

adres Stieltjesweg 1
2628 CK Delft
postadres Postbus 155
2600 AD Delft
telefoon (015) 78 80 20
telex 38091 tpd dt nl

No.: 953.206-b
Keramik
Afd.:
Behandeld: ing. J. van der Zwan
A.H. de Vries
Datum: 21 augustus 1989

RAPPORT

GRONDSTOFFENONDERZOEK VOOR DE
GROFKERAMISCHE INDUSTRIE
deel 1 Literatuuronderzoek
EVALUATIE KLEIEN EN TOESLAGSTOFFEN
SAMENVATTING

AAN

• Leden van KNB en NeDaCo
Programma Commissie Bouwkeramik

INHOUDSOPGAVE

1.	Samenvatting	2
2.	Inleiding	3
3.	Samenvatting van het uitgebreide literatuuroverzicht	8
4.	Toeslagstoffen en additieven	13
5.	Discussie en conclusies	15

1. Samenvatting

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de huidige stand van kennis op het gebied van evaluatie van keramische grondstoffen de beïnvloeding van de massa-, verwerkings- en produkteigenschappen door het innemen van kleine hoeveelheden additieven (zouten, vervloeiers en plasticizers) en toeslagstoffen (kleiverwante materialen en reststoffen). Dit overzicht is gebaseerd op twee overzichtsartikelen van Van der Velden (1980) en Schmidt (1978), welke zijn aangevuld met de meest relevante literatuur van de afgelopen 10 jaar.

Dit rapport is een uitgebreide samenvatting van het TPD-rapport no. 953.206-a welke gelijktijdig verschijnt.

In deze samenvatting worden de inleiding (hoofdstuk 2) en de discussie met conclusies van hoofdstuk 7 van het basisrapport in extenso weergegeven (hoofdstuk 2 resp. hoofdstuk 5), te samen met een beknopt overzicht over de literatuur in hoofdstuk 3 en een korte inleiding over toeslagstoffen.

2. Inleiding

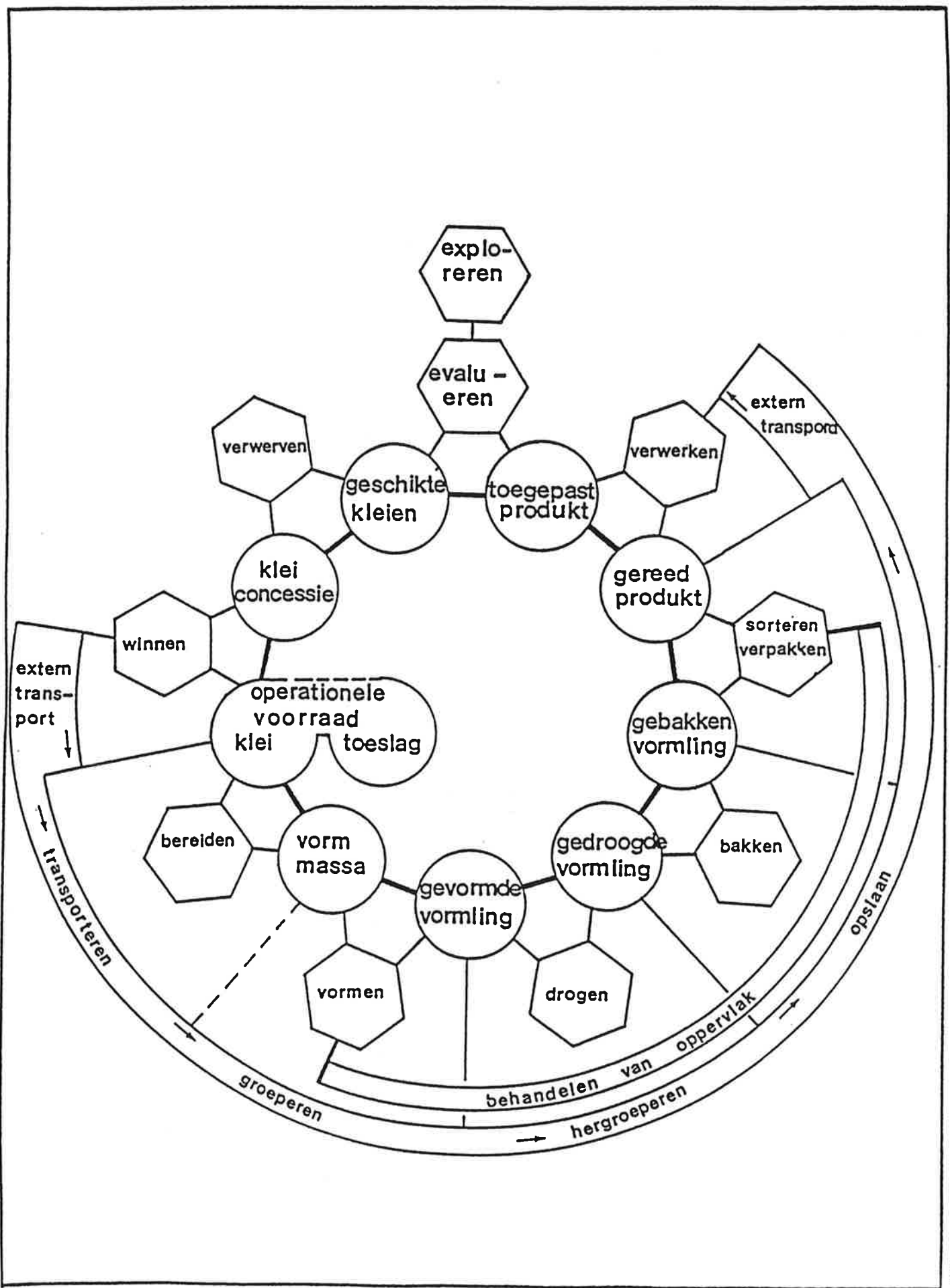
In 1980 is door J.H. van der Velden een rapport uitgebracht aan de Nederlandse grofkeramische industrie onder de titel "Evaluatie van kleiafzettingen voor de grofkeramiek". In dit rapport is een figuur opgenomen welke het relatiepatroon weergeeft tussen de klei- (grondstof) via de fabricage stappen naar het gereedproduct. Deze figuur in dit literatuuroverzicht is ook weergegeven op de volgende bladzijde.

