

GROFKERAMISCHE PRODUKTEN MET EEN  
HOOG GEHALTE AAN KOLENAS

door

A.H. de Vries



postbus 342  
7300 AH apeldoorn

bezoekadres  
laan van westenenk 501

telex 36395 tnoap  
telefoon 055 - 77 33 44

Ref. nr. : 85-015933

Dossiernr.: 8725-12642

Datum : december 1985

NP

Trefwoorden:

Vliegas

Droogpersen

Toeslagstof

„Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, foto-  
copie, microfilm of op welke andere  
wijze dan ook, zonder voorafgaande  
toestemming van TNO.”

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten  
en verplichtingen van opdracht-  
gever en opdrachtnemer verwezen  
naar de „Algemene Voorwaarden  
voor Onderzoeks- en ontwikke-  
lingsopdrachten aan TNO, 1979”  
dan wel de desbetreffende terzake  
tussen partijen gesloten overeen-  
komst.

Stichting Projectbeheerbureau

Energie-onderzoek

Postbus 8242

3503 RE Utrecht

Ref.nr.: Job.nr. 2.11.1

INHOUDSOPGAVE	Pag.
SAMENVATTING	3
INLEIDING	4
1. LITERATUURONDERZOEK	5
1.1 Evaluatie van de bestaande kennis	7
2. HET EVALUEREN VAN PERSEN VOOR HET DROOGPERSEN VAN GROFKERAMISCHE PRODUKTEN	8
3. LABORATORIUM ONDERZOEK AAN MENGSELS	9
3.0 Methode van onderzoek	9
3.1. Selectie en karakterisering van de assen	9
3.1.1. Selectie van de assen	9
3.1.2 Karakterisering van de monsters	10
3.2 Laboratorium onderzoek naar toepasbare persdrukken	11
3.2.1 Receptuur van de mengsels met kolenas en waterglas respectievelijk klei	11
3.2.2 Receptuur mengsels kolenas en waterglas	12
3.2.3 Receptuur mengsels kolenas en klei	12
3.2.4 Vervaardiging van de proefstukken	12
3.2.5 Keuze van de persdrukken	13
3.2.6 Onderzoek van verse perslingen	13
3.2.7 Onderzoek van gedroogde proefblokjes	13
3.2.8 Het bakken van keramische proefstukken	14
3.2.9 Onderzoek van gebakken proefstukken	14
3.2.10 Dilatometeronderzoek	14
4. RESULTATEN VAN HET LABORATORIUMONDERZOEK	15
5. EVALUATIE VAN DE PROEFRESULTATEN	16
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR DE PRODUKTIE OP INDUSTRIELE SCHAAL	17
7. LITERATUUR	18

## SAMENVATTING

Het rapport beschrijft een laboratoriumonderzoek dat moet leiden tot de vervaardiging van grofkeramische bouwmaterialen uit grondstoffenmengsels met een hoog percentage kolenas en een laag percentage klei of enig ander bindmiddel. Er werd een literatuuronderzoek uitgevoerd, waarin werd nagegaan wat de tot nu toe bereikte resultaten op dit gebied zijn.

Tevens werd een vooronderzoek uitgevoerd naar de beste methode van persen voor de met deze mengsels te vervaardigen produkten. Uit dit onderzoek blijkt dat een persmethode zoals gebruikt in de kalkzandsteenindustrie de voorkeur geniet. Tevens geven de resultaten van dit onderzoek aan dat voor een economische realisatie van de produkten vooral de persdruk van belang is. Het laboratoriumonderzoek heeft zich dan ook vooral gericht op onderzoek naar de invloed van de persdruk op de uiteindelijke sterkte van het eindprodukt. De resultaten van dit onderzoek worden weergegeven. Bovendien zijn de parameters voor verder onderzoek op industrieële schaal aangegeven. Het onderzoek werd mogelijk gemaakt door bijdragen van, Stichting Projectbeheerbureau Energie-onderzoek (PEO) te Utrecht en MT-TNO te Apeldoorn.

## INLEIDING

In het kader van het NOK onderzoekprogramma aan kolenreststoffen uit kolengestookte centrales heeft het PEO MT-TNO, werkgroep grofkeramiek, opdracht verleend de haalbaarheid na te gaan van de vervaardiging van keramische bouwmaterialen uit grondstoffenmengsels met een hoog percentage kolenas en een laag percentage klei of enig ander bindmiddel onder gebruikmaking van de droogperstechniek.

In dit kader zijn de navolgende werkzaamheden verricht:

- Literatuuronderzoek en evaluatie van bestaande kennis.
- Evaluatie van persen voor het droogpersen van grofkeramische produkten.
- Selecteren en karakteriseren van de assen.
- Laboratoriumonderzoek aan samengestelde mengsels.
- Onderzoek naar de toelaatbare persdrukken.
- Vervaardigen en bakken van keramische proefstukken.
- Aanbevelingen voor de produktie op industriële schaal.

De aan dit onderzoek verbonden kosten werden gedragen door:

- Stichting Projectbeheerbureau Energie-onderzoek (PEO) te Utrecht;
- MT-TNO te Apeldoorn.

## 1. LITERATUURONDERZOEK

In het rapport van MT-TNO nr. 84-013909 is een overzicht gegeven van bekende literatuur over de mogelijkheden van een produktie van grofkeramische produkten met een hoog gehalte aan kolenas.

Uit dit literatuuroverzicht blijkt dat er op verschillende plaatsen op de wereld onderzoek wordt gedaan naar de produktie van bakstenen met een hoog gehalte van vliegas.

In Amerika is vooral de West Virginia University in Morgantown bij dit onderzoek betrokken geweest. In opdracht van het Amerikaanse "Coal Research Bureau" (CRB) heeft de West Virginia University, Morgantown USA verschillende mogelijkheden bekeken om vliegas uit kolengestookte centrales toe te passen in bouwprodukten.

Slonaker doet verslag van een van de ontwikkelde processen. Via de keramische produktiemethode worden stenen gefabriceerd van vliegas. De produkten werden volgens de droogpersmethode vervaardigd met een watergehalte van 6 à 7% en een minimum persdruk 500 psi. Er werden verschillende samenstellingen beproeft. Hieruit bleek dat bij gebruik van lignitische as (35% CaO) er onregelmatig gebakken stenen ontstonden. De beste resultaten werden verkregen met een mengsel van hoogwaardige vliegas (72%) vermengd met bodemas (25%) en waterglas als binder. Van dit mengsel werden op laboratoriumschaal proefstenen vervaardigd. De gefabriceerde stenen werden gekeurd door de "American Society for Testing and Materials" en goedgekeurd.

Tevens is het mogelijk gebleken, door toevoeging van een geëxpandeerde vliegas, lichtgewicht stenen te maken.

Slonaker, doet tevens verslag van een onderzoek waarin wordt aangetoond, dat vooral de smelttemperatuur van de verschillende vliegassen van belang is. Door onderzoek van beschikbare vliegassen is het mogelijk een zodanige as te kiezen dat bij het bakproces er een minimum aan energiegebruik nodig is. Slonaker komt tot de conclusie dat er een gebakken produkt van uitstekende kwaliteit kan worden gemaakt. Tevens geeft hij aan dat er vliegasstenen zijn te produceren met een energieconsumptie die 20-50 procent lager ligt dan traditioneel vervaardigde stenen. Dit is onder meer ook afhankelijk van het koolstofgehalte van de gebruikte vliegas. De vervaardigde stenen zijn in Edmonton, Alberta, Canada in produktie genomen. De kwaliteit van de vervaardigde stenen was goed.

Produktieproblemen (slijtage en het hoge CaO-gehalte van de gebruikte vliegassen) en marketing problemen (zware concurrentie van een naburige steenfabriek) hebben er toe geleid dat de produktie gestaakt is. [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]

In Engeland is het vooral North Staffordshire Polytechnic dat zich in opdracht van de Britische Central Electricity Generating Board (CEGB) met het onderzoek aan kolenassen heeft bezig gehouden. Anderson doet verslag van zijn proces om tegen lage kosten stenen te maken. Bij dit proces worden de te gebruiken vliegassen verdeeld in een fijne fractie en een grove fractie. De fijne zeer koolstofrijke fractie (het koolstofgehalte varieert van 10 tot 30%) wordt vermengd met klei in een verhouding van 75% as en 20% klei. Aan dit mengsel wordt 2% waterglas als binder alsmede 2 - 3% vloeibare brandstof toegevoegd. Via het droogpersprocédé worden stenen gevormd (perdruk 17,2 N/mm<sup>2</sup>). Deze stenen bevatten zoveel brandstof dat de produkten zonder gebruik van externe brandstof gebakken kunnen worden. Het bakken gebeurt in een veldoven. Het eindprodukt is een voor Engeland aantrekkelijke gevelsteen, die ofschoon laag in gewicht, voldoet aan de Engelse normen. Het proces is echter nooit op industriële schaal toegepast. Voor Nederland hebben de gebruikte assortten een ongekend hoog koolstofgehalte. Het eindprodukt is voor Nederlandse begrippen niet aantrekkelijk van uiterlijk. [11] [12] [13] [14] [15] [16]

In Finland zijn de mogelijkheden van toepassing van vliegass in de baksteenindustrie door een literatuuronderzoek bekeken. Keppo komt tot de conclusie dat het gebruik zinvol is en beveelt verder onderzoek aan. [17] [18]

In India heeft het onderzoek zich vooral geconcentreerd op de toepassing van vliegass in betonstenen. [19] [20] [21]

In Nederland zijn verschillende toepassingen van vliegass bekend. Technisch Centrum Waalsteen heeft samen met TNO een onderzoek verricht naar de toepassing van hoge percentages vliegass en een bindmiddel. De bindmiddel en klei met wat dextrine bleken het meest succesvol. Het onderzoek leidde tot de aanbeveling voor nadere studie. [22] In Rusland zijn onderzoekingen uitgevoerd om vliegassstenen in een autoclaaf te bakken. Resultaten van deze onderzoekingen zijn niet bekend. [23]

### 1.1 Evaluatie van de bestaande kennis

Er kan worden gesteld dat veel onderzoek is verricht inzake de vervaardiging van bakstenen uit hoge percentages vlieggas met een bindmiddel. Als vormgevingsmethode werd in het algemeen de droogpersmethode gekozen. Toepassing op industriële schaal is mogelijk gebleken. Het procédé dat door Anderson is ontwikkeld is voor Nederland minder interessant door het gebruik van vliegassen met een zeer hoog koolstofgehalte (>10%). Tevens wordt de as in het proces van Anderson eerst gescheiden in twee fracties. Dit maakt het proces aanzienlijk duurder. Ook is het uiterlijk van de door Anderson ontwikkelde produkten voor de Nederlandse markt niet aantrekkelijk. Het door Slonaker in opdracht van het Amerikaanse "Coal Research Bureau" ontwikkelde proces lijkt voor Nederland wel aantrekkelijk, zij het, dat het proces aan Nederlandse kleien en assen moet worden aangepast. De uit dit proces ontwikkelde baksteen bestaat uit 83% vlieggas en 17% bodemslak (samen 95% van het mengsel) en als bindmiddel 5% waterglas (47° Beaume). Toepasbaar is een koolstofgehalte <10%. De stenen worden droog geperst bij een persdruk van 2200 psi (15,2 N/mm<sup>2</sup>). Zowel het drogen als het bakken levert een energiebesparing op.

