

GROFKERAMISCHE PRODUKTEN MET EEN
HOOG GEHALTE AAN KOLENAS
EINDRAPPORTAGE

door

A.H. de Vries (TPD-TNO-TH)
Ir. A. v.d. Wijdeveen (ITRON)



postbus 342
7300 AH apeldoorn

bezoekadres
laan van westenenk 501

telex 36395 tnoap
telefoon 055 - 77 33 44

Ref.nr. : 86-401
Dossiernr. : 8725-12642
Datum : september 1987

P

Trefwoorden:

Vliegas
Bodemas
Keramik
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.

©1987 TNO 's-Gravenhage

Ref. nr. Job.nr. 2.11.1

Stichting Projectbeheerbureau
Energieonderzoek
t.a.v. de heer J.M. Goumans
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT

INHOUDSOPGAVE	<u>PAGINA</u>
SAMENVATTING	2
1. INLEIDING	3
2. EVALUATIE VAN BESTAANDE KENNIS	4
3. KEUZE VAN DE DROOGPERSAPPARATUUR	5
4. LABORATORIUMONDERZOEK AAN GRONDSTOFMENGSELS	6
4.1 Uitgevoerd onderzoek	6
4.2 Onderzoekresultaten	9
5. PROEFFABRICAGE	11
5.1 Proefopzet	11
5.2 Massasamenstelling	11
5.3 Fabricagetechniek	12
5.4 Verslag van de persproeven	12
5.5 Karakterisering van de gebakken proefstenen	16
6. FINANCIËEL ECONOMISCHE- EN MARKTTECHNISCHE EVALUATIE	19
6.1 Algemeen	19
6.2 Marktevaluatie	19
6.3 Kostprijsevaluatie	23
7. CONCLUSIES	34
8. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK	35
9. LITERATUUR	36

SAMENVATTING

Het rapport beschrijft een onderzoek naar de mogelijkheden tot vervaardiging van grofkeramische bouwmaterialen uit een grondstof met een hoog percentage kolenas en een laag percentage klei of enig ander bindmiddel, onder gebruikmaking van de droogperstechniek.

Uit een marktevaluatie kon worden geconcludeerd dat er voor droogpersstenen van aanvaardbare kwaliteit een potentiële afzetmarkt aanwezig geacht mag worden.

De kostprijscalculaties geven aan dat de produktie van droogpersstenen gerealiseerd kan worden op een kostenniveau dat gelijk of lager is dan het kostenniveau van klassieke baksteen. Wel is hierbij van belang dat een voldoende groot produktievolume wordt gekozen bijvoorbeeld $50 \cdot 10^6$ of $100 \cdot 10^6$ droogpersstenen op basis van waalformaat.

Als meest geschikte produktiepers kwam de in de kalkzandsteenindustrie gebruikte pers naar voren.

Dit vooral omdat uit het onderzoek bleek dat één van de belangrijkste parameters voor het vervaardigen van een goed produkt de persdruk is. Het bleek dat bij een persdruk tussen de 15 - 20 N/mm² goede produkten zijn te vervaardigen. De meest geschikt bevonden massasamenstelling is een grondstofmengsel, bestaande uit 85% kolenas en 15% klei. De produkten zijn probleemloos te vormen en te drogen. De droogkrimp is hierbij zeer gering.

Voorgesteld wordt om een vervolgonderzoek in te stellen. In deze tweede fase van het onderzoek moet vooral aandacht besteed worden aan:

- de gebruikseigenschappen van het vervaardigd produkt,
- de produktiespecificaties,
- de mogelijke belasting van het milieu,
- de financiële-economische haalbaarheid van een op te starten produktie-eenheid.

Uit in het kader van onderhavig onderzoek uitgevoerde gesprekken met potentiële fabrikanten bleek grote belangstelling voor de ontwikkelde droogperssteen.

De uitvoering van het onderzoek gebeurde door de werkgroep grofkeramiek van MT-TNO te Apeldoorn (de werkgroep grofkeramiek is per 1-1-1987 bij de TPD-TNO-TH afdeling Keramiek in Eindhoven gevestigd) in samenwerking met Intron

b.v. te Maastricht.

Het project werd mogelijk gemaakt door bijdragen van de Stichting Project-beheerbureau Energie-onderzoek (PEO) te Utrecht en MT-TNO te Apeldoorn.

1. INLEIDING

In het kader van het NOK-onderzoekprogramma aan reststoffen uit kolenge-stookte centrales heeft het PEO aan MT-TNO, werkgroep grofkeramiek te Apeldoorn, opdracht verleend om samen met Intron b.v. te Maastricht, de haalbaarheid na te gaan van de vervaardiging van keramische bouwmaterialen uit een grondstof met een hoog percentage kolenas en een laag percentage klei of enig ander bindmiddel, onder gebruikmaking van de droogperstechniek.

Het project omvatte:

- evaluatie van bestaande kennis,
- keuze van de droogpersapparatuur,
- laboratoriumonderzoek aan grondstoffenmengsels,
- proefproductie op semi-technische schaal,
- een financieel-economische en markttechnische evaluatie van het project.

De aan dit onderzoek verbonden kosten werden gedragen door:

- Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek (PEO) te Utrecht,
- MT-TNO te Apeldoorn.

2. EVALUATIE VAN BESTAANDE KENNIS

Rapport MT-TNO nr. 84-013909 geeft een overzicht van bekende literatuur over produktiemogelijkheden 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 aan vliegas. Als vormgevingsmethode wordt in het algemeen de droogpersmethode gekozen. Toepassing op industriële schaal is mogelijk gebleken. Het procédé dat door Anderson in Engeland ontwikkeld is lijkt voor Nederland minder interessant op grond van het gebruik van vliegassen met een zeer hoog koolstofgehalte (> 10%). Bovendien 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 niet aantrekkelijk voor de Nederlandse markt. Het door Slonaker in opdracht van het Amerikaanse "Coal Research Bureau" ontwikkelde proces lijkt voor Nederland wel aantrekkelijk, zij het, dat het proces aan de Nederlandse omstandigheden moet worden aangepast. De in dit proces ontwikkelde baksteen bestaat uit 83% vliegas en 17% bodemslag (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/mm²). Zowel het drogen als het bakken levert een energiebesparing op. Probleem bij de toepassing op industriële schaal blijkt vooral de grote slijtage van produktiemachines te zijn. Wat betreft de afzet van de produkten op de markt, blijkt het uiterlijk niet altijd acceptabel te zijn. Beide facetten zullen daarom in het Nederlandse onderzoek extra aandacht moeten krijgen.

3. KEUZE VAN DE DROOGPERSAPPARATUUR

Met name in de fijnkeramische-, de elektrokeramische- en de vuurvastindustrie neemt de droogperstechniek een ruime plaats in. Drooggeperste producten zijn meestal van goede kwaliteit en vanwege de geringe droogkrimp van het halffabrikaat ook bijzonder maastvast. In de voorgaande genoemde industrieën wordt meestal met een vochtgehalte tussen de 0 en 7% m/m gewerkt. De gebruikte persdrukken variëren van 20 tot 100 MPa. 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.