Het relatiepatroon in figuur 1 wil, kloksgewijs rondgaande, uitbeelden, dat de van een toegepast grofkeramisch produkt verlangde eigenschappen, via een keten van eisen, die aan halffabrikaten, bewerkingen en vormmassa worden gesteld, tenslotte uitmonden bij de eisen waaraan een natuurlijke grondstof moet voldoen - en teruggaande, dat de eigenschappen van een gegeven natuurlijke grondstof via een keten van mogelijkheden, die activiteiten, bewerkingen toeslagstoffen en halffabrikaten bieden, mogelijk een kwaliteitsprodukt kunnen opleveren, dat in een behoefte voorziet.

Gezien het grote assortiment grofkeramische produkten met onderling verschillende kwaliteitseisen en gezien ook de mogelijkheden tot aanpassing en correctie van bewerkingen en grondstoffen zullen veel kleiafzettingen in technisch opzicht in principe voor exploitatie in aanmerking komen.

Veel moeilijker is een technische en economische evaluatie van een kleiafzetting voor een bepaald soort produkt van een welomschreven kwaliteit, dat gefabriceerd moet worden in een gegeven land of plaats van vestiging, met een beperkte flexibiliteit voor wat betreft aanpassing van bewerkingen en correctie van grondstoffen.

Een kleiafzetting, waarin zwellende kleimineralen voorkomen zou in Nederland voor de fabricage van dakpannen bijvoorbeeld nog uitstekend geschikt bevonden kunnen worden, terwijl diezelfde afzetting in Zuid-Frankrijk, waar voldoende smektiëtvrije kleien gevonden worden, voor de fabricage van hetzelfde produkt zeker als onbruikbaar zou worden afgewezen.



Voor een op de praktijk gerichte evaluatie van een kleiafzetting is daarom een gedetailleerde karakteristiek van die afzetting onontbeerlijk en dient men voorts over voldoende vergelijkingsmateriaal te beschikken.

In de zestiger jaren werd door TNO in samenwerking met enkele andere onderzoeksinstellingen, met steun van de Nederlandse Baksteen- en Kleidakpannenindustrie een dergelijk onderzoek uitgevoerd. Er waren een groot aantal al dan niet in exploitatie zijnde kleigronden waaronder ook enkele buitenlandse bij betrokken.