Probleem bij de toepassing op industriële schaal blijkt vooral de grote slijtage van de produktiemachines te zijn. Wat betreft de afzet van produkten op de markt, blijkt het uiterlijk niet altijd acceptabel te zijn. Beide facetten zullen daarom in het Nederlandse onderzoek extra aandacht moeten krijgen.

## 2. HET EVALUEREN VAN PERSEN VOOR HET DROOGPERSEN VAN GROFKERAMISCHE PRODUCTEN

Uit het uitgevoerde onderzoek [27] blijkt dat met name in de fijnkeramische-, de elektrokeramische- en de vuurvast-industrie de droogperstechniek een ruime plaats inneemt. Drooggeperste produkten zijn meestal van goede kwaliteit en bijzonder maatvast, vanwege de geringe droogkrimp van het halffabrikaat. In de voorgaand genoemde industrieën wordt meestal met een vochtgehalte tussen de 0 en 7% m/m gewerkt. De gebruikte persdrukken variëren van 20 tot 100 MPa (zie ook bijlage 1, blad 1). Het produktietempo is bij toepassing van een hoge persdruk in het algemeen relatief laag. Behalve de genoemde industrieën maakt ook de kalkzandsteenindustrie voor de vormgeving gebruik van een soortgelijke vormgevingstechniek. De gebruikte persdrukken zijn hier max 20 MPa. Het produktietempo is hoog. Gelet ook op de toegepaste afmetingen van kalkzandsteen lijkt het in principe mogelijk om met behulp van het in de kalkzandsteenindustrie gebruikte type pers ook bakstenen uit kolenas en een bindmiddel te maken. Voorwaarde is dan wel dat de bedoelde stenen bij een voldoende lage persdruk ( $< 20 \text{ N/mm}^2$ ) vervaardigd kunnen worden. Het laboratoriumonderzoek zal in eerste instantie dan ook hierop gericht moeten zijn. Naar aanleiding van bovenstaande constatering is er contact opgenomen met de kalkzandsteenfabriek de "Hazelaar". Dit bedrijf is in principe bereid om in een verder stadium proeven op industriële schaal uit te voeren.



### 3. LABORATORIUMONDERZOEK AAN SAMENGESTELDE MENGSELS.

#### 3.0 Methode van onderzoek

De gebruikte assen en toeslagstoffen werden gekarakteriseerd. Hierna werden op laboratoriumschaal de verschillende parameters vastgesteld, die het keramische productieproces via de droogpersmethode beïnvloeden. Uit een vooronderzoek bleek, dat het werken met een vormgevingstechniek zoals in de kalkzandsteen-industrie, economisch het meest aantrekkelijk zou zijn. Een bijzonderheid van deze techniek is de relatief lage persdruk die wordt toegepast. Het laboratoriumonderzoek heeft zich daarom in eerste instantie geconcentreerd op het vervaardigen van kwalitatief aanvaardbare gebakken monsters, die bij een zo laag mogelijke druk waren geperst.

Na samenstelling van de te beproeven mengsels werden bij verschillende persdrukken proefmonsters vervaardigd. Van deze proefmonsters werden zowel in verse, gedroogde als in gebakken toestand de relevante eigenschappen vastgesteld. Evaluatie van al deze eigenschappen leidde tot een advies voor proeven op semi-technische schaal.

#### 3.1 Selectie en karakterisering van de assen

##### 3.1.1 Selectie van de assen

Uitgangspunten bij de keuze van de assen was: Een as van goede kwaliteit inclusief bijbehorende bodemas (laag kalkgehalte, relatief fijne korrelverdeling, laag koolstofgehalte), alsmede een as van minder goede kwaliteit inclusief bijbehorende bodemas (hoog kalkgehalte, grove korrelverdeling, hoog koolstofgehalte). In overleg met de KEMA zijn de volgende assen voor het onderzoek geselecteerd.

\* VLIEGAS I : luchtdroog (0%), leverancier KEMA  
soort : I Amer 8 PNEM  
nummer : A 884100806 S81 AAAO  
geleverd op : 25-1-1985

- \* BODEMAS I : luchtdroog (0%), leverancier KEMA  
soort : Amer 8 PNEM  
nummer : A 884102906 G81 USX  
geleverd op : 25-1-1985
- \* VliegAS II : luchtdroog (0%), leverancier KEMA  
soort : II Amer 8 PNEM  
nummer : A 48412004541 AAA PM  
geleverd op : 25-1-1985
- \* BODEMAS II : luchtdroog (0%), leverancier KEMA  
soort : Amer 4 PNEM  
nummer : H 84121008 G41 P.M.  
geleverd op : 25-1-1985

Door TNO zijn de volgende toeslagstoffen voor het onderzoek gekozen.

- \* KLEI BRM : vette Brunsummer klei, luchtdroog  
gemalen in hamermolen over 2 mm zeef  
De klei werd verkregen via de  
Werkgroep Fijnkeramiek TNO.
- \* WATERGLAS : type Sol 38-40° BE°  
dichtheid: 1370 g/liter  
Na<sub>2</sub>O : 8,5%; SiO<sub>2</sub> : 27,8%; Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> : 36,3%  
Fabrikant: Akzo Chemie, Amersfoort  
Leverancier: Visser BV, Enschede  
prijs f 0,60 per liter  
geleverd op: 20 februari 1985

### 3.1.2 Karakterisering van de monsters

De gebruikte assen zijn door Intron gekarakteriseerd. De resultaten van deze analyses zijn weergegeven in bijlage 2 blad 1 t/m 3. Behalve de gebruikelijke analyses is een kwalitatieve analyse van de grove bestanddelen (> 1 mm) in de bodemassen uitgevoerd:

fractie	<u>Bodemas 1</u>	<u>Bodemas 2</u>
1-2 mm	ca. 8% "onverbrand en verder ongeveer gelijke aandelen gesinterd en slak	"onverbrand ca. 3%; slak 17% en gesinterd 80%.
2-4 mm	relatief veel (ca. 40%) gesmolten en daarna gebroken slakdeeltjes (zwarte en groenbruine); daarnaast (ca. 55%) gesinterde deeltjes (grijs-kleurige) en "onverbrande" koolstofdeeltjes (ca. 5%)	"onverbrand" ca. 8%, slak ca. 12%; gesinterd 80%
4-8 mm	ca. 25% uit "onverbrand", voor 35% uit gesinterde deeltjes en voor de rest uit slak.	"onverbrand" 15 à 30% (mat zwart en glanzend) gesinterd ca. 50%; diversen 5%.

### 3.2 Laboratoriumonderzoek naar toepasbare persdrukken

#### 3.2.1 Receptuur van de mengsels met kolenas en waterglas respectievelijk klei

Voor alle mengsels is gekozen voor een standaard samenstelling van het mengsel vliegas en bodemas. Deze samenstelling is constant voor alle proeven, 75 massadelen vliegas, droog; en 25 massadelen bodemas, droog. Het mengsel samengesteld uit vliegas nr.1 en bodemas nr.1 wordt aangeduid als kolenas I. Het mengsel samengesteld uit vliegas en bodemas nr.2 wordt aangeduid als kolenas II. Beide bodemassen werden eerst gemalen tot de as over een zeef van vier mm afgezeefd kon worden. Dit werd gedaan om een goede homogeniteit in de te vervaardigen kleine proefblokjes te waarborgen.

3.2.2 Receptuur mengsels kolenas en waterglas

(op massa basis)

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	waterglas Sol	kolenas	water additie	mengsel nr.
2 g	5,51 g	98 g I	5,49 g	I/2
3 g	8,26 g	97 g I	3,74 g	I/3
5 g	13,77 g	95 g I	0,23 g	I/5
2 g	5,51 g	98 g II	5,49 g	II/2
3 g	8,26 g	97 g II	3,74 g	II/3
5 g	13,77 g	95 g II	0,23 g	II/5

(watergehalte persmasse: 9% ( $\text{m}/\text{m}_d$ ))3.2.3 Receptuur mengsels kolenas en klei

(op massa basis, droog)

droge klei BRM	kolenas	water additie	mengsel nr.
15 g	85 g I	9 g	I/15
15 g	85 g II	9 g	II/15

(watergehalte persmassa: 9% ( $\text{m}/\text{m}_d$ ))3.2.4 Vervaardigen van de proefstukken

De proefstukken werden op een bij de werkgroep aanwezig hydraulische pers vervaardigd. Matrijsdiameter was:  $\sim 22,25 \text{ } \emptyset \text{ mm}$ ; opp. =  $388,82 \text{ mm}^2$ . Na vulling van de matrijs met 20 gram vochtige massa werden de proefblokjes geperst waarbij elke persing 12 seconden duurde, waarvan 3 seconden rond de persdruk. De in totaal 8 mengsels werden elk bij 5 proefdrukken geperst. Per persdruk en

per mengsel werden er 10 blokjes vervaardigd. De proefblokjes werden gemerkt 1 t/m 400. Om een goed overzicht te verkrijgen van het persgedrag van de proefblokjes werden de in 3.2.5 tabel vermelde persdrukken gekozen.