4. LABORATORIUMONDERZOEK AAN GRONDSTOFMENGSELS

4.1 Uitgevoerd onderzoek

De voor gebruik in aanmerking komende assen en bindmiddelen werden gekarakteriseerd. Tabel 1 geeft de bij het onderzoek betrokken stoffen aan. De tabellen 2 t/m 6 geven de analyseresultaten weer van de bij het onderzoek betrokken vliegassen en bodemassen.

Tabel 1

Assen, geleverd door de KEMA

	nummer	soort	geleverd op
Vliegas I	A 884100806 S81 AAAO	I Amer 8 PNEM	25-1-1985
Vliegas II	A 48412004541 AAA PM	II Amer 8 PNEM	25-1-1985
Vliegas I	A 884102906 G81 USX	Amer 8 PNEM	25-1-1985
Bodemass II	H 84121008 G41 PM	Amer 4 PNEM	25-1-1985

Door TNO zijn de volgende toeslagstoffen voor het onderzoek gekozen:

* KLEI BRM : vette Brunssummer klei, luchtdroog
 gemalen in hamermolen over 2 mm zeef
 samenstelling: gehalte < 10 μm : 78% m/ind. Spec. opp.vl.:
 28 m²/g, SiO₂: 67%, Fe₂O₃: 2,0%, CaO: 0,57%
 De klei werd verkregen via de Werkgroep Fijnkeramiek van de
 TPD-TNO.

* WATERGLAS : type Sol 38-40° BE°
 dichtheid: 1370 g/liter
 Na₂O: 8,5%; SiO₂ : 27,8%; Na₂Si₃ : 36,3%
 Fabrikant: Akzo Chemie, Amersfoort
 Leverancier: Visser B.V., Enschede
 prijs f 0,60 per liter
 geleverd op: 20 februari 1985.

Tabel 2

Resultaten van analyses aan vliegassen en bodemassen

Watergehalte bij ontvangst					
	Een- heid	Bodemassen		Vliegassen	
		I	II	I	II
Watergehalte in % van de droge massa	% (m/m)	0,35	0,18	0,14	0,07

Tabel 3

Bepaling van de volumieke massa

	Een- heid	Bodemassen		Vliegassen	
		I	II	I	II
Volumieke massa, los gestort (volgens BS 812)	kg/m ³	800	800	784	888
Volumieke massa, verdicht (volgens BS 812)	kg/m ³	910	923	890	940
Korrel dichtheid (volgens BS 812)	kg/m ³	2061	2082	2366	2361

Tabel 4

Korrelverdeling

	Een- heid	Bodemassen		Vliegassen		
		I	II	I	II	
	8 mm	% m/m	5,7	7,6	0	0
4 -	8 mm	% m/m	22,0	26,5	0	0
2 -	4 mm	% m/m	25,2	24,5	0	0
1 -	2 mm	% m/m	23,2	21,3	0	0
0,5 -	1 mm	% m/m	13,5	10,6	0	0
0,25 -	0,5 mm	% m/m	6,1	4,7	0,63	1,0
125 -	250 μ m	% m/m	2,7	2,6	4,1	3,4
	< 125 μ m	% m/m	1,5	2,2	95,3	95,6
64 -	125 μ m	% m/m	-	-	11,7	8,3
32 -	64 μ m	% m/m	-	-	20,5	18,4
16 -	32 μ m	% m/m	-	-	22,3	18,8
8 -	16 μ m	% m/m	-	-	18,8	16,5
4 -	8 μ m	% m/m	-	-	12,2	14,1
2 -	4 μ m	% m/m	-	-	3,7	9,0
0 -	2 μ m	% m/m	-	-	5,5	9,8

Tabel 5

Chemische analyse, totaalanalyse

Korrelverdeling					
	Een- heid	Bodemassen		Vliegassen	
		I	II	I	II
gloeiverlies	% m/m	9,66	8,17	3,72	7,49
SiO ₂	% m/m	50,85	52,70	49,18	49,30
Na ₂ O	% m/m	0,30	0,22	0,18	1,94
K ₂ O	% m/m	1,17	0,83	0,47	1,44
Al ₂ O ₃	% m/m	20,94	24,92	37,20	24,93
Fe ₂ O ₃	% 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 ₂	% m/m	1,99	2,35	3,91	2,84
Totaal	% m/m	99,43	98,98	100,21	98,92

Tabel 6

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 ₄ -wateroplosbaar (als SO ₃)	% m/m	0,13	0,06	0,22	0,24
Koolstof	% m/m	7,86	5,46	3,49	7,20
CO ₂ 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

Hierna werd op laboratoriumschaal een groot aantal onderling verschillende mengsels van kolenassen en klei, respectievelijk waterglas, samengesteld. Uit de voorstudie (hoofdstuk 3) bleek, dat het werken met een vormgevings-techniek, zoals in de kalkzandsteenindustrie, in economisch opzicht het meest aantrekkelijk zou zijn. Gezien de lage persdruk, die voor de kalkzandsteenfabricage wordt toegepast, heeft het laboratoriumonderzoek zich geconcentreerd op het vervaardigen van kwalitatief aanvaardbare gebakken proefblokjes, die bij een zo laag mogelijke druk waren geperst. Van de te beproeven mengsels werden daarom bij vijf verschillende persdrukken, variërend tussen 6,3 N/mm² en 100 N/mm², proefblokjes vervaardigd. Van deze proefblokjes werd in de verse, de gedroogde en de gebakken toestand een aantal relevante eigenschappen vastgesteld.

4.2 Onderzoeksresultaten

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 N/mm² 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 N/mm². In het algemeen gaven de gedroogde blokjes uit as I + waterglas 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 bakkrimp-

niveau 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. De kleur van alle proefblokjes was geel tot bruin. Het oppervlak van de gebakken blokjes was glad. Uit het onderzoek bleek dat het mogelijk is produkten te vervaardigen met een hoog percentage vliegias en een bindmiddel bij een persdruk lager dan 20 N/mm². Op grond van deze resultaten van het laboratoriumonderzoek werd besloten tot een proeffabricage van drooggeperste bakstenen op semi-technische schaal met twee zorgvuldig geselecteerde grondstofmengsels (fig. 1).

5. PROEFFABRICAGE

5.1 Proefopzet

Op grond van de resultaten van de literatuurstudie, de geschiktheidsbeoordeling van persen voor het droogpersen van bakstenen en het laboratoriumonderzoek aan mengsels van kolenassen en bindmiddelen, werd besloten tot een proeffabricage van bakstenen op semi-technische schaal met twee zorgvuldig geselecteerde grondstofmengsels.

Gekozen werd voor een massabereiding met apparatuur van MT-TNO te Apeldoorn, een vormgeving op een pers van een kalkzandsteenfabriek en een droog- en bakproces in een droger en een oven van een baksteenfabriek.

De kalkzandsteenfabriek "De Hazelaar" te Koningsbosch stelde haar persen voor het vormen van de stenen ter beschikking, terwijl een baksteenfabriek te Wessem bereid bleek het halffabrikaat te drogen en in één van haar periodieke ovens te bakken.

Een deel van het gevormde halffabrikaat werd gereserveerd voor bakproeven in de laboratoriumoven van de Werkgroep Grofkeramiek van MT-TNO te Apeldoorn.

5.2 Massasamenstelling

De proeven op semi-technische schaal werden uitgevoerd met de navolgende meest in aanmerking komende grondstofmengsels.