Dit onderzoek had enerzijds ten doel het kennisniveau betreffende samenstelling en eigenschappen van de basisgrondstof voor de grofkeramische industrie op te voeren en anderzijds de bruikbaarheid van een aantal in Nederlandse onderzoekcentra toegepaste analysemethoden te beoordelen.

Het onderzoek heeft ruimschoots aan zijn doelstellingen beantwoord.

Nog steeds vormt het in 1970 uitgebrachte rapport een bron van nuttige informatie voor de wetenschappelijke werkers en technici, die voor of in de bedrijfstak werkzaam zijn, ofschoon een herhaling van het onderzoek, op basis van de thans aanwezige kennis, ervaringen en mogelijkheden van onderzoek zeker zinvol is.

De hier door Van der Velden toegepaste evaluatiemethode is onder meer gebaseerd op de ervaringen met de resultaten van het bedoelde onderzoek in Nederland.

De problematiek die in de 70'-er jaren reeds aankondigde begint heden ten dage echt actueel te worden.

De goed verwerkbare kleien worden schaars, en het moment dat de "onverwerkbare" grondstoffen in exploitatie genomen moeten worden komt hoe langer hoe dichterbij.

Of een massa in de praktijk onverwerkbaar of minder goed verwerkbaar is berust op een beoordeling op grond van een ("de") standaard evaluatiemethode. Wat en hoe gemeten wordt staat uitgebreid beschreven in MT-TNO rapport 80-01878, en zal hier niet in extenso behandeld worden.

Onverwerkbaar wil niet zeggen, dat de grondstoffen in het geheel niet te gebruiken zijn voor grofkeramische toepassingen. Een te plastische klei is (naar algemeen bekend) te mageren, en een te magere klei is daarentegen plastischer te maken.

In het uitgebreide overzicht van het basisrapport wordt in hoofdstuk 4 dieper ingegaan op de evaluatie methodieken van kleiafzettingen.

Puntsgewijs zullen de geologische, de petrografische en de technologische onderzoekspunten behandeld worden, op grond waarvan de klei in de praktijk beoordeeld wordt.

Daarna wordt in hoofdstuk 5 een uitvoerig overzicht gepresenteerd van de mogelijke beïnvloeding van keramische verwerkings- en produkteigenschappen door alle mogelijke toeslagstoffen en additieven. Er is geen principiële inhoudelijk verschil tussen de termen additieven en toeslagstoffen. In het algemeen gebruikt men 'additieven' indien de onderzochte stof in lage concentraties wordt toegevoegd (tot enkele procenten), en 'toeslagstoffen' wanneer de hulpstof een aanmerkelijk bestanddeel vormt van de massa (meer dan 10 gewichtsprocent). In dit hoofdstuk worden uitgebreide lijsten opgenomen, en beschrijvingen waarin vermeld wordt welke eigenschappen positief dan wel negatief worden beïnvloed. Dit overzicht resulteert in een aantal samenvattende tabellen.

Als leidraad wordt genomen een uitgebreid overzichtsartikel van H. Schmidt uit 1978 met 261 literatuurreferenties.

Echte energieaspecten kunnen uit dit overzicht niet worden afgeleid, maar deze waren in het artikel van Schmidt (en de daarin aangehaalde 261 referenties!) ook geen punt van onderzoek.

In het daarop volgende hoofdstuk 6 worden een aantal toeslagstoffen meer uitgebreid behandeld, voor wat betreft hun invloed op verwerkings- en drooggedrag. Met name zal dan worden ingegaan op de vroeger door de TNO Werkgroep Bouwkeramiek uitgevoerde onderzoekingen aan reststoffen. Maar ook vroeger onderzoekswerk naar het verbeteren van onverwerkbare (te magere of juist te vette) kleien in verwerkings- en drooggedrag zal worden belicht.

Tenslotte worden in hoofdstuk 7 van het basisrapport na een discussie enkele conclusies gepresenteerd met aanbevelingen voor onderzoek aan enkele "veelbelovende" toeslagstoffen. Bedacht moet wel worden, dat het toevoegen van een additief of toeslagstof positieve effecten kan bewerkstelligen op één of meer technologische produkteigenschappen, maar negatieve effecten op andere eigenschappen. Om deze eventuele negatieve effecten op te heffen is dan weer een tweede of zelfs een derde toeslagstof nodig, of wellicht is een andere technologie of verwerkingsmethode noodzakelijk.