### 3.2.5 Keuze van de persdrukken

N/mm <sup>2</sup>	kN (op de persmal aan te brengen kracht)
6,3	2,45
12,5	4,86
25	9,72
50	19,44
100	38,88

### 3.2.6 Onderzoek van verse perslingen

Van de gevormde proefblokjes werd vastgesteld:

- hoogte vers (mm)
- diameter vers (mm)
- massa vers (g)
- dichtheid (kg/m<sup>3</sup>)

### 3.2.7 Onderzoek van gedroogde proefblokjes

Na het vormen werden de monsters gedurende minimaal 48 uren gedroogd bij 40°C.

Vastgesteld werd:

- hoogte droog (mm)
- diameter droog (mm)
- massa droog (g)
- dichtheid (kg/m<sup>3</sup>)
- droogkrimp % (1/1) (bepaald over de hoogte)

### 3.2.8 Het bakken van keramische proefstukken

Elke groep van 10 proefstukken, die per persdruk en per mengsel ter beschikking kwam, werd willekeurig in twee profeenheden à 5 stuks verdeeld en gemerkt. Uit de verzameling profeenheden werden twee identieke ovencharges samengesteld, die bij respectievelijk 1050°C en 1150°C in een elektrische oven en in open stapeling werden gebakken. De volgende bakregimes werden hierbij toegepast:

baktemperatuur	: 1050°C	1150°C
opwarmsnelheid	: 40°C/h	40°C/h
aanhoudtijd	: 4 uren	4 uren
koeling	: 60°C/h	60°C/h
atmosfeer	: licht oxiderend	licht oxiderend

### 3.2.9 Onderzoek van gebakken proefstukken

Van de gebakken proefstukken werd vastgesteld:

- hoogte gebakken (mm)
- diameter gebakken (mm)
- massa gebakken (g)
- dichtheid (kg/m<sup>3</sup>)
- bakkrimp % (1/1)
- geluidssnelheid (km/s)
- druksterkte (N/mm<sup>2</sup>) (3 exemplaren)
- wateropneming % (m/m) (2 exemplaren)

### 3.2.10 Dilatometeronderzoek

Van elk mengsel werd een bij 25 N/mm<sup>2</sup> geperst proefstuk gebruikt voor de vaststelling van de dilatometercurve tot maximaal 1250°C. De dilatometercurves zijn weergegeven in de bijlage 5 blad 1 t/m 3.

#### 4. RESULTATEN VAN HET LABORATORIUMONDERZOEK

De resultaten van het laboratoriumonderzoek zijn opgenomen in bijlage 3 blad 1 t/m 8.

De massa's waren zonder problemen samen te stellen. In principe bleek ook de vormgeving bij de vijf gekozen persdrukken mogelijk en verliep de droging van de proefblokjes, zoals verwacht mocht worden, schadevrij.

De blokjes die bij  $6,3 \text{ N/mm}^2$  geperst waren hadden echter zo'n geringe sterkte, dat zij bij de minste aanraking uit elkaar vielen. Ditzelfde gold voor een groot deel van de blokjes geperst bij  $12,5 \text{ N/mm}^2$ . In het algemeen gaven de gedroogde blokjes uit as I + waterglas een beter resultaat dan die uit as II + waterglas. Bij de mengsels met klei gaven die met as II daarentegen een beter resultaat. Naar een verklaring voor dit verschijnsel is verder niet gezocht.

Wat het bakgedrag betreft blijkt dat de bakkrimp bij een hoger gekozen percentage waterglas toeneemt en bij gebruik van as II onder overigens gelijk gekozen omstandigheden een hogere waarde bereikt dan bij gebruik van as I. Het bakkrimpniveau van de proefstukken met klei als bindmiddel ligt voorts lager dan van de proefstukken met 5% waterglas. Ook bij deze mengsels levert as II de hoogste bakkrimpwaarden op. Uit de resultaten is geen duidelijke relatie tussen bakkrimpniveau en persdruk aanwijsbaar.

Bekijken we de grafieken in bijlage 4, waarin onder andere de relatie tussen dichtheid en persdruk is weergegeven, dan blijkt dat de invloed van de persdruk op de dichtheid na  $60 \text{ N/mm}^2$  afneemt.

Tussen de  $15 - 60 \text{ N/mm}^2$  heeft de relatie een vrijwel lineair verloop. De kleur van alle proefblokjes was geel tot bruin. Het oppervlak van de gebakken blokjes was glad.

5. EVALUATIE VAN DE PROEFRESULTATEN

De norm NEN 2489 bevat kwaliteitseisen voor metselbakstenen voor binnenmuren, buitenmuren en zwaar belast metselwerk. In het bijzonder de met betrekking tot de sterkte gestelde eisen kunnen de toepasbaarheid van het droogpersprocédé beperken. De bedoelde eisen zijn in tabel 3 vermeld.

Tabel 3 Voor metselwerk vereiste druksterktes

Metselbaksteen voor:	Druksterkte N/mm <sup>2</sup> ondergrens
- gepleisterde binnenmuren	5 - 10
- binnenmuren van schoon metselwerk	7,5
- buitenmuren waaraan geen speciale eisen worden gesteld	7,5
- buitenmuren voldoende aan verhoogde eisen onder normale condities	10
- buitenmuren voldoende aan verhoogde eisen onder verzwaarde condities	15
- trasramen en kelder	20 - 30
- zwaar belaste binnen- en buitenmuren	20 - 40

Voor een baksteen is met het oog op de afzetmogelijkheden op de binnen- en buitenmuurmarkt een minimale druksterkte van 10 N/mm<sup>2</sup> wenselijk. Vergelijkt men de resultaten vermeld in bijlage 3 blad 1 t/m 8 met deze eis en legt men hiernaast de tweede voorwaarde, dat de persdruk beneden de 20 N/mm<sup>2</sup> moet liggen, dan blijkt dat van de waterglas-as mengsels alleen het mengsel as I + 5% waterglas aan deze eisen kan voldoen. Bij de klei-as mengsels voldoet het mengsel as II + 15% klei aan beide gestelde voorwaarden.



## 6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR DE PRODUKTIE OP INDUSTRIELE SCHAAL

Uit het onderzoek blijkt dat het mogelijk is produkten te vervaardigen met een hoog percentage vliegas en een bindmiddel, die voldoen aan de kwaliteitseisen voor metselbakstenen. De van tevoren gestelde eis dat dit realiseerbaar moet zijn bij een persdruk lager dan 20 N/mm<sup>2</sup> blijkt eveneens haalbaar.

Bij het onderzoek op industriële schaal, zoals dat bij kalkzandsteenfabriek de "Hazelaar" zal plaatsvinden, zullen op grond van de resultaten van het laboratoriumonderzoek twee mengsels beproefd worden.

### Mengsel A

- As 1 (75% vliegas 1 + 25% bodemas 1) gemengd met 5% waterglas.
- Aanmaakwatergehalte 9% m/m droog.
- De persdruk zal zo dicht mogelijk bij de 20 N/mm<sup>2</sup> gekozen worden.
- De baktemperatuur zal op 1090°C gekozen worden.

### Mengsel B

- As 2 (75% vliegas 2 + 25% bodemas 2) gemengd met 15% klei.
- Aanmaakwatergehalte 9% m/m droog.
- De persdruk zal bij de 15 N/mm<sup>2</sup> gekozen worden.
- De baktemperatuur zal op 1090°C gekozen worden.

Na het vervaardigen van de proefstenen zullen deze gebakken worden in een industriële oven bij een steenfabriek in Wessum.

Een deel van de vervaardigde proefstenen zal als referentie in de laboratoriumoven van de werkgroep in Apeldoorn gebakken worden.

Het gereede gebakken produkt zal aan een kwaliteitsonderzoek worden onderworpen.

## 7. LITERATUUR

- [1] "Study of the effect of firing conditions upon flyash structural produkts". Slonaker, J.F. Report no.128 of West Virginia Univ. USA and C.R.B.
- [2] "Role of flyash brick manufacturing in energy conservation." Slonaker, J.F. Report no.149 of West Virginia Univ. USA and the C.R.B.
- [3] "Lightweight flyash brick". Slonaker, J.F. Report no.153 of West Virginia Univ. USA and the C.R.B.
- [4] "Overview of the West Virginia University-Department of Energy flyash brick process". Slonaker, J.F. Report no.163 of West Virginia Univ. USA and the C.R.B.
- [5] "Utilization of coal-associated minerals". Slonaker, J.F., Akers, D.J., Alderman, J.K., West Virginia Univ. USA and the C.R.B. Ref. DOE/ET/10533--TI (1980).
- [6] "Role of flyash brick manufacturing in energy conservation". Slonaker, J.F. West Virginia Univ. USA, Paper of the International ash utilization symposium Atlanta USA, 1979.
- [7] "Densification and degradation behavior of bottomash-flyash and coarse coal refuse: flyash mixtures" Slonaker, J.F. West Virginia Univ. USA, Paper of the International ash utilization symposium RENO USA, 1982.
- [8] "Whatever happened to flyash brick" Buttermore, W.H., Slonaker, F.J., Paper of ash tech conference, 1984.
- [9] TNO-bezoekverslag aan Coal Research Bureau en de West Virginia University Morgantown (USA), B. Boesmans, maart 1982.