<u>Mengsel A</u>	<u>Mengsel B</u>
<ul style="list-style-type: none"> - kolenas : 95% (m/m_d) - waterglas : 5% (m/m_d) - aanmaakwater : 9% (m/m_d) - gewenste persdruk: 15 N/mm² 	<ul style="list-style-type: none"> - kolenas : 85% (m/m_d) - Brunsummer klei : 15% (m/m_d) - aanmaakwater : 9% (m/m_d) - gewenste persdruk: 20 N/mm²
de kolenas is samengesteld uit 75% vliegas 1 + 25% bodemas 1.	de kolenas is samengesteld uit 75% vliegas 2 + 25% bodemas 2.

5.3 Fabricagetechniek

Achtereenvolgens vonden onderstaande bewerkingen plaats:

5.3.1 Massabereiding

Menging van de componenten door TNO in een planeetmenger, fabriek Eirich. Van beide mengsels werden massa's van 400 kg bereid, die in plastic zakken met elk 25 kg inhoud naar de perslokatie werden vervoerd.

5.3.2 Vormgeving

Vormgeving op een kalkzandsteenpers, fabriek Dorstener, geïnstalleerd bij kalkzandsteenfabriek de Hazelaar te Koningsbosch.

Afmetingen van de te persen stenen, circa 215 x 100 x 55 mm (L x B x H).

Na de vormgeving werden de stenen op houten laadborden geplaatst voor het transport naar de elkder gesitueerde droger.

5.3.3 Drogen en bakken

Het drogen en bakken van de geperste produkten gebeurde bij een steenfabriek te Wessem.

De stenen werden op stalen platen in twee etmalen in een kamerdrooginrichting gedroogd en daarna in een periodieke met aardgasgestookte wagenoven, fabriek Limagas, boven op een normale ovenlading roodbakkende bakstenen, gebakken.

5.4 Verslag van de persproeven

Lokatie van de proef:

Kalkzandsteenfabriek "De Hazelaar" te Koningsbosch.

Aanwezig bij de proef:

- de heer Röken, firma Dorstener,
- de heer Van de Wijdeven, Intron - Maastricht,
- de heer De Vries, MT-TNO, Werkgroep Grofkeramiek, Apeldoorn,
- diverse medewerkers van de kalkzandsteenfabriek.

Datum van de proef

22 november 1985 van 10.00 tot 15.00 uur.

Persproeven:

Begonnen werd met mengsel A (95% kolenas + 5% waterglas).

De pers werd van te voren schoon gedraaid.

De eerste indruk van het bedieningspersoneel van de pers was, dat de toe bereide masse aan de natte kant was (het vochtgehalte bedroeg 9%).

Bij de kalkzandsteenfabricage wordt gewerkt met een vochtgehalte van 4 à 5%.

De proeven werden uitgevoerd op een oud type draaitafelpers. De persdruk was niet vooraf instelbaar. De fabriek beschikte weliswaar over moderne persen met instelbare persdruk, doch deze waren voor de produktie van kalkzandstenen in gebruik en konden niet voor de proeven ter beschikking worden gesteld.

In de draaitafel van de persen bevonden zich vier vormen. Elke vorm maakt per persing 8 waalformaat stenen van 214 x 100,5 x 53 mm. Het produktietempo bedroeg 4700 stenen per uur. De eerste geproduceerde stenen bleken erg slecht te zijn; ze vielen bij aanraking uit elkaar. Naarmate er meer stenen geperst werden, werd de kwaliteit beter. De massa van de eerste stenen was 1421 gram. Met het oogmerk de steenkwaliteit te verbeteren werd een vulplaat van 5 mm dik in de vormen gelegd. Bij de daaropvolgende proefpersingen ontstonden maanvormige scheuren in de stenen. Kennelijk kreeg het bovendeeel vazn de stenen tijdens het persen geen kans voldoende te ontluchten, waardoor de korrelhechting plaatselijk gebrekkig bleef en een gelaagde steenstructuur ontstond.

Besloten werd de opvulplaten er weer uit te halen, en de bij de twee voorgaande proeven verwerkte massa opnieuw te gebruiken.

Als gevolg van het inmiddels gedaalde watergehalte van de massa bleken de gevormde stenen er nu beter uit te zien. Slechts in lichte mate bezaten ze nog een gelaagde structuur. De massa van de stenen was 1540 gram.

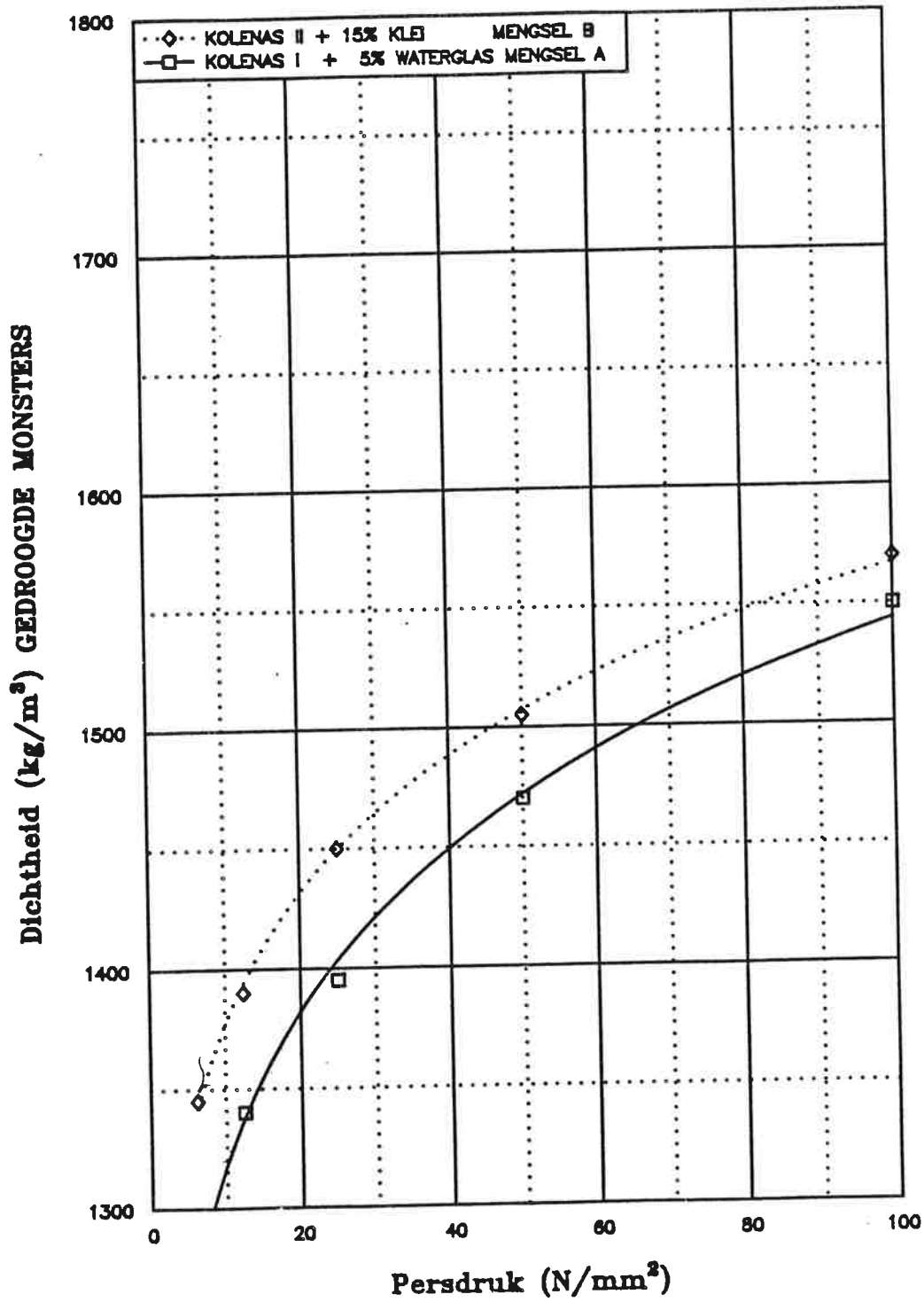
Na het schoondraaien van de machine werd gestart met mengsel B (85% kolenas + 15% Brunsummer klei). De geperste stenen zagen er goed uit; er was weinig uitval. De massa van de stenen was 1635 gram.