Men verschuift aldus van een meer grovere massabereidingstechnologie naar een meer fijnkeramische, welke laatste meer op een nauwkeuriger receptuurbasis is gestoeld. Wellicht ten overvloede zij nog vermeld, dat het mengen van soms zeer kleine hoeveelheden additieven (tot minder dan 1 gewichtsprocent, en zelfs tot 0,1 gewichtsprocent) in de grote hoeveelheden klei die in de grofkeramische industrie verwerkt worden allesbehalve een eenvoudige zaak is. Van der Velden wijst er in een van zijn publikaties op, dat hetzelfde geldt voor het mengen van 20 gewichtsprocent fijn zand in een vette klei.

3. Samenvatting van het uitgebreide literatuuroverzicht

Hoewel in het basisrapport 953.206-a zeer veel stoffen genoemd worden die aan de klei werden en/of kunnen worden toegevoegd, worden er in de praktijk slechts enkele regelmatig van gebruikt. De meeste ter vermindering of vermindering van ongunstige verwerkings- of produkteigenschappen.

Veelal zijn de in de literatuur beschreven resultaten uit laboratoriumexperimenten of praktijkproeven empirisch, en zijn het onderzoek en de conclusies niet door een uitgebreid vergelijkend of diepgaand wetenschappelijk onderzoek gefundeerd.

Men kan uit de beschreven experimenten kwalitatieve gevolgtrekkingen maken. Daar soms een toeslagstof door verschillende onderzoekers aan verschillende massa's via verschillende technologieën is onderzocht resulteren de experimenten in soms tegenstrijdige effecten en (dus) tegenstrijdige conclusies.

Een totaal beeld van vrijwel alle hiervoor genoemde additieven, toeslagstoffen en hun effecten wordt gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1 Positieve dan wel negatieve effecten van toeslagstoffen op baksteenmassa's

	Plastizität/ Bindfähigkeit	Trocken- schwindung	Trocken- festigkeit	Trocken- empfindlichkeit	Textur- anfälligkeit	Aufheiz- empfindlichkeit	Feuer- standfestigkeit	Kühl- empfindlichkeit	Frostfestigkeit	Wärme- leitfähigkeit	Druckfestigkeit	Ausblühneigung
+ = erhöhend 0 = neutral - = vermindernd												
Magerungsmittel:												
Sand (Quarz)												
Feldspatsand							+	+	+			
Lehm, sandig (L56)												
Schamotte							+					
Ton, kalziniert												
Ziegelmehl (-splitt)												
Steinkohlenflugasche									0	+		+
Gestein, quarzarm									0	+		
Tonschiefer					0	0			0		+	
Zusatztone:												
Ton, geschlämmt	+	+	+	+	0	+	+	0	+		+	
Schiefer-ton	+				0	+	+				+	
Kaolin-Ton	+	+	+	+		+	+				+	
Fireclay-Ton	+	+	+	+		+	+				+	
Steinzeugton	+	+	+	+		+	+				+	
Feuerfestton	+	+	+	+		+	+				+	
Illitton	+	+	+	+		+	+				+	
Montmorillonitton	+	+	+	+		+	+				+	
Mergelton	+			+		0		+				
Chemisch wirkende und sonstige Zusätze:												
Soda	+			+		0		0	+			+
Kalk (CaCO ₃)	0	+				0		0				+
Kalk, gebrannt	0	+				0		0				+
Carnallit						0		0				+
CMC	+					0	0	0	0		+	
Membranit C						0	0	0	0			
Bariumcarbonat						0	0	0	0	+		
Natriumchlorid						0	0	0	0	+	+	
Calciumchlorid						0	0	0	0	+	+	
Gips						0	0	0	0			
Zement						0	0	0	0			
Dampf	+			+		+	0	0	0		+	+
Rotschlamm						+	0	0	0		+	+
Braunstein							0	0	0		+	+
Pyrophyllit							0	0	0		+	+
Rauchkammerlösche							0	0	0		+	+
Kohlenstaub							0	0	0		+	+
Brikettabrieb							0	0	0		+	+
Chromfalzspäne							0	0	0		+	+
Feintorf							0	0	0		+	+
Sägemehl							0	0	0		+	+
Dekanterstoff							0	0	0		+	+
Zeitungspapier							0	0	0		+	+
Polystyrol, aufgeschäumt							0	0	0		+	+

Uit tabel no. 1 blijkt, dat bijna alle mageringsmiddelen eigenschappen als plasticiteit, droogkrimp, droogbreuksterkte en soms de droogscheurgevoeligheid, de textuurgevoeligheid en de opwarmgevoeligheid meer of minder verlagen.