- [10] TNO-bezoekverslag Reis naar de USA maart 1985, B. Boesmans, ref.nr. 85-03921.
- [11] "Bricks containing pulverized fuel ash and their manufacture" Anderson, M., Brit.UK Pat. Appl. (130581)
- [12] "A new low-cost pfa brickmaking process". Anderson, M. Ash tech conference, Londen 1984.
- [13] "Power station ash for the production of tiles" International Coal Letter, 14 september 1984.
- [14] "Processed high carbon PFA as a fuel additive" Dr. M. Anderson Repport of Dept. Ceram. Techn., North Staffordshire Polytechnic.
- [15] "The beneficiation of power station coal ash and its use in heavy clay ceramics", Anderson, M.; Jackson, G., Trans.Journ. Brit. Ceram. Soc., Vol 82, no. 2, 1983.
- [16] TNO-bezoekverslag aan North Staffordshire Polytechnic Stoke-on-Trent, England door A.H. de Vries, Ref.nr. 85-0282.
- [17] "Power plant ashes and their utilization, part 6. Use in the production of bricks. "Keppo M. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Espoo (Finland). Betoni- ja Silikaattiteknikan lab. De-- 82901196 VTT-BET--66, 1980.
- [19] "Manufacture of building bricks with fly-ash". Gardin, M.D. a.e. Indian Concr.J. (78), Vol 52, no. 5-6.
- [20] "Use of fly ash in the manufacture of building bricks" Prasad K.K. a.o., J. Mines, Met. Fluels, 26(5), May 1978.
- [21] "Some economic uses for fly ash". Mukherjee, K.P., Indian Ceram. 21(3), 1978.

- [22] "Vliegás voor de baksteen industrie deel 2", Wagener, A.H.J., KleiGlasKeramiek, 2(7), 1981.
- [23] "Brick made from power plant fly ash", Erenburg a.o., Stroit. Mater (71) no. 2.
- [24] "Possible use of power-plant fly ash II. Fly ash as a correcting additive or basic raw material in brick production". Srbek, Frantisek, Stavivo (82), Vol 60, no. 7-8.
- [25] "Bezoekverslag aan Coal Research Bureau, West Virginia University, Morgantown, J. Bijen, Intron, 1980.
- [26] "Mogelijkheden en beperkingen van het gebruik van kolenafval in de baksteenindustrie", J.H. van der Velden, Rapport MT-TNO, ref.nr. 81-09051, 1981.
- [27] "Evaluatie van geschikte en beschikbare persen voor het droogpersen van grofkeramische produkten met een hoog gehalte (> 70%) aan kolenas". A van de Wijdeven. Intron Rapport nr. 85060.
- [28] "Bricks and other structural ceramics"  
PFA data Book, september 1976.
- [29] "Inleidende proeven om te onderzoeken of het mogelijk is baksteen uit vliegás te produceren"  
F.L.J. Damen, stichting tech. centrum Waalsteen, rapport nr. A-1978-7, juli 1978.

PERSDRUKKEN

Omrekening van eenheden.

$$1 \text{ psi} = 6,89 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 = 6,89 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPA} = 10^6 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Courante persdrukken in de industrie

\* Electrokeramiek : 100 N/mm<sup>2</sup>

\* Vuurvast : 60 à 100 N/mm<sup>2</sup>

\* Fijnkeramiek : 20 N/mm<sup>2</sup>

\* "Slonaker" : 3,5 à 15 N/mm<sup>2</sup>

\* "North staff. Polytechnic" : 17 N/mm<sup>2</sup>

\* Kalkzandsteen : 12 à 20 N/mm<sup>2</sup>

OVERZICHT VAN PERSDRUKKEN EN EEN  
OMREKENTABEL VAN EENHEDEN

MT - TNO

Werkgroep Grofkeramiek  
datum : 15 mei 1985  
doss. : 12642  
bijlage : 1 blad 1

tabel 1

Watergehalte bij ontvangst					
	EEN- HEID	BODEMASSEN		VLIEGASSEN	
		I	II	I	II
Watergehalte in % van de droge massa	% (m/m)	0,35	0,18	0,24	0,07

tabel 2

BEPALING VAN DE VOLUMIEKEMASSA					
	EEN- HEID	BODEMASSEN		VLIEGASSEN	
		I	II	I	II
Volumieke massa, los gestort volgens BS 812)	kg/m <sup>3</sup>	800	800	784	888
Volumieke massa, verdicht (volgens BS 812)	kg/m <sup>3</sup>	910	923	890	940
Korrel dichtheid (volgens BS 812)	kg/m <sup>3</sup>	2061	2082	2366	2361

RESULTATEN VAN ANALYSES AAN VLIEGASSEN EN BODEMASSEN		MT - TNO			
		Werkgroep Grofkeramiek datum : 15 mei 1985 doss. : 12642 bijlage : 2 blad 1			



tabel 4

Chemische analyse, totaalanalyse					
	EEN- HEID	BODEMASSEN		VLIEGASSEN	
		I	II	I	II
gloeiverlies	% (m/m)	9,66	8,17	3,72	7,49
SiO <sub>2</sub>	% (m/m)	50,85	52,70	49,18	49,30
Na <sub>2</sub> O	% (m/m)	0,30	0,22	0,18	1,94
K <sub>2</sub> O	% (m/m)	1,17	0,83	0,47	1,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% (m/m)	20,94	24,92	37,20	24,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% (m/m)	8,89	8,13	4,54	5,75
MgO	% (m/m)	2,20	0,79	0,41	1,84
CaO	% (m/m)	3,43	0,87	0,60	3,39
TiO <sub>2</sub>	% (m/m)	1,99	2,35	3,91	2,84
Totaal	% (m/m)	99,43	98,98	100,21	98,92

tabel 5

Chemische analyse, bijzondere componenten					
	EEN- HEID	BODEMASSEN		VLIEGASSEN	
		I	II	I	II
totaal S	% (m/m)	0,08	0,39	0,11	0,09
SO <sub>4</sub> -wateroplosbaar (als SO <sub>3</sub> )	% (m/m)	0,13	0,06	0,22	0,24
Koolstof	% (m/m)	7,86	5,46	3,49	7,20
CO <sub>2</sub> uit carbonaat	% (m/m)	0,87	1,02	0,43	0,37
Cl-	% (m/m)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
F-	% (m/m)	0,0013	0,0024	0,0043	0,0035

<p>RESULTATEN VAN ANALYSES AAN VLIEGASSEN EN BODEMASSEN</p>	<p>MT - TNO Werkgroep Grofkeramiek datum : 15 mei 1985 doss. : 12642 bijlage : 2 blad 3</p>
---	---



KOLENAS NR. : I  
 TOESLAGSTOF : Waterglas

PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 2

BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	29,0	27,4	25,9	24,8	23,3
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	15,0	15,0	14,9	14,9	14,8
	watergehalte	% (m/m)	8,2	8,1	8,0	8,0	8,3
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1306	1370	1440	1500	1590
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	28,7	27,5	26,0	24,8	23,3
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	13,8	13,9	13,8	13,8	13,7
	droogkrimp	% (l/l)	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	0,0
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1205	1265	1330	1390	1470
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	28,9	27,5	26,0	24,9	23,4
	diameter	mm	22,5	22,3	22,6	22,6	22,6
	massa	g	12,8	12,7	12,8	12,95	13,0
	bakrimp	% (l/l)	-0,2	0,0	-0,2	-0,1	0,5
	gloeiverlies	% (m/m)	7,3	8,6	6,6	5,8	5,6
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1120	1180	1235	1300	1390
	geluidsnelheid	m/s	0,76	n.b.	0,86	0,87	0,89
	wateropneming druksterkte	% (m/m) N/mm <sup>2</sup>	35,2 1,1	n.b. 1,0	30,5 1,0	27,7 1,0	26,0 1,0
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	n.b.	n.b.	26,0	24,8	23,1
	diameter	mm	n.b.	n.b.	22,3	22,3	22,3
	gewicht	g	n.b.	n.b.	13,1	13,1	13,1
	bakrimp	% l/l	n.b.	n.b.	0,4	-0,2	0,9
	gloeiverlies	% m/m	n.b.	n.b.	5,1	5,1	5,1
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	1290	1350	1450
	mech. sterkte	N/mm	n.b.	n.b.	1,0	1,0	3,1

DROOGPERSONDERZOEK AAN KOLENASSEN  
 RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES

MT - TNO  
 Werkgroep Grofkeramiek  
 datum : 24 SEPT.1985  
 doss. : 12642  
 bijlage : 3 blad 1

KOLENAS NR. : I  
 TOESLAGSTOF : Waterglas

PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 3

BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	29,0	27,5	26,2	24,8	23,4
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
	watergehalte	%(m/m)	7,8	8,3	8,3	7,8	8,6
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1290	1370	1430	1500	1600
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	29,0	27,4	26,2	25,0	23,4
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	13,9	13,8	13,9	13,9	13,8
	droogkrimp	%(l/l)	0,1	0,1	-0,0	-0,2	0,3
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1290	1260	1320	1390	1475
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	28,9	27,4	25,9	25,0	23,3
	diameter	mm	22,6	22,4	22,4	22,5	22,4
	massa	g	13,9	13,1	13,1	13,2	13,1
	bakrimp	%(l/l)	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
	gloeiverlies	%(m/m)	6,0	5,5	5,6	5,3	5,1
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1140	1210	1280	1330	1420
	geluidsnelheid	m/s	0,91	0,98	1,12	1,02	1,33
	wateropneming druksterkte	%(m/m) N/mm	38,2 1,0	34,2 1,0	30,5 1,0	28,0 1,0	24,8 1,0
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	28,4	27,2	25,8	24,8	23,4
	diameter	mm	22,1	22,1	22,1	22,1	22,2
	massa	g	13,0	13,0	12,8	13,1	13,1
	bakrimp	%(l/l)	1,7	1,6	1,8	1,7	1,9
	gloeiverlies	%(m/m)	5,8	5,8	7,9	5,7	5,1
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1210	1250	1295	1385	1450
	druksterkte	N/mm <sup>2</sup>	1,1	1,1	1,6	3,7	16,8

DROOGPERSONDERZOEK AAN KOLENASSEN  
 RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES

MT - TNO  
 Werkgroep Grofkeramiek  
 datum : 24 SEPT.1985  
 doss. : 12642  
 bijlage : 3 blad 2

KOLENAS NR. : I

TOESLAGSTOF : Waterglas

PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 5

BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	26,9	25,7	24,7	23,8	22,3
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	15,0	15,0	15,0	15,0	14,9
	watergehalte	% (m/m)	9,8	10,0	9,3	9,4	8,5
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1400	1470	1520	1580	1670
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	26,8	25,6	24,7	23,4	22,2
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
	droogkrimp	% (l/l)	0,3	0,2	0,7	0,8	0,6
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1280	1340	1395	1470	1550
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	26,7	25,4	24,5	23,3	22,1
	diameter	mm	22,3	22,3	22,3	22,4	22,4
	massa	g	12,9	12,8	12,9	12,9	12,9
	bakrimp	% (l/l)	0,5	0,5	0,7	0,8	0,6
	gloeiverlies	% (m/m)	6,0	6,3	6,4	6,0	6,4
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1230	1295	1340	1405	1485
	geluidsnelheid	m/s	2,4	2,1	1,9	2,1	2,1
	wateropneming druksterkte	% (m/m) N/mm <sup>2</sup>	32,9 2,4	29,2 3,7	27,5 12,1	23,9 14,8	21,8 37,1
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	26,8	24,8	24,2	23,0	21,9
	diameter	mm	22,0	22,3	22,0	21,9	22,1
	massa	g	13,0	12,8	13,0	12,9	13,0
	bakrimp	% (l/l)	1,8	2,6	2,4	1,7	2,2
	gloeiverlies	% (m/m)	5,8	5,9	5,5	5,8	5,8
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1285	1320	1415	1495	1555
	druksterkte	N/mm <sup>2</sup>	5,3	6,2	23,6	38,7	48,8

DROOGPERSONDERZOEK AAN KOLENASSEN  
RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES

MT - TNO  
Werkgroep Grofkeramiek  
datum : 24 SEPT.1985  
doss. : 12642  
bijlage : 3 blad 3

KOLENAS NR. : II  
 TOESLAGSTOF : Waterglas

PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 2

BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	28,7	27,5	26,3	25,1	23,7
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	15,0	15,0	15,0	14,9	14,9
	watergehalte	% (m/m)	6,9	8,2	7,8	7,7	8,1
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1310	1365	1430	1490	1575
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	28,2	27,5	26,4	25,3	23,8
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	14,0	14,0	13,9	13,9	13,8
	droogkrimp	% (l/l)	2,1	-0,2	-0,6	-0,6	-0,5
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1250	1270	1320	1375	1450
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	n.b	26,9	25,5	24,9	23,2
	diameter	mm	n.b	22,0	22,0	22,1	22,2
	massa	g	n.b	12,6	12,7	12,7	12,6
	bakrimp	% (l/l)	n.b	2,4	2,5	2,3	2,6
	gloeiverlies	% (m/m)	n.b	10,0	8,6	9,2	8,5
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	n.b	1230	1300	1350	1415
	geluidsnelheid	m/s	n.b	1,5	1,6	1,6	1,6
	wateropneming druksterkte	% (m/m) N/mm <sup>2</sup>	n.b n.b	33,3 0	30,7 0	27,8 3,2	24,5 11,0
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	n.b	25,3	24,6	23,4	22,1
	diameter	mm	n.b	21,3	21,3	21,1	21,1
	massa	g	n.b	11,6	12,4	12,2	12,5
	bakrimp	% (l/l)	n.b	8,0	7,9	7,7	6,8
	gloeiverlies	% (m/m)	n.b	17,1	14,2	11,0	9,4
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	n.b	1290	1370	1490	1620
	druksterkte	N/mm <sup>2</sup>	n.b	1,1	1,1	2,3	2,3

DROOGPERSONDERZOEK AAN KOLENASSEN  
 RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES

MT - TNO  
 Werkgroep Grofkeramiek  
 datum : 24 SEPT.1985  
 doss. : 12642  
 bijlage : 3 blad 4

KOLENAS NR. : II  
 TOESLAGSTOF : Waterglas

PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 3

BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	28,5	27,5	26,1	25,0	23,8
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	15,0	15,0	15,0	15,0	14,9
	watergehalte	% (m/m)	8,0	7,8	7,8	7,7	7,2
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1320	1365	1440	1500	1570
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	28,5	27,6	26,2	25,1	23,9
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
	droogkrimp	% (l/l)	0,0	-0,4	-0,4	-0,3	-0,6
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1320	1265	1330	1390	1460
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	27,4	26,5	25,4	24,4	23,3
	diameter	mm	21,8	22,0	22,0	21,9	22,0
	massa	g	12,6	12,5	12,7	12,7	12,7
	bakkrimp	% (l/l)	3,3	3,3	2,9	2,7	2,8
	gloeiverlies	% (m/m)	9,1	9,7	8,7	8,8	8,6
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1230	1250	1315	1380	1435
	geluidsnelheid	m/s	1,8	1,7	1,8	1,7	1,6
	wateropneming druksterkte	% (m/m) N/mm <sup>2</sup>	33,3 1,0	31,7 1,1	27,6 2,7	25,3 3,2	22,3 9,2
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	26,3	25,7	24,5	23,7	22,3
	diameter	mm	20,2	20,8	20,7	20,7	20,9
	massa	g	12,5	12,2	12,6	12,6	12,6
	bakkrimp	% (l/l)	7,0	7,5	6,9	5,6	6,9
	gloeiverlies	% (m/m)	11,0	12,5	9,7	10,4	9,0
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1385	1425	1535	1585	1655
	druksterkte	N/mm <sup>2</sup>	1,2	1,2	2,4	4,8	7,1

DROOGPERSONDERZOEK AAN KOLENASSEN  
 RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES

MT - TNO  
 Werkgroep Grofkeramiek  
 datum : 24 SEPT.1985  
 doss. : 12642  
 bijlage : 3 blad 5

KOLENAS NR. : II  
 TOESLAGSTOF : Waterglas

PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 5

BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	27,4	26,5	25,0	23,9	22,7
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	15,1	15,0	15,1	14,9	15,1
	watergehalte	%(m/m)	8,1	7,7	8,1	7,6	8,0
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1380	1420	1510	1565	1660
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	27,3	26,4	25,0	23,8	22,6
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	13,9	14,0	14,0	13,9	14,0
	droogkrimp	%(l/l)	0,1	0,4	0,3	0,4	0,8
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1275	1325	1400	1460	1550
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	26,6	25,7	24,2	23,2	21,8
	diameter	mm	21,7	22,9	22,0	21,9	22,0
	massa	g	12,6	12,6	12,7	12,7	12,7
	bakrimp	%(l/l)	2,9	2,6	2,7	2,8	2,9
	gloeiverlies	%(m/m)	10,0	9,8	9,0	8,8	8,6
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1270	1295	1385	1455	1535
	geluidsnelheid	m/s	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4
	wateropneming druksterkte	%(m/m) N/mm <sup>2</sup>	30,8 1,1	28,9 1,4	24,7 3,8	21,8 9,7	17,8 35,9
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	25,5	24,3	23,2	22,2	20,9
	diameter	mm	20,7	20,5	20,7	20,8	20,9
	massa	g	12,7	12,6	12,7	12,7	12,7
	bakrimp	%(l/l)	7,1	8,7	7,5	7,4	7,8
	gloeiverlies	%(m/m)	9,0	10,3	9,3	9,0	8,8
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1475	1575	1610	1695	1780
	druksterkte	N/mm <sup>2</sup>	2,4	2,5	6,1	16,7	58,4
	DROOPSONDERZOEK AAN KOLENASSEN RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES					MT - TNO	
Werkgroep Grofkeramiek							
datum : 24 SEPT.1985							
doss. : 12642							
					bijlage : 3 blad 6		

KOLENAS NR. : I  
 TOESLAGSTOF : Klei

PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 15

BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	25,2	24,5	23,7	22,9	22,2
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	14,9	15,0	14,9	14,9	14,9
	watergehalte	% (m/m)	8,4	8,2	8,3	8,4	8,2
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1485	1530	1580	1630	1690
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	25,2	24,5	23,6	22,9	22,1
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	13,8	13,9	13,8	13,8	13,8
	droogkrimp	% (l/l)	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1370	1420	1460	1510	1690
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	25,1	24,4	23,6	23,6	22,0
	diameter	mm	22,4	22,4	22,5	22,4	22,5
	massa	g	12,8	13,0	13,0	13,1	13,1
	bakkrimp	% (l/l)	0,1	0,4	0,1	0,5	0,5
	gloeiverlies	% (m/m)	6,8	5,8	5,5	5,2	5,4
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1285	1350	1395	1455	1500
	geluidsnelheid	m/s	1,03	1,1	1,2	1,2	1,2
	wateropneming druksterkte	% (m/m) N/mm <sup>2</sup>	30,2 1,0	27,0 1,0	24,6 1,0	23,3 1,0	21,4 1,0
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	25,2	24,5	23,6	22,9	21,9
	diameter	mm	22,3	22,2	22,3	22,3	22,3
	massa	g	13,0	13,1	12,8	13,0	13,1
	bakkrimp	% (l/l)	0,4	0,4	0,0	0,0	0,7
	gloeiverlies	% (m/m)	6,2	5,7	7,3	5,1	4,8
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1320	1375	1385	1460	1540
	druksterkte	N/mm <sup>2</sup>	1,5	2,1	2,1	2,1	15,1

DROOGPERSONDERZOEK AAN KOLENASSEN  
 RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES

MT - TNO  
 Werkgroep Grofkeramiek  
 datum : 24 SEPT.1985  
 doss. : 12642  
 bijlage : 3 blad 7