De druk waarmee de stenen waren geperst kon achteraf worden bepaald aan de hand van de resultaten van het laboratoriumonderzoek aan de betreffende mengsels, waarbij de relatie tussen persdruk en volumieke massa van de formelingen werden vastgesteld.

In figuur 1 zijn deze relaties voor de mengsels A en B weergegeven.

De formelingen uit massa A hadden een volumieke massa van 1330 kg/m^3 , overeenkomende met een persdruk van circa 15 N/mm^2 .

Het gebruik van massa B leverde een volumieke massa op van 1420 kg/m^3 , overeenkomende met een persdruk van circa 18 N/mm^2 .



Figuur 2: Relatie tussen de Persdruk en de dichtheid van de mengsels A en B

5.5 Karakterisering van de gebakken proefstenen

5.5.1 Baktemperatuurniveaus

Na een schadevrije droging werden de beide groepen proefstenen, zoals vermeld in 5.3, in een gasgestookte bedrijfsoven en ten dele ook in een eveneens gasgestookte laboratoriumoven gebakken.

In de laboratoriumoven van de Werkgroep Grofkeramiek van MT-TNO te Apeldoorn werd een deel van de proefstenen bij 1080 °C en een deel bij 1040 °C gebakken.

De baktemperatuur in de bedrijfsoven lag volgens fabrieksopgave op 1100 °C. In de praktijk bleek deze echter 1160 °C te zijn, hetgeen belangrijk hoger was dan aanvankelijk werd verondersteld. Dit niveau is te hoog voor de onderhavige massa's. De bakresultaten van het bakproces in de bedrijfsoven zijn hierdoor negatief beïnvloed.

Tevens bleek dat de aanwezigheid van grofkorrelige bodemas in de mengsels bij het bakproces problemen veroorzaakt en bakstenen van onaanvaarbare kwaliteit oplevert. Een correctie bij de massasamenstelling, waarbij de bodemas eerst verkleind wordt tot minimaal < 4 mm, is noodzakelijk.

De tot nu toe vervaardigde producten voldoen niet altijd aan de in Nederland gestelde esthetische normen voor gevelbakstenen. Dit is echter aan te passen door toevoeging van kleurende stoffen aan de grondstofmengsels.

Oriënterende proeven naar de druksterkte van de in het laboratorium vervaardigde monsters leerden dat deze > 10 N/mm² bedroeg.

Een bepaling van het gehalte aan SO₄⁻² in water oplosbaar leerde dat dit voor het A-mengsel op 0,024% m/m_d ligt en voor mengsel B op 0,059% m/m_d.

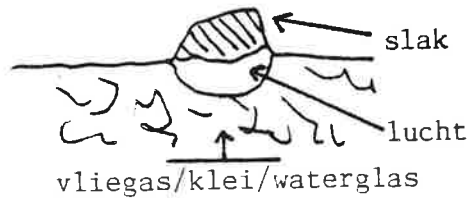
5.5.2 Analyse van de bakresultaten met mengsel B (85% kolenas + 15%

Brunsummer klei)

a) Steen uit TNO-bakproces bij 1080 °C:

Grove poriën gevuld met volumineus witte poederige korrel; zeer snel verpoederd tot fijn stof/as; lijkt op overblijfsel van koolstofkorrels (meerdere mm's in diameter).

- Slak bult; ontstaan door onderhuidse gasontwikkeling.



- Veel "pop-outs" bij plaatsen waar slakkorrels juist onder het oppervlak liggen.
- Slakkorrels vaak bruine tint; oxidatie!
- Sterke kleurverschillen bult, geel tot caramelbruin.

b) Steen uit TNO-bakproces bij 1040 °C

Idem als onder a) maar in veel sterkere mate "pop-outs".

c) Steen uit bedrijfsbakproces bij 1160 °C

Veel grove scheuren, zowel in lengte- als in dwarsrichting, ten gevolge van een te hoge baktemperatuur; relatief veel holten met wit tot geelbruine "korrel" erin: is waarschijnlijk overblijfsel van koolstofkorrel (zie boven); door hogere temperatuur is asrest gaan sinteren; niet zo gemakkelijk te verpulveren als bij de in het voorafgaande beschreven viertal stenen; ook enkele pop-outs bij slakdeeltjes nabij oppervlak.

5.5.3 Analyse van de bakresultaten met mengsel A

(95% kolenas + 5% waterglas)

a) Steen uit TNO-bakproces bij 1080 °C

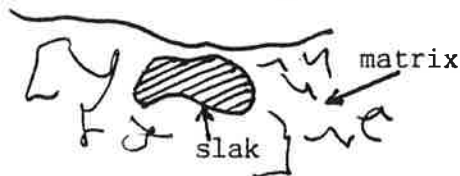
Veel minder "pop-outs" dan in bij 1080 °C gebakken steen van mengsel B. Nogal veel holten met witte asresten. Redelijk homogeen van kleur!

b) Steen uit TNO-bakproces bij 1040 °C

Nog minder pop-outs dan steen onder a). Nogal veel holten met witte asresten. Redelijk homogeen van kleur in doorsnede.

c) Steen uit bedrijfsbakproces bij 1160 °C

Veel grove scheuren, zowel in lengte- als dwarsrichting, ten gevolge van een te hoge baktemperatuur; ziet er "beter" uit dan de bij 1160 °C gebakken steen uit mengsel B (5.5.2 onder c), maar vertoont dezelfde verschijnselen (in mindere mate).

5.5.4 Mogelijke verklaring pop-outs

Bij afkoelen krimpt de matrix boven slakkorrel meer (door verschil in uitzettingscoëfficiënt en/of afkoelsnelheid) dan de slakkorrel → trekspanning → afspringen; ook mogelijk is dat door oxidatie (bij baktemperatuur) de slakkorrels expanderen, zodat pop-outs (slakkorrels vertonen een kleur als die van een walshuid op staal) ontstaan.

6. FINANCIËEL ECONOMISCHE- EN MARKTTECHNISCHE EVALUATIE

6.1 Algemeen

Aan de hand van de produkteigenschappen en produktiekenmerken kan worden bepaald wat de potentiële omvang is van de markt voor grofkeramische producten met een hoog gehalte aan kolenas.