Daarenboven wordt door het toevoegen van zand en chamotte in de meeste gevallen de vormvastheid bij hogere temperaturen verhoogd (de zakvastheid neemt toe), maar zand en zandige leem verlagen weer de koelscheurgevoeligheid. Over het geheel verlagen de meeste mageringsmiddelen toch de koelscheurgevoeligheid, de sterkte en de vorstbestandheid.

Indien aan de grondstof extra, speciale vette soorten klei worden toegevoegd, resulteert dat meestal in een plasticiteitsverhoging, extra droogkrimp, verhoging van de droogbreuksterkte en een betere vorstbestandheid. Mergelhoudende kleien gedragen zich in het algemeen anders.

Montmorilloniet (bentoniet) springt eruit vanwege de enorme verhoging van de droogscheurgevoeligheid.

Uit de tabel blijkt ook, dat verschillende voor de keramische technologie en praktijk belangrijke eigenschappen zoals de textuurgevoeligheid, hoge temperatuurvormvastheid (zakvastheid) en uitslaggevoeligheid van het produkt vaak nauwelijks of in het geheel niet worden onderzocht.

Energieaspecten die bij het drogen optreden zijn überhaupt nog geen punt van onderzoek geweest.

In geval van een chemisch werkende toeslagstof kan de invloed op bepaalde technologische eigenschappen zowel positief als negatief zijn. Voor één bepaalde stof, zoals kalk, kan het effect van de toevoeging ook nog afhankelijk zijn van de hoeveelheid.

Uitbrandstoffen zoals gemalen kool, turf, zaagsel, polystyreen korrels werken voornamelijk verlagend op de plasticiteit, de droogbreuksterkte, de droogscheurgevoeligheid en droogkrimp.

Daarentegen wordt vaak de opwarmgevoeligheid verhoogd. Porositeitsverhogende toeslagstoffen verlagen de warmtegeleiding en ook de drukvastheid. Meer poriën bevordert het warmteisolerende vermogen.

In tabel 1 wordt de materiaaleigenschap 'reductiekernvorming' ondergebracht in de kolom opwarmgevoeligheid, en de invloed van vloeimiddelen, op het bakgedrag, het sinterinterval is samengebracht in een kolom met de zakvastheid ("Feuerstandfestigkeit").

Wellicht moet ook hier nog eens benadrukt worden, dat niet alle optredende ongewenste of minder plezierige eigenschappen van de grondstof bij verwerking of van het produkt simpel door één toeslagstof te niet gedaan kunnen worden. Technologische aanpassingen van het proces resulteren soms sneller en effectiever in het gewenste resultaat.

De werkzaamheid van bepaalde toeslagstoffen is veelvuldig een punt van discussie. Oorzaak hiervan is dat de meeste (gepubliceerde) onderzoeksresultaten niet zijn gebaseerd op een breed, systematisch opgezet en gefundeerd onderzoek. Hierdoor is niet altijd de optimale hoeveelheid toeslagmateriaal onderzocht. Ook kan daardoor de ongevoeligheid van de grondstof voor het onderzochte toeslagmateriaal niet aan het licht zijn gekomen.

Veel van de in de hiervoor behandelde paragrafen vermelde toeslagstoffen zijn vaak op slechts één massa, en één verwerkings- of produkteigenschap onderzocht (of althans daar is over gepubliceerd).

Om algemene conclusies over de werking van een zo'n stof of additief op de (vele) keramische grondstoffen te trekken is daarom riskant.

Vele van deze summier onderzochte additieven zijn derhalve niet in de samenvattende tabel opgenomen.

Voor men met een toeslagstof gaat werken of laat onderzoeken, dient men zich goed te realiseren wat men met de extra stof wil bewerkstelligen in de massa en in het produkt. Daar veelal het introduceren van een toeslagstof of additief een verandering in de gehele procesvoering met zich mee brengt, moeten ook deze aspecten van te voren goed worden overdacht.