KOLENAS NR. : II  
 TOESLAGSTOF : Klei

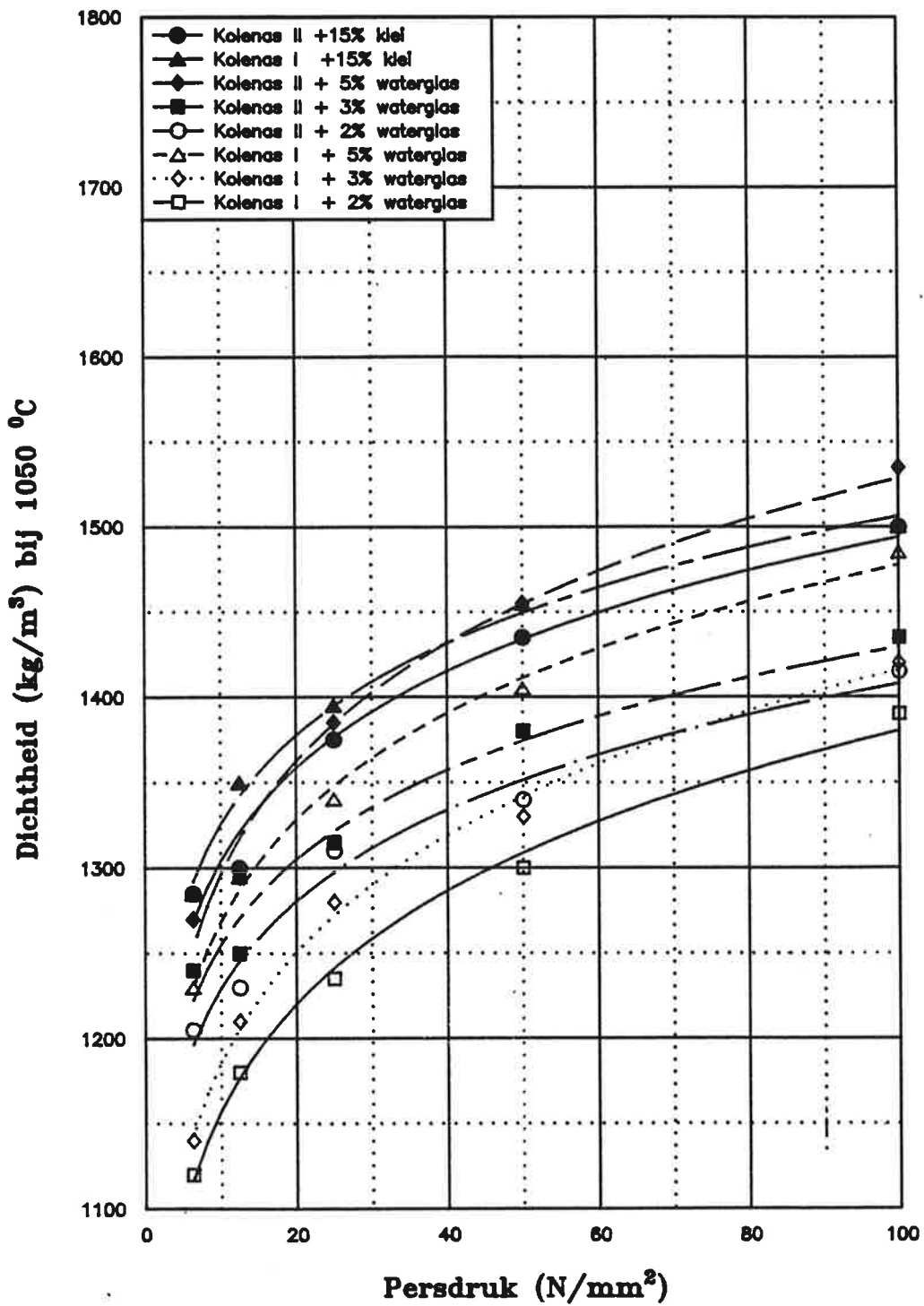
PERCENTAGE TOESLAGSTOF : 15

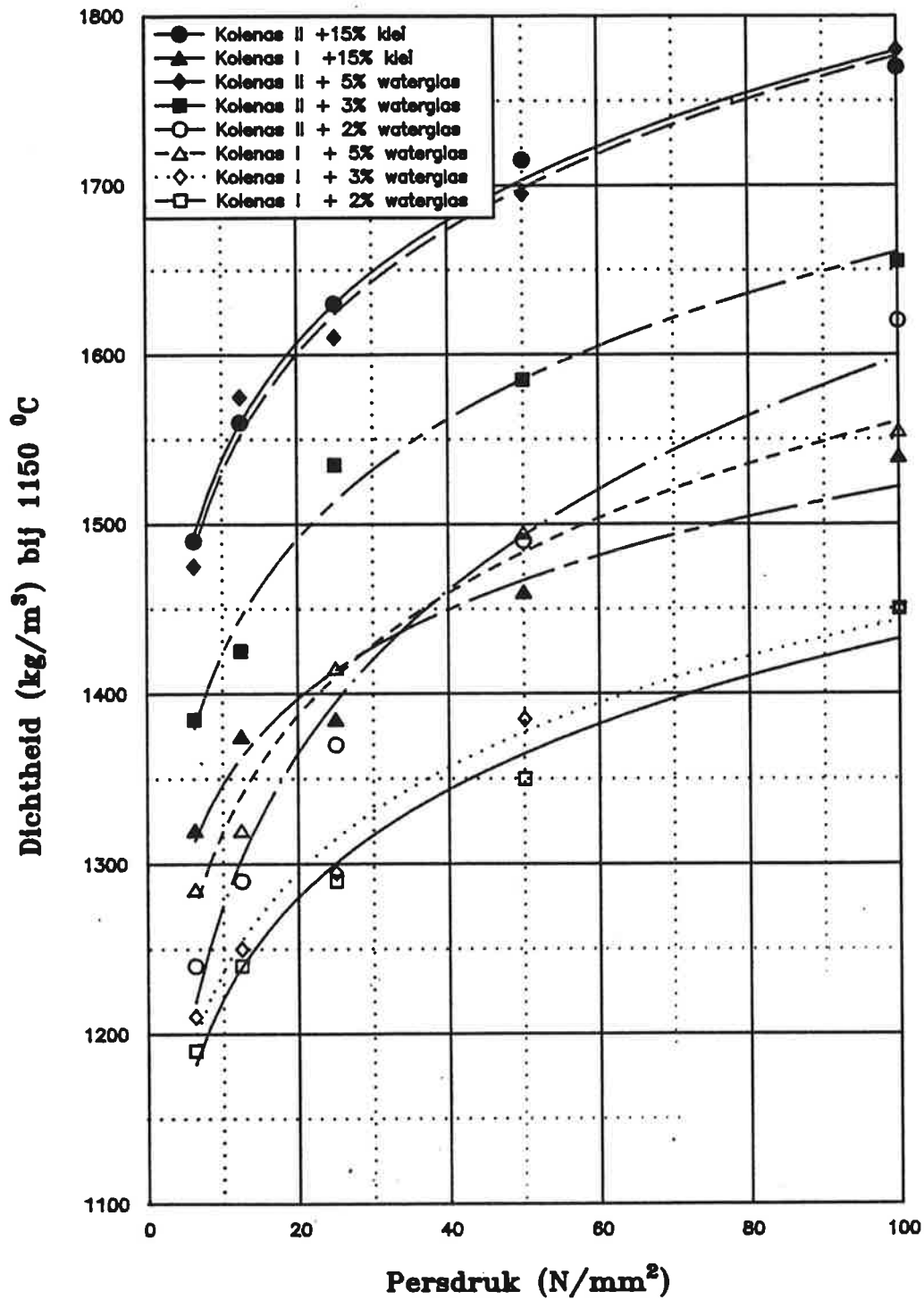
BEPALINGEN		eenheid	PERSDRUK (N/mm <sup>2</sup> )				
			6,3	12,5	25	50	100
proefblokje gevormd vers	lengte	mm	25,7	24,8	23,9	23,0	22,0
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	15,0	14,9	14,9	15,0	15,0
	watergehalte	% (m/m)	8,1	8,1	8,1	8,2	8,3
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1456	1505	1565	1630	1700
proefblokje gevormd droog	lengte	mm	25,8	24,8	23,9	23,0	22,0
	diameter	mm	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
	massa	g	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
	droogkrimp	% (l/l)	-0,3	-0,2	-0,1	0,1	0,2
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1345	1390	1450	1505	1570
proefblokje gevormd gebakken 1050 C	lengte	mm	25,2	24,6	23,7	22,8	21,6
	diameter	mm	22,2	22,3	22,3	22,2	22,2
	massa	g	12,5	12,5	12,6	12,6	12,5
	bakkrimp	% (l/l)	1,4	1,1	1,0	1,4	1,7
	gloeiverlies	% (m/m)	8,8	9,8	8,7	9,0	8,7
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1285	1300	1375	1435	1500
	geluidsnelheid	m/s	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
	wateropneming druksterkte	% (m/m) N/mm <sup>2</sup>	32,0 0,0	27,8 1,0	25,6 1,0	23,6 1,8	22,1 4,1
proefblokje gevormd gebakken 1150 C	lengte	mm	24,3	23,3	22,5	21,4	20,7
	diameter	mm	21,0	20,9	20,9	21,0	21,0
	massa	g	12,5	12,5	12,6	12,7	12,7
	bakkrimp	% (l/l)	6,7	6,5	6,1	7,6	7,2
	gloeiverlies	% (m/m)	10,8	10,4	8,7	9,0	8,7
	dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1490	1560	1630	1715	1770
	druksterkte	N/mm <sup>2</sup>	10,0	10,4	31,9	39,4	58,5