Op basis van inzicht in de kostprijs van dergelijke producten kan verder worden bepaald de financieel, economische aantrekkelijkheid van de in het onderhavige project vervaardigd baksteensoorten voor potentiële afnemers. In dit verband zijn geëvalueerd:

- de markt;
- de kostprijs.

Daarbij zijn de volgende twee droogperssteensoorten beschouwd:

- de droogperssteen met waterglas bestaande uit 71,25% m/m poederkool-
vliegas
23,75% m/m bodemas
5,0% m/m waterglas
(droge stof)
- de droogperssteen met klei bestaande uit 63,75% m/m poederkool-
vliegas
21,25% m/m bodemas
15,0 % m/m klei

Bij de evaluatie van de kostprijs is een vergelijking gemaakt met de kostprijs van "gewone" (klei)bakstenen.

6.2 Marktevaluatie

Volgens de produktiestatistieken van het CBS (zie literatuur 3) werden in 1983 de volgende hoeveelheden baksteen geproduceerd:

- baksteen voor bestratingen	80 mln stuks	
waarvan waalformaat	24 mln stuks	
dikformaat	38 mln stuks	
keiformaat	18 mln stuks	
- metselbaksteen	1620 mln stuks	
waarvan poreuze en verglaasde steen	79 mln stuks	
gewone stenen gevormd via vormbakpersen	804 mln stuks, waarvan waalformaat	743 mln stuks
		andere formaten
		61 mln stuks
gewone stenen gevormd op andere machinale wijze	255 mln stuks, waarvan waalformaat	251 mln stuks
		andere formaten
		4 mln stuks
gewone stenen handvorm	480 mln stuks, waarvan waalformaat	397 mln stuks
		andere formaten
		83 mln stuks

De meest geproduceerde metselbaksteen, 1391 mln stuks, is dus van het type waalformaat en wordt hoofdzakelijk toegepast in buitenmuren.

De norm NEN 2489 voor metselbakstenen omvat kwaliteitseisen die afgestemd zijn op het toepassingsgebied. In tabel 7 zijn deze toepassingsgebieden vermeld alsmede de daarbij behorende belangrijkste kwaliteitseisen druksterkte en sufaatgehalte. Daarbij is ondermeer onderscheid gemaakt in meerdere buitenmuurtoepassingen. De hiervoor genoemde baksteen van het type waalformaat wordt in hoofdzaak in buitenmuren - zonder speciale eisen - en in binnenmuren - voldoende aan verhoogde eisen onder normale condities - toegepast.

Tabel

7

Kwaliteitseisen te stellen aan metselbaksteen volgens NEN 2489

Toepassingsgebied metselbaksteen	druksterkte in N/mm ² ondergrens	sulfaatgehalte in % m/m bovengrens
gepleisterde binnenmuren	5 - 10	1,50
binnenmuren van "schoon" metselwerk	7,5	0,12
buitenmuren, zonder speciale eisen	7,5	0,24
buitenmuren, voldoende aan verhoogde eisen onder normale condities	10	0,18
buitenmuren, voldoende aan verhoogde eisen onder verzwaarde condities	15	0,12
trasramen en kelders	20 - 30	0,12
zwaar belaste binnen- en buitenmuren	20 - 40	0,12

Gelet het sulfaatgehalte in en de druksterkte van de in dit onderzoek ontwikkelde droogpersstenen (bakstenen met hoofdzakelijk vliegas/bodemas) komen deze voor toepassing in aanmerking in de volgende categorieën:

categorie	nadere omschrijving
metselbakstenen	- gepleisterde binnenmuren - buitenmuren, zonder speciale eisen - buitenmuren, voldoende aan verhoogde eisen onder normale condities
baksteen voor bestratingen	- bestratingen

Baksteen voor bestratingen

Voor de vervaardiging van metselbakstenen voor gepleisterde binnenmuren en andere muren waaraan geen specifieke eisen worden gesteld, wordt voor een belangrijk deel reeds een vlieghoudende metselbaksteen ingezet; namelijk de porrisosteel waarin 20% m/m vlieggas wordt toegepast.

De markt van gepleisterde binnenmuren is voor metselbaksteen echter een markt van een relatief beperkte omvang. Gezien ook de positie die de Poriso metselbaksteen inneemt, lijkt deze markt voor de nu ontwikkelde droogpersstenen niet voldoende afzetmogelijkheden te bieden.

De toepassingen - buitenmuren, zonder speciale eisen en buitenmuren, welke voldoen aan verhoogde eisen onder normale condities - vormen qua af te zetten hoeveelheden een interessante markt voor de droogpersstenen. De in deze markt belangrijk geachte esthetische eigenschappen kunnen wellicht de toepassingskansen belemmeren van droogpersstenen, omdat de veel gewenste rood- of bruingetinte kleuren niet overeenkomen met de geelgetinte kleuren van de ontwikkelde droogpersstenen.

Volgens het Coal Research Bureau van West Virginia University (J.F.Slonaker e.a.) kan de kleur van de stenen relatief gemakkelijk worden aangepast door middel van kleurstoffen.

Er kan dan ook geconcludeerd worden dat de genoemde twee buitenmuurtoepassingen qua marktomvang voor de droogpersstenen een interessante optie vormen.

De ontwikkelde droogpersstenen kunnen verder worden toegepast als baksteen voor bestratingen. De eisen die dienaangaande worden gesteld worden omschreven in: "De eisen voor bouwstoffen in de wegebouw". De eisen in materiaalkundige zin leggen in het algemeen geen beperkingen op aan het gebruik van kolenas als grondstofcomponent voor gebakken straatstenen. De markt voor bakstenen voor bestratingen is echter van een relatief beperkte omvang.

Samenvattend kan worden gesteld dat er een potentiële afzetmarkt is voor de ontwikkelde stenen, die voldoende groot van omvang is om de produktie te kunnen absorberen van een fabriek die per jaar vervaardigd:

- 50 mln stuks of
- 100 mln stuks.

Een baksteenfabriek met dergelijke produktiecapaciteiten worden tegenwoordig noodzakelijk geacht om op financieel-economische aanvaardbare wijze te kunnen blijven produceren.

Het is om deze redenen dat in de volgende paragraaf - kostenprijsvaluatie - is uitgegaan van een droogpersstenenfabriek die 50 mln stuks of 100 mln stuks per jaar kan produceren.

