kwaliteit en na droging 3^e ca. 500 gram/m² Lithox vullende muurverf K-kwaliteit. De lagen zijn aangebracht met een vachtroller, gerold met de structuurrol zoals in de praktijk gebruikelijk is.

2. Meetmethode

2.1. Kooldioxidediffusie

Een van de wanden van een zinken bak bestaat uit een monster van het te meten materiaal. De zijvlakken van het monster zijn voorzien van een paraffinelaag en aluminiumfolie zodat de gasstroom in één richting gedwongen wordt. In de zinken bak wordt op het starttijdstip van de meting een kooldioxideconcentratie van ca. 5% aangebracht. Na verloop van tijd, afhankelijk van de diffusiecoëfficiënt van het monster, wordt de gasconcentratie nog eens gemeten.

Het diffusiegetal volgt uit:

$$D = \frac{V \cdot d}{A \cdot \Delta t} \ln \frac{C \text{ start}}{C \text{ eind}}$$

symbool	eenheid	grootheid
D	m ² /s	diffusiegetal monster
V	m ³	volume bak
d	m	dikte monster
A	m ²	doorstroomd oppervlak
Δt	s	tijdsduur
C	%	gasconcentratie

Het verschil tussen de gemeten waarde en de werkelijke waarde is maximaal +20%. De werkelijke waarde van het diffusiegetal ligt tussen $4 \cdot 10^{-7}$ en $6 \cdot 10^{-7}$ m²/s als de gemeten waarde $5 \cdot 10^{-7}$ m²/s is.

2.2. Waterdampdiffusie

De bovenkant van een zinken vat is afgesloten door het gasbetonmonster (5 cm dik). De verflaag is gekeerd naar de binnenkant van het vat. In het vat is een bakje water geplaatst waaruit water verdampt, zodat de relatieve vochtigheid in het vat dicht bij 100% ligt. Deze hoge relatieve vochtigheid wordt binnen 1 uur bereikt. Het vat is in een klimaatkast geplaatst waarin de temperatuur en de relatieve vochtigheid constant op 10,1°C en 72% wordt gehouden.

Over het monster bestaat dus een constant waterdampdrukverschil en de waterdampstroom kan berekend worden uit het massaverlies van het bakje water in het vat.

$$D = \frac{d \cdot R \cdot T \cdot m}{\Delta p \cdot A}$$

symbool	eenheid	grootheid
D	m ² /s	diffusiegetal
d	m	dikte monster
Δp	Pa	waterdampdrukverschil
m	kg/s	vochtafgifte uit het bakje
R = 462	J/(kg.K)	gasconstante voor waterdamp
T	K	temperatuur
A	m ²	doorstroemd oppervlak

De nauwkeurigheid van deze meting is ongeveer 20%, één en ander afhankelijk van de afdichting van het monster op het vat.

3. Resultaten

3.1. Kooldioxide

In onderstaande tabel zijn de meetresultaten opgenomen van het experiment om de kooldioxidediffusie te meten. De gemiddelde diffusiecoëfficiënt is $6,9 \cdot 10^{-9}$ m²/s.

symbool	eenheid	experiment nummer		
		1	2	3
V	m ³	14,49 E-3	14,49 E-3	14,49 E-3
d	m ²	0,050	0,050	0,050
A	m ²	0,040	0,040	0,040
t	s	432000	60480	345600
Cstart	%	8,0	6,6	5,5
Ceind	%	6,6	5,5	4,8
D	m ² /s	8,1 E-9	5,5 E-9	7,1 E-9
D/d	m/s	1,6 E-7	1,1 E-7	1,4 E-7

3.2. Waterdamp

De onderstaande tabel vermeldt de basismetingen voor de bepaling van de diffusie van waterdamp. De gemiddelde waarde voor (D/d) = 3,13 E-5 m/s. De invloed van de weerstand van de luchtlag wordt in 4.2. besproken.

symbool	eenheid	experiment nummer		
		1	2	3
R	J(kg.K)	462	462	462
T	°C	10	10	10
m	kg/s	3,04 E-9	3,68 E-9	3,16 E-9
A	m ²	0,040	0,040	0,040
Δp	Pa	346	344	344
D	m ² /s	1,43 E-6	1,75 E-6	1,51 E-6
(D/d)	m/s	2,87 E-5	3,50 E-5	3,01 E-5

4. Discussie

4.1. **Kooldioxide**

a. Wat is de μd -waarde van de verflaag?

De weerstandsfactor μ voor gasbeton met verflaag is verhouding van de diffusiecoëfficiënt van kooldioxide in lucht en de gemeten diffusiecoëfficiënt:

$$\mu_{\text{gasbeton + verflaag}} = \frac{1,64 \cdot 10^{-5}}{6,9 \cdot 10^{-9}} = 2377$$

De μd -waarde voor de verflaag is:

$$\begin{aligned} (\mu d)_{\text{verflaag}} &= (\mu d)_{\text{wand}} - (\mu d)_{\text{gasbeton}} \\ &= (2377 \cdot 0,05) - (8,2 \cdot 0,05) \\ &= 2369 \cdot 0,05 = 118 \end{aligned}$$

als $\mu_{\text{gasbeton}} = 8,2$ en de dikte van de wand $d = 0,05$ m.