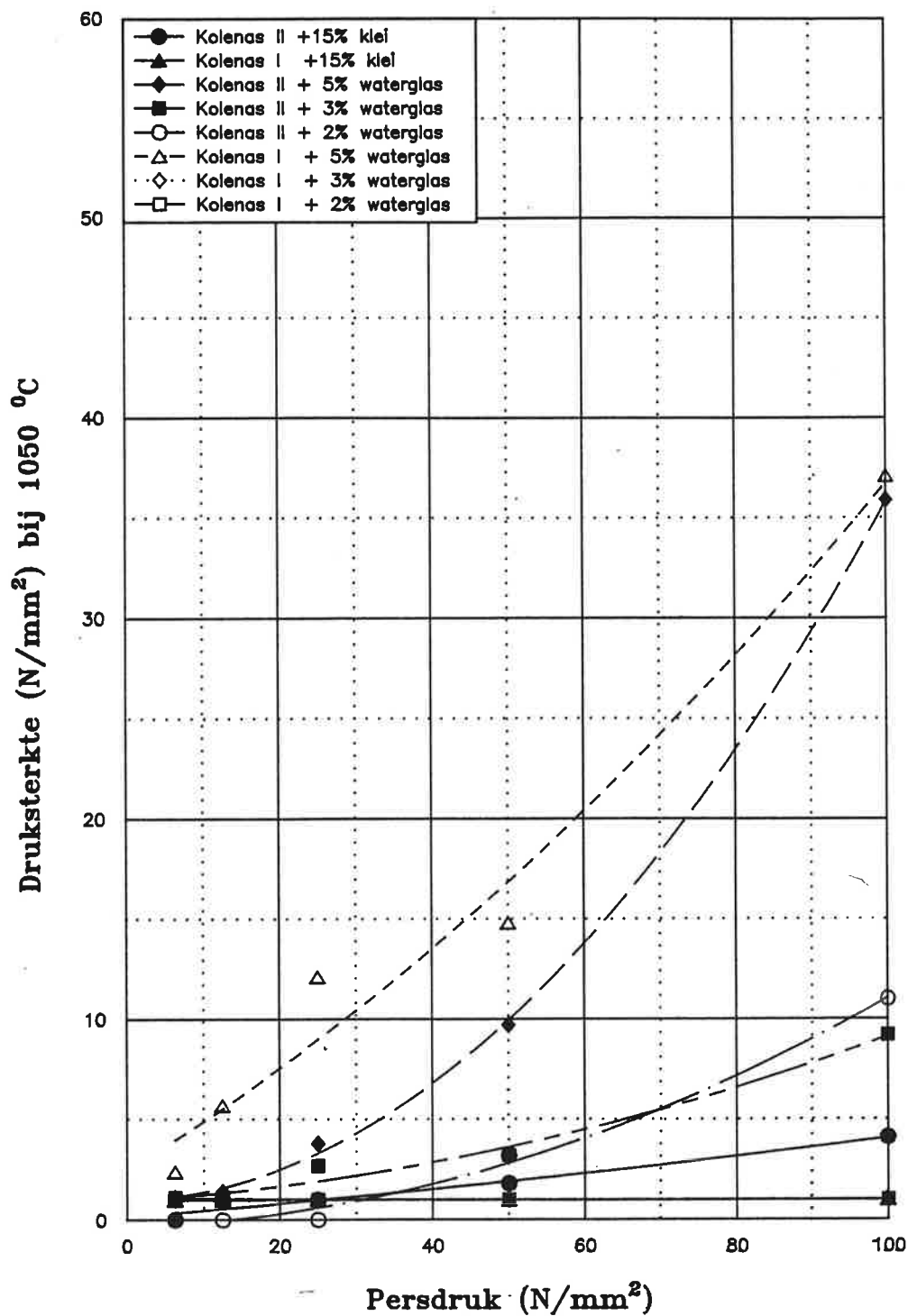
DROOGPERSONDERZOEK AAN KOLENASSEN  
 RESULTATEN BEPALINGEN AAN PROEFBLOKJES

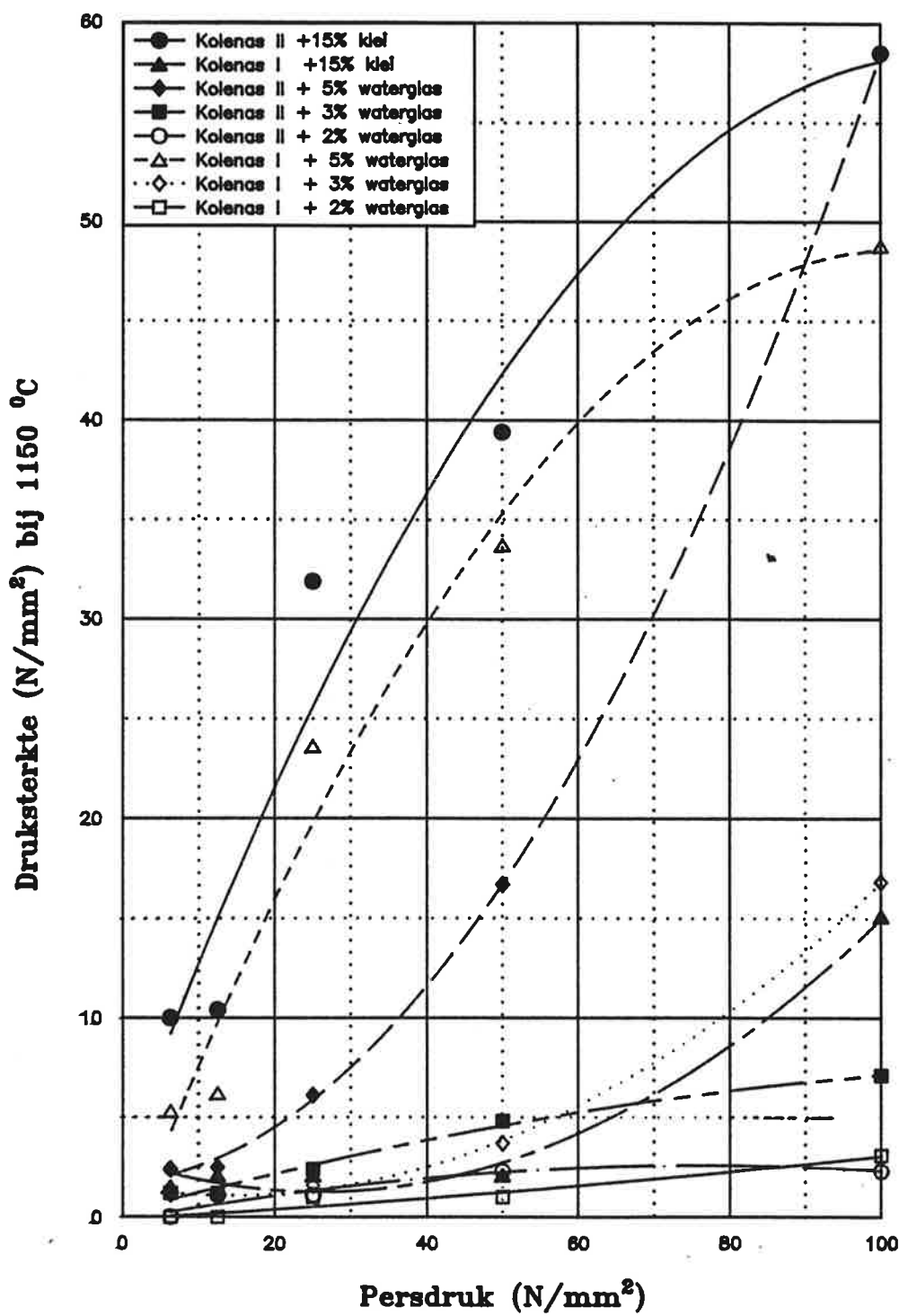
MT - TNO  
 Werkgroep Grofkeramiek  
 datum : 24 SEPT.1985  
 doss. : 12642  
 bijlage : 3 blad 8