6.3 Kostenprijsvaluatie

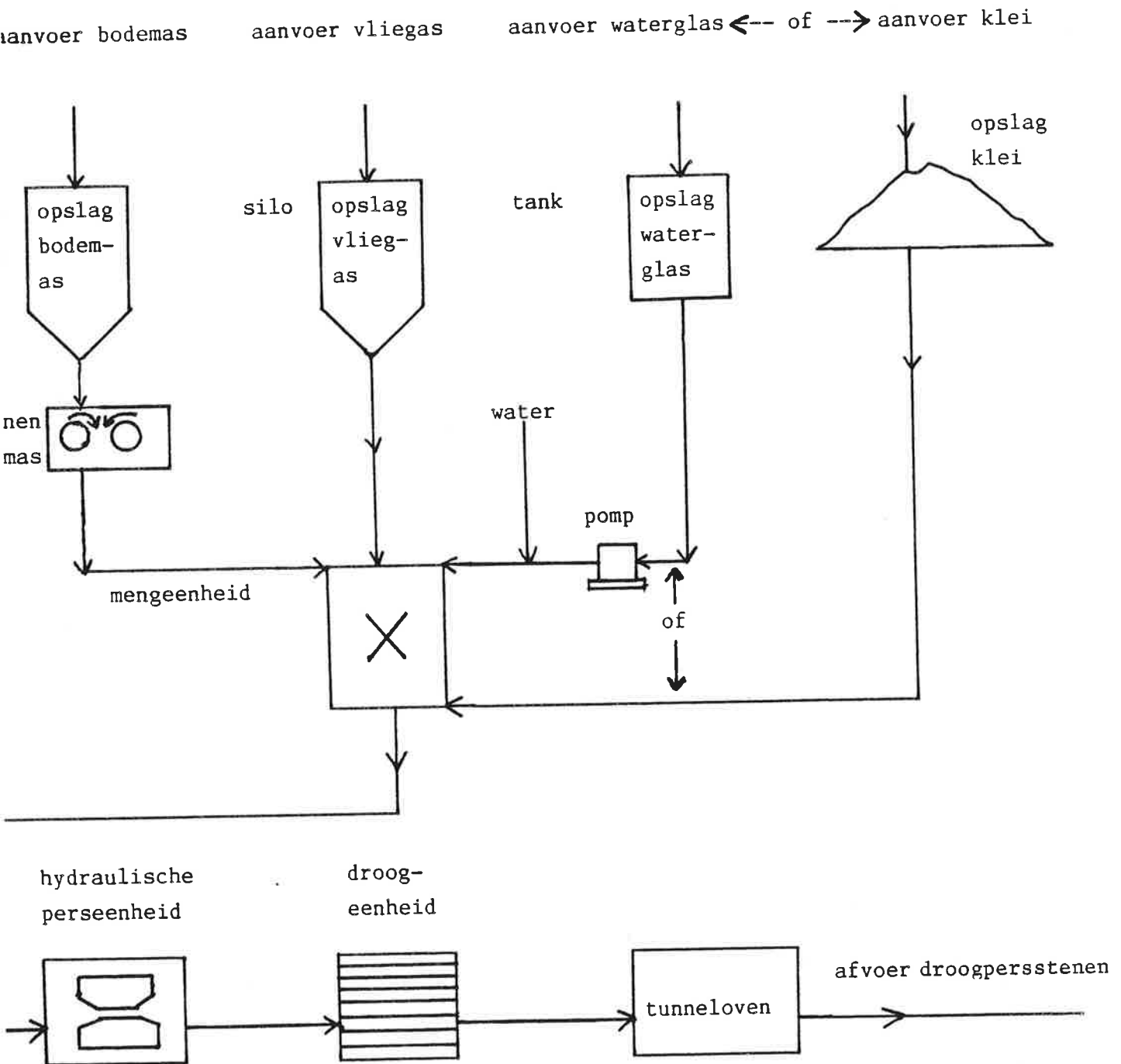
6.3.1 Uitgangspunten en opbouw kostprijsraming

In figuur 3 is op schematische wijze de lay-out van een droogpersstenenfabriek weergegeven. De vestigingslokatie van een dergelijke fabriek, waarvoor vliegas en bodemas qua tonnage de belangrijkste grondstoffen zullen zijn, kan wellicht direct naast een elektriciteitscentrale gelegen zijn. Kosten van aanvoer van de assen kunnen daarmee op een laag niveau blijven en de capaciteit van de benodigde opslagsilo's in de droogpersstenenfabriek behoeft daarmee niet al te groot te zijn.

Afhankelijk van het gegeven dat waterglas of klei als bindmiddel wordt gebruikt, dient een van beide als grondstof te worden aangevoerd. Na verkleinen van de bodemas (tot bijvoorbeeld een maximale korrel van enkele mm) kan deze met de vliegas, water, waterglas of klei worden gemengd tot een te verpersen mengsel. Dit mengsel wordt afhankelijk van de capaciteit van de fabriek droog geperst tot bakstenen in een of meerdere droogpersen. Wanneer de droogpersstenen zijn geperst, worden deze in een droogeenheid gedroogd en vervolgens gebakken in een tunneloven.

De gebakken droogpersstenen kunnen tenslotte per vrachtauto worden afgevoerd, eventueel via een tussenopslag, naar de afnemers.

In tabel 8 zijn de hoeveelheden vliegas, bodemas, waterglas of klei en geproduceerde droogpersstenen aangegeven voor de twee te onderscheiden produktiecapaciteiten. Daarbij is uitgegaan van het gegeven dat de te produceren droogpersstenen van het type waalformaat is en een dichtheid heeft van 1300 kg/m³. Een ton droogpersstenenproduktie komt derhalve overeen met ongeveer 730 stenen.



Figuur 3 Schematische weergave lay-out van droogpersstenenfabriek

Tabel 8

Hoeveelheden grondstoffen en droogperssteen

	fabriek van 50 mln stenen/j		fabriek van 100 mln stenen/j	
	waterglas	klei	waterglas	klei
produktie in ton/jaar	70.000	70.000	140.000	140.000
verbruik vliegglas in ton/jaar	50.000	44.600	100.000	89.200
verbruik bodemas in ton/jaar	16.500	14.900	33.000	29.800
verbruik waterglas in ton/jaar	3.500	---*)	7.000	---*)
(droog)				
verbruik klei in ton/jaar	---*)	10.500	---*)	21.000

*)--- = niet van toepassing

De gegevens in tabel 8 laten zien dat de fabriek die per jaar 100.000 droogpersstenen produceert een hoeveelheid as verwerkt die in de buurt ligt van de asproduktie van een poederkoolstokende elektriciteitscentrale van 500 MWe. Bij het opstellen van de kostprijsramingen is enerzijds gebruik gemaakt van gegevens van Humphreys (literatuur 4) en van gegevens afkomstig van een fabrikant van hydraulisch persen en anderzijds gegevens zoals aanwezig bij TNO (werkgroep Grofkeramiek) en Intron.

De kostprijsraming van droogperssteen is opgebouwd uit de volgende kosten soorten:

a. Kapitaalslasten

Hieronder vallen afschrijvingen, rente en verzekering met betrekking tot het geïnvesteerde kapitaal en rente met betrekking tot voorfinanciering van debiteuren en voorraden.

b. Grondstoffen

Hieronder vallen de kosten voor de grondstoffen waterglas of klei;

vliegass en bodemas.

Verder worden tot deze kostensoort gerekend de te maken kosten voor het verkleinen van de benodigde bodemas.

c. Energie

Binnen de kostensoort Energie is onderscheid gemaakt tussen thermische energie - nodig voor het drogen van de geperste stenen en het vervolgens bakken van de stenen - en elektrische energie nodig voor het persen van de stenen en het aandrijven van ondermeer transportbanden.

d. Lonen

In deze kostensoort zijn begrepen de loonkosten van de personen werkende in ploegen dienst alsmede van het management.

e. Onderhoud

Binnen deze kostensoort zijn begrepen de materiaalkosten en kosten door derden berekend inzake onderhoudswerkzaamheden.

f. Afleverings- en verkoopkosten

Inbegrepen zijn de kosten voor het afleveren van de stenen aan de cliënten en de kosten die verbonden zijn aan het verkopen.