De aard van de kleigrondstof (mineralogie, deeltjesgrootte, chemische samenstelling, etc.) is uiteraard ook van invloed op het effect op de werking van de toeslagstof.

Een hoogplastische klei die als toeslagstof wordt gebruikt heeft een groter (plastificerend) effect op een magere grondstof dan op een van zich zelf al plastische klei. Daarnaast spelen prijs en beschikbaarheid van het toeslagmateriaal een rol, naast de latere kostprijs en afzetmogelijkheden van het (eventueel veranderde of nieuwe) eindprodukt.

4. Toeslagstoffen

De vele materialen of hulpstoffen die aan een klei worden toegevoegd, worden veelal onderverdeeld naar:

- a. hun invloed op een technologische eigenschap
 - plasticiteitsverhogend of -verlagend
 - droogkrimperhogend of -verlagend
 - sinterhulpmiddelen, enz.
- b. hun chemische aard
 - verwant aan de keramische grondstoffen/vulstoffen
 - * diverse plastificerende of magerende kleien, kwarts, zand, veldspaten
 - * gecalcineerde kleien, chamotte
 - anorganische, niet kleiverwante toeslagstoffen
 - * lava, e.a. gesteenten
 - * diverse reststoffen
 - zouten (veelal in geringe hoeveelheden)
 - organische stoffen
 - * huminaten, vervloeimiddelen, schutcolloïden
 - * plastificeermiddelen, bindmiddelen (CMC, polymeren)
 - * uitstookbare stoffen, porositeitsverhogend en/of energiekostenverlagend

Singer en Singer onderscheiden in hun handboek Industriële Keramiek uit 1964 drie hoofdgroepen van grondstoffen voor de keramische industrie.

1. plastische (klei-) grondstoffen
2. niet klei-houdende plastische grondstoffen (talk)

3. de onplastische grondstoffen (Van der Velden: "Vulstoffen")
- kiezelzuur, kwarts
 - veldspaten
 - beendermeel, apatiet (voor de fijnkeramiek)
 - Al_2O_3 en SiO_2 -houdende mineralen
 - kalk en magnesiumoxide houdende grondstoffen (dolomiet)
 - hulpmiddelen (water!, flocculanten, binders, deflocculanten)
 - smeermiddelen, antikleefmiddelen (t.b.v. vormgevingstechnologieën)
 - hulpmiddelen voor het drogen (gips)

Zij geven in hun handboek uitgebreide beschrijvingen en lijsten van de diverse stoffen en hun specifieke werking.

Stefanov deelt de 22 door hem onderzochte materialen in drie groepen onder:

- plastificerende stoffen (5 stuks)
- mageringsmiddelen en porositeitsverhogende additieven (12 stuks)
- kleurende toeslagstoffen

Hij gaat niet erg diepgaand op de materie in, en beschrijft meestal slechts één specifiek voordeel van de door hem onderzochte reststoffen, terwijl de nadelen of nevenwerkingen niet of slechts zeer summier worden vermeld.

Wel worden enkele algemene conclusies gegeven

- bij gebruik van toeslagstoffen (reststoffen) is vaak ook een aanpassing nodig van de vormgevingstechnologie
- bij gebruik van reststoffen kunnen milieuproblemen ontstaan (afvalwater bij natte menging, rookgassen, stankhinder, etc.)
- vele toeslagstoffen zijn niet constant in hun samenstelling gedurende langere periodes
- er kunnen (esthetische) problemen ontstaan met betrekking tot het uiterlijk van het produkt, direct na de produktie en/of ook na langere tijd in gebruik als gevolg van uitloging en zoutuitslag.

5. Discussie en conclusies

In de hoofdstukken 3 en 4 van het uitgebreide rapport wordt een keramisch technologische beschrijving en evaluatie van kleigrondstoffen gegeven, gebaseerd op vele jaren praktisch en meer fundamenteel onderzoek op in hoofdzaak de (typisch) Nederlandse kleien.

In paragraaf 4.2 van dat rapport worden een aantal eisen geformuleerd waaraan de klei moet voldoen, en grenzen waarbinnen de fysisch-chemische en mineralogische eigenschappen moeten blijven.