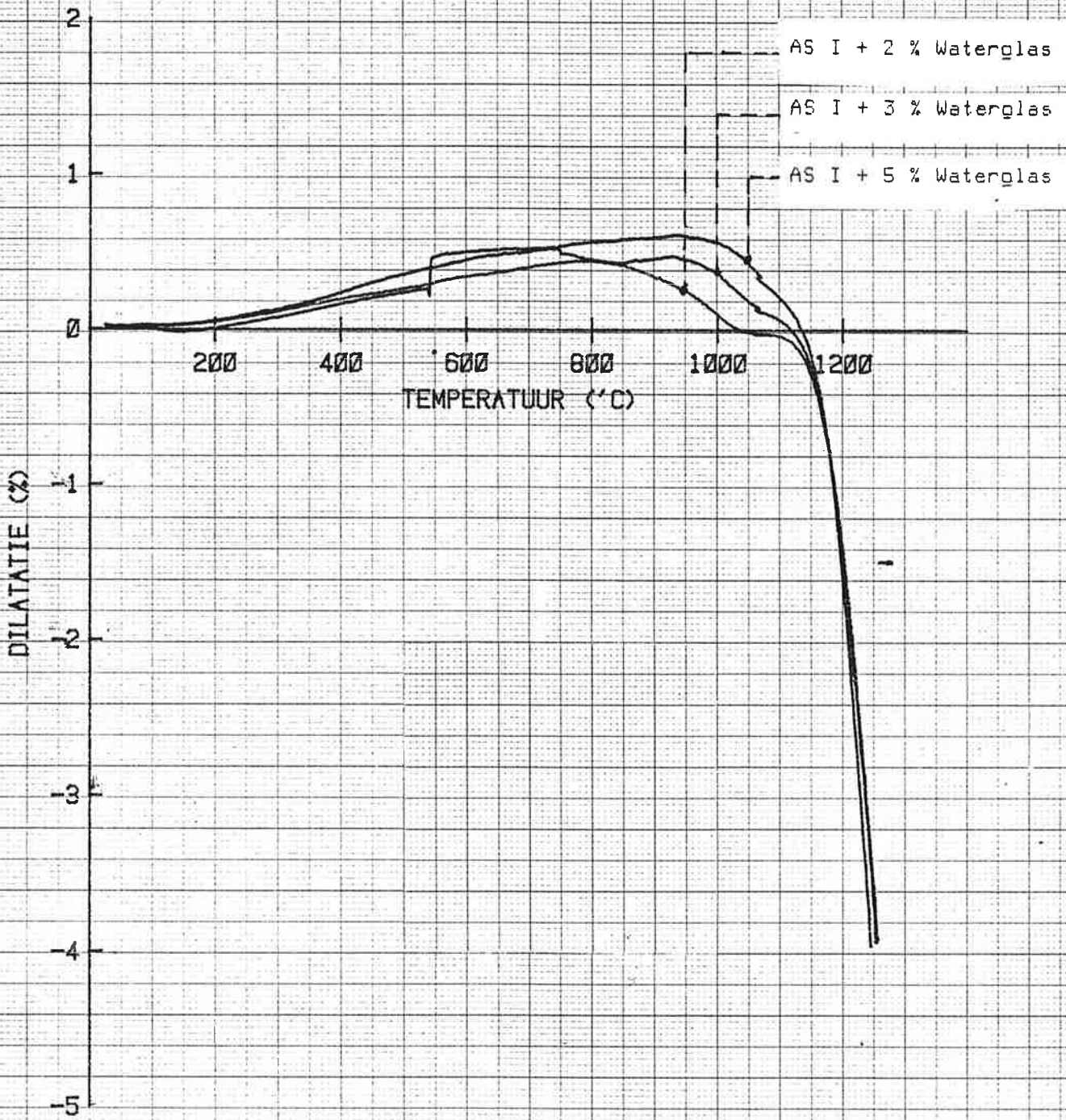












DILATOMETERCURVE

KERAMISCH LABORATORIUM MT-TNO

VOOR : KOLENREST

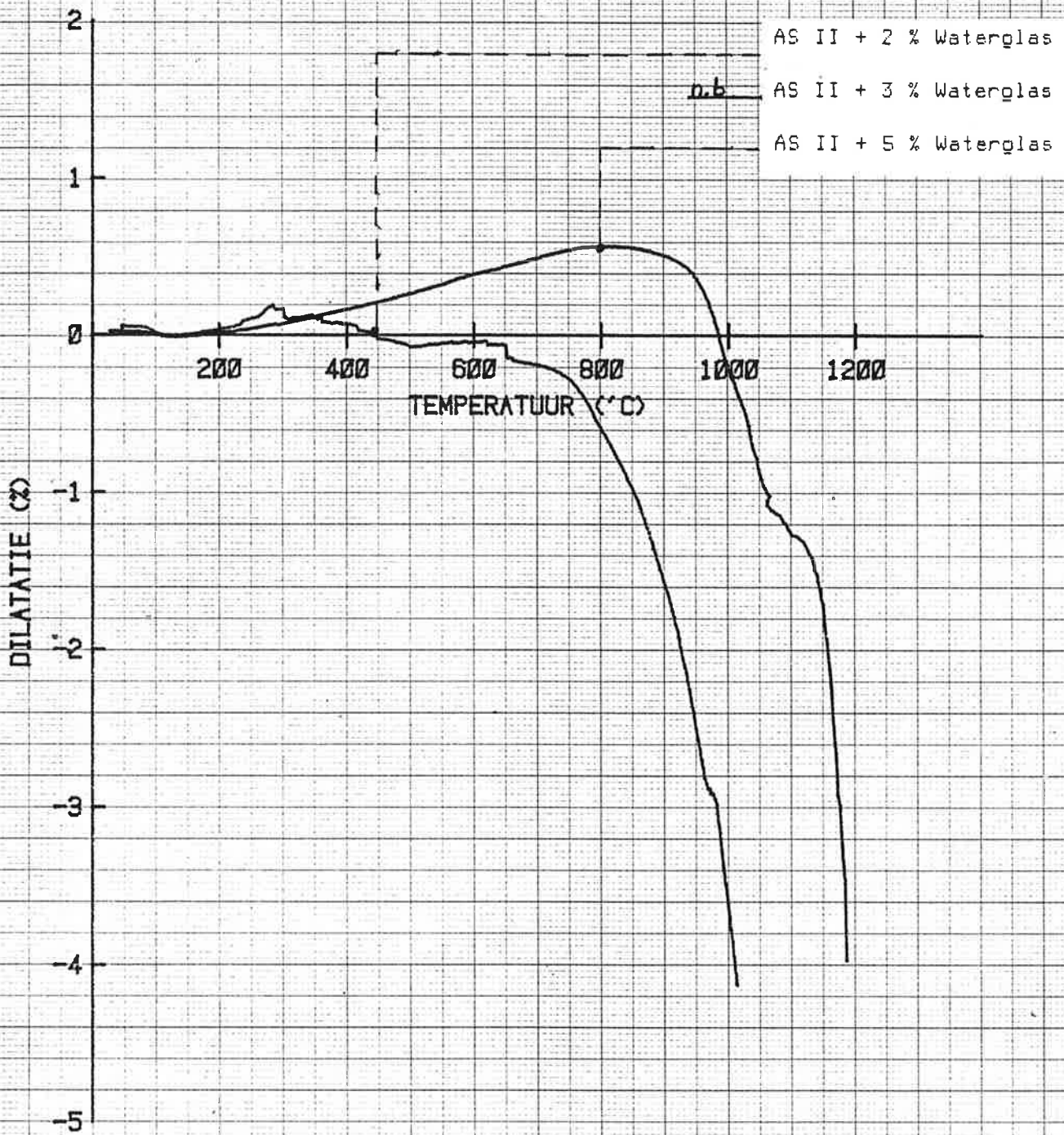
MONSTER: AS I + Waterglas

DATUM: 1 OKTOBER 1985

OPWARMSNELHEID (K/H): 30

DOSSIER-NR: 12642

CURVE-NR: BYL: 5 BLAD 1



DILATOMETERCURVE

KERAMISCH LABORATORIUM MT-TNO

VOOR : KOLENREST.

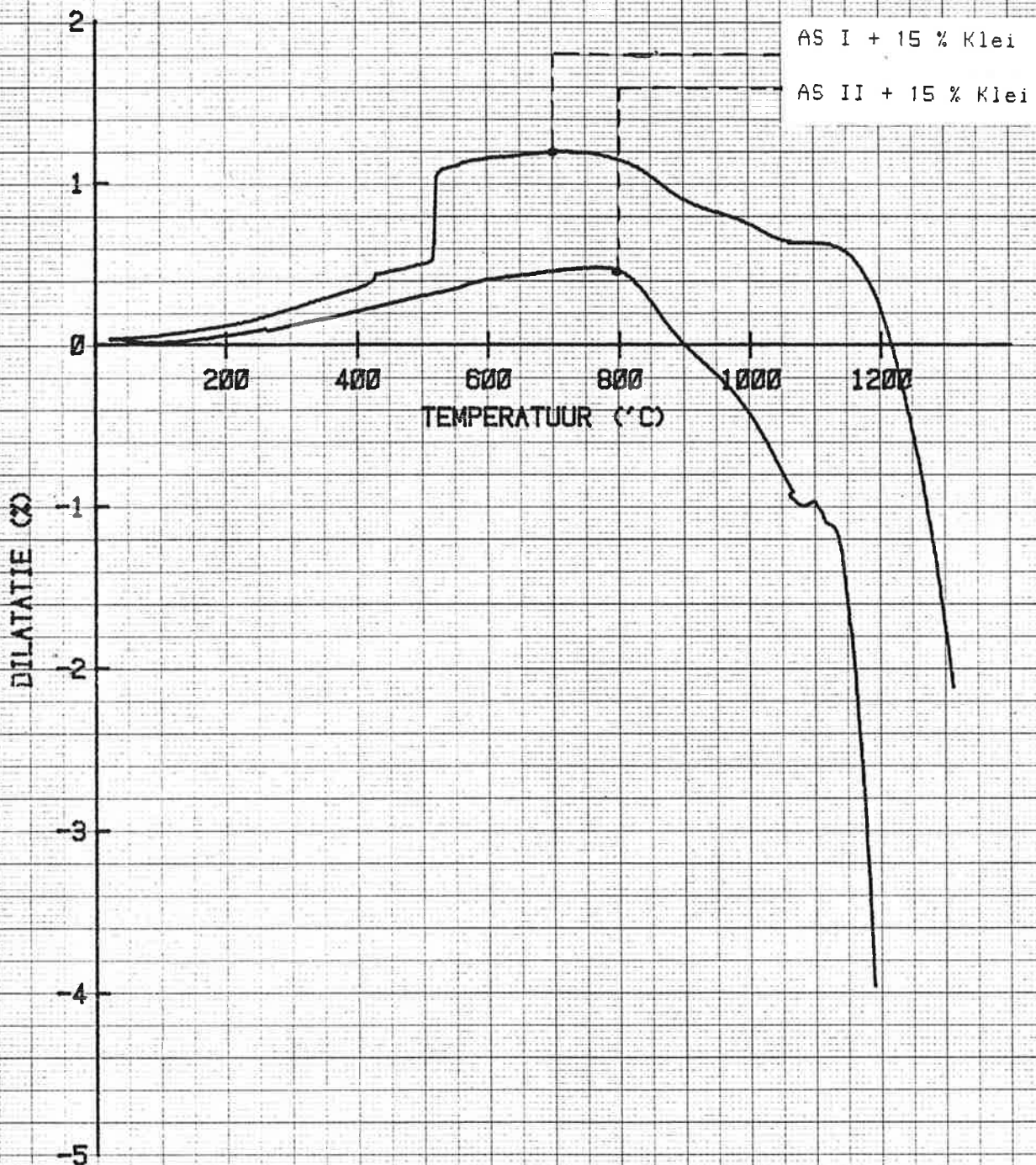
MONSTER: AS II + Waterglas

DATUM: 1 OKTOBER 1985

OPWARMSNELHEID (K/H): 30

DOSSIER-NR: 12642

CURVE-NR: BYL. 5 BLAD 2



DILATOMETERCURVE

KERAMISCH LABORATORIUM MT-TNO

VOOR : KOLENREST.

MONSTER: AS( II + I) + 15 % Klei

DATUM: 1 OKTOBER 1985

OPWARMSELHEID (K/H): 30

DOSSIER-NR: 12642

CURVE-NR: BYL. 5 BLAD 3