Voor de droogperssteen is een bedrag toegevoegd voor de naar verwachting extra te verrichten verkoopinspanningen.

g. Diversen/onvoorzien

Gelet op het gegeven dat de onderhavige kostenramingen specifiek betrekking hebben op een nog niet in Nederland gerealiseerde fabriek is in de kostenramingen uitgegaan van een kostensoort diversen/onvoorzien.

De in de volgende paragraaf gegeven bedragen zijn alle afgerond op een veelvoud van f 0,50. Alle bedragen worden uitgedrukt in guldens per duizend stenen en zijn uiteraard exclusief BTW.

6.3.2 Kostenprijsraminga. Kapitaalslasten

De investeringen voor een droogpersstenenfabriek kunnen worden geraamd op:

bij een capaciteit van 50 mln stenen/j		bij een capaciteit van 100 mln stenen/j	
2 hydraulische persen	f 4,0.10 ⁶ ,--	4 hydraulische persen	f 7,5.10 ⁶ ,--
tunneloven	f 11,0.10 ⁶ ,--	tunneloven	f 1,9.10 ⁶ ,--
gebouwen	f 2,0.10 ⁶ ,--	gebouwen	f 3,5.10 ⁶ ,--
opslag- en transport- inrichtingen	f 2,0.10 ⁶ ,--	opslag- en transport- inrichtingen	f 3,5.10 ⁶ ,--
totaal	f 19,0.10⁶,--	totaal	f 33,5.10⁶,--
investering per 1.000 stenen	f 380,--	investering per 1.000 stenen	f 335,--

Met een gemiddelde (over alle investeringen) afschrijvingstermijn van 12,5 jaar, een rente van 8% over het gemiddeld geïnvesteerd kapitaal en een verzekeringspremie ter grootte van 0,5% van de investering per 1.000 stenen, wordt de kostensoort kapitaalslasten op basis van verrichte investeringen.

	bij een capaciteit van 50 mln stenen/j	bij een capaciteit van 100 mln stenen/j
afschrijving	f 30,40	f 26,80
rente	f 16,42	f 14,47
verzekering	f 1,90	f 1,68
kapitaalslasten/ 1.000 stenen	f 48,50	f 43,--

Naast de kapitaalslasten die ontstaan uit investeringen zijn er ook financiële lasten die voortvloeien uit:

- voorfinanciering debiteuren;
- financiering voorraden.

Er zal altijd een deel van de geproduceerde en geleverde droogpersstenen zijn die nog niet door de afnemers betaald is. Aangenomen is dat hiermee een bedrag gelijk aan 25% van de kostprijs per 1.000 stenen gemoeid is.

Door fluctuaties in de afname van bakstenen zal een bakstenenfabriek moeten beschikken over een basisvoorraad die voorgefinancierd zal moeten worden. Hierbij zou men tevens kunnen denken aan seizoenseffecten ('s winters zal in het algemeen de afname lager zijn), alhoewel altijd de mogelijkheid aanwezig is voor de bakstenenfabriek de produktie in de winter voor een korte periode te staken.

Bij de droogpersstenenfabriek zal een winterstop wat moeilijker gerealiseerd kunnen worden. Immers de vliegaskproduktie is 's winters maximaal en juist dan zou de vliegaskafname door een droogperssteenfabriek zoveel mogelijk moeten worden gewaarborgd. Dat zou kunnen betekenen dat de voorraden bij een droogpersstenenfabriek gemiddeld groter zullen zijn dan bij een "klassieke" bakstenenfabriek. Daarbij kan nog worden opgemerkt dat de opslag van vliegask in de vorm van droogpersstenen in milieuhygiënische zin eenvoudiger is dan opslag van vliegask (en ook bodemas) als zodanig.

In de kostprijsberekening is aangenomen dat een bedrag gelijk aan 25% van de kostprijs per 1.000 stenen, nodig is voor de vorming van voorraden.

Met een rente van 8% wordt de kostensoort kapitaalslasten:

- $(f 48,50 + 0,04 \cdot \text{kostprijs}) / 1.000$ stenen bij 50 mln stenen/j en
- $(f 43,-- + 0,04 \cdot \text{kostprijs}) / 1.000$ stenen bij 100 mln stenen/j.

b. Grondstoffen

1.000 droogpersstenen bestaan uit:

0,068 ton waterglas (droog)	of 0,205 ton klei
0,973 ton vliegas	0,870 ton vliegas
0,324 ton bodemas	0,290 ton bodemas

Voor vliegas en bodemas wordt aangenomen dat de kostprijs f 0,--/ton grondstof bedraagt. Voor het verkleinen van de bodemas tot een acceptabele korrelgradering wordt f 10,--/ton bodemas in rekening gebracht. Waterglas van een kwaliteit zoals gebruikt in het onderhavige onderzoek (dichtheid 1,37 kg/l, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 36,3 \text{ m/m}$) kost f 690,--/ton/droog). De kosten voor een ton klei bedragen, inclusief de kosten voor transport f 25,--/ton.

De kostensoort grondstoffen is dus:

- droogperssteen met waterglas f 50,--
- droogperssteen met klei f 8,--.

c. Energie

Volgens Humphreys (literatuur 1.2) zal het elektriciteitsverbruik ca. 35 kWh/1.000 stenen zijn. Bij een kWh-kostprijs van f 0,16/kWh bedragen de kosten voor elektriciteit f 5,60/1.000 stenen.

Het verbruik van aardgas bedraagt (eveneens volgens Humphreys) voor elke 1.000 geproduceerde stenen ca. 120 m³.

Uitgaande van de grootverbruikerstarieven van aardgas per 1 juli 1986 zijn de kosten van "thermische" energie:

	bij een capaciteit van 50 mln stenen/j	bij een capaciteit van 100 mln stenen/j
aantal m ³ aardgas	6 mln	12 mln
kostprijs 1 m ³ aardgas	f 0,3296	f 0,3223
kostprijs per 1.000 stenen	f 39,55	f 38,68

De kostensoort energie is derhalve:

- f 45,--/1.000 stenen bij een produktie van 50 mln stenen/j
- f 44,50/1.000 stenen bij een produktie van 100 mln stenen/j.

d. Lonen

Er wordt vanuit gegaan dat een fabriek met een produktie van 50 mln stenen/j een volcontinu dienst draait op basis van een 4-ploegensysteem met 8 personen per ploeg. Een fabriek met een produktie van 100 mln stenen/j zal naar schatting draaien met 12 personen per ploeg.

Uitgaande van de kosten van 1 mensjaar van f 75.000,-- zal de kostensoort "lonen" zijn:

	bij een capaciteit van 50 mln stenen/j	bij een capaciteit van 100 mln stenen/j
lonen per 1.000 stenen	f 48,--	f 36,--

e. Onderhoud

De kosten voor onderhoud (materialen en kosten voor derden) worden geraamd op 4% van de investering per 1.000 stenen voor elk produktiejaar.

De kostensoort "onderhoud" is derhalve:

	bij een capaciteit van 50 mln stenen/j	bij een capaciteit van 100 mln stenen/j
onderhoud per 1.000 stenen	f 15,--	f 13,50

f. Afleverings- en verkoopkosten

De afleveringskosten voor de droogpersstenen worden geraamd op f 7,-- per 1.000 stenen.