De $(\mu d)_{\text{gasbeton}}$ is erg laag, namelijk $8,2 \cdot 0,05 = 0,41$.

De verflaag vermindert de CO_2 -stroom door gasbeton met een factor 250 à 300.

b. Hoe groot is de CO_2 -concentratie op het grensvlak verflaagbeton?

Om deze vraag draait het uiteraard bij toepassing van dit materiaal in aardappelbewaarplassen. Het gaat om de verhouding:

$$A = \frac{(\mu d)_{\text{verflaag}}}{(\mu d)_{\text{gasbeton}}} = \frac{(\Delta C)_{\text{verflaag}}}{(\Delta C)_{\text{gasbeton}}}$$

waarbij $(\Delta C)_{\text{verflaag}} + (\Delta C)_{\text{gasbeton}}$ gelijk is aan het concentratieverschil tussen bewaarplaats en omgeving. Als de CO_2 -concentratie in de bewaarplaats 5% en in de omgeving 0% is dan is het concentratieverschil over de verflaag

$$(\Delta C)_{\text{verflaag}} = \frac{A}{1 + A} (\Delta C)_{\text{wand}}$$

Omdat $A = 118/0,41 = 288$ zal $A/(A+1) \approx 1$ zijn zodat het concentratieverschil over de verflaag 5% is. De CO_2 -concentratie in het gasbeton is dus gelijk aan die van de omgeving, omdat de doorlatendheid van de verflaag gering is en van gasbeton groot is. De verflaag is dus een zeer effectieve barrière voor CO_2 .

4.2. Invloed luchtlaag op de meting van de waterdampdiffusie

Uit metingen is gebleken dat de effectieve diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht niet $2,5 \text{ E-}5 \text{ m}^2/\text{s}$ is, maar een factor 6 groter, dus $1,5 \text{ E-}4 \text{ m}^2/\text{s}$. Dit wordt veroorzaakt door geringe dichtheidsverschillen in het zinken vat als gevolg van kleine temperatuurvariaties, waterdampconcentratieverschillen en drukverschillen in de buitenlucht.

Met behulp van $(\mu d)_{\text{totaal}} = (\mu d)_{\text{lucht}} + (\mu d)_{\text{gasbeton}}$ is de invloed van de luchtlaag te berekenen. Uit $(D/d) = 3,13 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ volgt dat $(D)_{\text{totaal}} = 0,31 \cdot 3,13 \text{ E-}5 = 9,70 \text{ E-}6 \text{ m}^2/\text{s}$.

De luchtlaag is 26 cm en het gasbeton 5 cm dik zodat $(d)_{\text{totaal}} = 31 \text{ cm} = 0,31 \text{ m}$. De diffusieweerstandsfactor $(\mu)_{\text{totaal}} = 2,5 \text{ E-}5 / 9,7 \text{ E-}6 = 2,57$. Met behulp van de bovenstaande vergelijking is $(\mu)_{\text{gasbeton}}$ als volgt uitgerekend:

$0,05 (\mu)_{\text{gasbeton}} = 2,57 \cdot 0,31 - 0,166 \cdot 0,26 = 0,795 - 0,043 = 0,752$; dus $(\mu)_{\text{gasbeton}} = 0,752 / 0,05 = 15$.

Uit de gegevens van paragraaf 3.2. volgt dat $(\mu)_{\text{gasbeton}} = 2,5 \text{ E-}5 / 1,56 \text{ E-}6 = 16$, zodat hieruit blijkt dat de invloed van de luchtlaag niet groot is. De verflaag vermindert de waterdampstroom door het gasbeton met een factor 4 à 5.

4.3. Overzicht diffusie- en weerstandsgetallen

In tabel 1 staat een overzicht van de gemeten en berekende diffusie-eigenschappen van het monster.

Tabel 1. Overzicht van de diffusiegetallen voor het gasbeton monster met verflaag

grootheid	CO ₂			H ₂ O		
	wand	verf	gasbeton	wand	verf	gasbeton
diffusie m ² /s	$6,9 \cdot 10^{-9}$	-	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$1,56 \cdot 10^{-6}$	-	$7,1 \cdot 10^{-6}$
diffusie m/s	$1,4 \cdot 10^{-7}$	-	-	$3,13 \cdot 10^{-5}$	-	-
weerstandsfactor	2377	-	8,2	16	-	3,5
weerstand (μd)	118	118	0,41	0,798	0,625	0,175

De weerstandsfactor is betrokken op $D(\text{CO}_2\text{-lucht}) = 1,64 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ en $D(\text{H}_2\text{O-lucht}) = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

5. Bronnen

- G. van Beek en J. Lamers.

Oriënterende meting van de diffusie van kooldioxide door materialen in gebruik bij de bouw van opslagruimten.

Interim rapport no. 45, Sprenger Instituut, 1984.

Wageningen, 12 augustus 1985 (GvB/MJ)