Omdat verwacht mag worden dat voor het verkopen van as bevattende bakstenen een extra verkoopinspanning moet worden gepleegd, wordt hiervoor in rekening gebracht f 5,--/1.000 stenen in het geval van 50 mln stenen/j respectievelijk f 3,--/1.000 stenen in het geval van 100 mln stenen/j.

De kostensoort "Afleverings- en verkoopkosten" is dus:

	bij een capaciteit van 50 mln stenen/j	bij een capaciteit van 100 mln stenen/j
afleverings- en verkoop- kosten/1.000 stenen	f 12,--	f 10,--

g. Diversen/onvoorzien

In de kostenraming is tenslotte rekening gehouden met de kostensoort "Diversen/onvoorzien" ten grootte van 10% van de totale kostprijs.

Na sommatie van de behandelde kostensoorten worden de in tabel 1.3 vermelde kostprijzen verkregen voor droogpersstenen met waterglas respectievelijk met klei als bindmiddel.

Tabel 9

Kostprijstramingen van droogperssteen bestaande uit kolenas en waterglas of uit kolenas en klei (bedragen in guldens/1.000 stenen)

	bij een capaciteit van 50 mln stenen/j		bij een capaciteit van 100 mln stenen/j	
	met waterglas	met klei	met waterglas	met klei
kapitaalslasten	58,50	56,50	52,--	50,--
grondstoffen	50,--	8,--	50,--	8,--
energie	45,--	45,--	44,50	44,50
lonen	48,--	48,--	36,--	36,--
onderhoud	15,--	15,--	13,50	13,50
aflevering en verkoop	12,--	12,--	10,--	10,--
diversen/ onvoorzien	25,50	20,50	23,--	18,--
totaal	254,--	205,--	229,--	180,--

De hoogste kostprijs wordt dus gevonden in de situatie van een fabriek die per jaar 50 miljoen droogpersstenen produceert waarin als bindmiddel het relatief dure waterglas wordt gebruikt. De laagste kostprijs ontstaat in de situatie waarin als bindmiddel klei wordt toegepast en sprake is van een produktie van 100 miljoen droogpersstenen per jaar.

Volgens het C.B.S. (literatuur 3, produktiestatistiek) kostte de machinale produktie van 1.000 stenen waalformaat in 1983 f 237,--.

Vastgesteld kan dus worden dat de produktie van droogpersstenen gerealiseerd kan worden op een kostenniveau dat gelijk of lager is dan het kosten-niveau van de "klassieke baksteen".

Het kostenverschil in het voordeel van de droogperssteen (met klei) kan vooral worden toegeschreven aan een verschil in energie. Zo is bekend dat de klassieke baksteen ca. f 75,--/1.000 stenen aan energie vergt, wat zo'n

f 30,--/1.000 stenen hoger is dan het energieverbruik van de droogpersstenen. Verder zullen de kosten van arbeid in het produktieproces van de nu ontwikkelde droogpersstenen lager kunnen zijn dan bij klassieke baksteen, omdat het produktieproces zich sterk leent voor een hoge graad van automatisering. Hierbij moet worden gedacht aan een verschil van ca. f 20,--/1.000 stenen (bij een produktiecapaciteit van 100 mln stenen/j) in het voordeel van de nu ontwikkelde droogperssteen.

De in tabel 9 vermelde kostprijzen zijn gebaseerd op het gegeven dat zowel vliegias als bodemas voor f 0,-- per ton worden geleverd bij de droogpersstenenfabriek. Een negatieve prijs voor bijvoorbeeld vliegias, zal een direct kostprijs verlagend effect hebben.

De kostprijs (in guldens per 1.000 stenen) heeft de volgende relatie met de inzetprijs van vliegias en bodemas:

soort droogperssteen	produktiecapaciteit in mln stenen/j	kostprijs in guldens per 1.000 stenen
met waterglas	50	254,-- + 1,13.v* + 0,377.b**
	100	229,-- + 1,13.v* + 0,377.b
met klei	50	205,-- + 1,01.v + 0,337.b
	100	180,-- + 1,01.v + 0,337.b

*v = prijs geleverde vliegias in guldens per ton

**b = prijs geleverde bodemas in guldens per ton

Wanneer zowel vliegias als bodemas voor -/ f 10,-- per ton zouden worden ingezet, zal de kostprijs van droogpersstenen dalen met:

+ f 15,-- in het geval van droogpersstenen met waterglas

+ f 13,50 in het geval van droogpersstenen met klei.

7. CONCLUSIES

- Uit de marktevaluatie kan worden geconcludeerd dat er voor droogpersstenen van aanvaardbare kwaliteit een potentiële afzetmarkt aanwezig geacht mag worden.
- Uit de kostprijscalculatie blijkt dat de produktie van droogpersstenen gerealiseerd kan worden op een kostenniveau dat gelijk of lager is dan het kostenniveau van klassieke baksteen.
- Uit het onderzoek bleek dat een van de belangrijkste parameters voor het vervaardigen van een goed produkt de persdruk is. Het bleek dat bij een persdruk tussen de 15-20 N/mm² goede produkten zijn te vervaardigen. Geschikt bevonden massasamenstellingen waren een grondstofmengsel bestaande uit 95% kolenas en 5% waterglas alsmede een grondstofmengsel opgebouwd uit 85% kolenas en 15% klei. De geperste produkten zijn probleemloos te drogen. De droogkrimp is zeer gering.
- Uit het onderzoek naar de voor een produktie op industriële schaal meest geëigende droogpersen kwam naar voren dat de in de kalkzandsteenindustrie gebruikte persen de voorkeur genieten.

8. AANBEVELING

In het kader van onderhavige studie zijn gesprekken gevoerd met een potentiële fabrikant van droogpersstenen. Hieruit is een interesse gebleken voor de produktie van droogpersstenen zoals onderzocht zijn.

Het verdient daarom aanbeveling om in samenwerking met een potentiële Nederlandse fabrikant van droogpersstenen een technische en financieel-economische haalbaarheidsstudie uit te voeren, waarin aan de hand van enkele proefprodukties de volgende aspecten kunnen worden beoordeeld:

- gebruikseigenschappen zoals druksterkte, vorstbestandheid, uitslaggevoeligheid, bestandheid tegen verwerking, mortelhechting,
- gedrag van proefconstructies onder praktijkomstandigheden,
- belasting van het milieu; bij binnentoepassing dient vooral aandacht gegeven te worden aan radio-activiteit, terwijl bij buitentoepassing vooral aandacht gewenst is voor het uitlooggedrag,
- de financieel-economische haalbaarheid van een fabriek die bakstenen produceert op basis van een relatief hoog gehalte aan vliegas.

9. LITERATUUR

- [1] ir. J.I. Walpot
Grofkeramische produkten met een hoog gehalte (> 70%)
aan kolenas (literatuuronderzoek)

- [2] A.H. de Vries
Grofkeramische produkten met een hoog gehalte aan kolenas
(laboratoriumonderzoek)
MT-TNO nr. 85-015933

- [3] Produktiestatistiek aardewerk-, baksteen- en dakpannen-
industrie 1983
(CBS) Staatsuitgeverij, 1985

- [4] K.K. Humphreys
"Operating and Capital costs of producing fired structural
products form waste coal ash", coal research bureau
West Virginia University, 1974