De werkgroep Kleiinventarisatie, waarin naast TNO en het TCKI (als keramische vertegenwoordigers) ook Rijkswaterstaat (dijkenbouw), Stichting Bodemkartering (StiBoKa) Wageningen en de Rijks Geologische Dienst (RGD) zitting hebben, heeft onlangs een tweede rapport uitgebracht waarin een goede samenvatting wordt gegeven van de eisen die men aan de klei als oppervlakte delfstof stelt, en de 'klei' als gemengde gehomogeniseerde en toegepaste grondstof bij de fabricage.

Wij nemen hierbij een gedeelte van het hoofdstuk 6.2 van voornoemd rapport over.

"De eisen die gesteld worden aan klei voor de grof keramische industrie (GKI) hangen duidelijk samen met de werkwijze binnen deze industriële bedrijfstak. In algemeen wordt een depot gevormd door meerdere kleilagen op elkaar aan te brengen en daarna te homogeniseren. Dit betekent dat de samenstelling per individuele kleilaag mag variëren, mits het gehomogeniseerde produkt voldoet aan redelijk nauwe specificaties. Deze specificaties zijn afhankelijk van het te fabriceren produkt en kunnen variëren per steenfabriek.

Door de GKI zijn eisen geformuleerd voor klei. Naast specifieke eisen die o.a. de kleur bepalen is een aantal belangrijke eisen af te semmen op de gegevens in de bestanden van RGD en Stiboka. De eisen vallen feitelijk uiteen in eisen gesteld aan de gemengde en gehomogeniseerde klei en eisen die een bandbreedte weergeven van kleisoorten (de delfstof) die in principe geschikt zijn om te kunnen worden toegepast.

Ter verduidelijking het volgende. Een belangrijke eigenschap is het leemgehalte (volgens klassificatie van de GKI is dit de fraktie < 10 μm). In de onderstaande tabel staat dit weergegeven.

	fraktie < 10 μm
baksteenindustrie grote rivieren	ca. 40 - 42 %
dakpannenindustrie	ca. 50 - 57 %
strengpersprodukten	ca. 40 - 55 %
keramische industrie in N. Brabant op leemgebieden	ca. 22 - 30 %

Door de GKI is gesteld dat in principe alle klei met een gehalte van < 10 μm tussen ca. 8 - 70 % geschikt is om (gemengd) te worden gebruikt in de grof keramische industrie.

De bovengrens is gegeven omdat bij hogere percentages verwerking (homogenisering) niet goed uitgevoerd kan worden. Bij een lagere ondergrens is er feitelijk geen sprake meer van leem maar van zand.

Daarnaast zijn er eisen geformuleerd waaraan het mengprodukt dient te voldoen. Van deze eisen mag de individuele kleisoort afwijken, mits het eindprodukt, dus de te verwerken en vorm te geven massa, hieraan voldoet.

In onderstaande tabel zijn de eisen geformuleerd:

fraktie > 250 μm	max. 20 % m/m
fraktie 63 - 250 μm	max. 40 % m/m
org. stofgehalte % (m/m)	< 3 % m/m
kalkgehalte (CaCO_3)	< 25 % m/m
schelpen	nihil
produktie technische eis	
dikte lagen	> 0,5 m

Hierbij is het volgende op te merken:

- de fraktie $> 250 \mu\text{m}$ is begrensd i.v.m. de gewenste kwaliteit van de steen, een hoger percentage zorgt voor de grote brosheid welke in het bakproces niet door temperatuurverhoging gecorrigeerd kan worden;
- het organisch stofgehalte hangt samen met het bakgedrag van de compacte ovenstapeling. Overschrijding brengt het risico van smeltvorming na reductie met zich mee;
- het kalkgehalte is begrensd tot 25 %, al moet deze begrenzing niet al te scherp worden beoordeeld.
Het kalkgehalte bepaalt samen met het ijzergehalte de bakkleur;
- heel belangrijk is de afwezigheid van schelpen of schelpresten. Schelpkorreltjes kunnen het afspringen van stukjes gebakken steen veroorzaken en daardoor tot aanzienlijke schadegevallen leiden. Gezien de striktheid van deze eisen geldt deze ook voor individuele kleisoorten;
- de dikte eis volgt uit overwegingen van praktische aard."

Wil/zal/moet men in de toekomst minder gunstige kleien verwerken tot bouwkeramische produkten, dan moet in de eerste plaats gedacht worden aan klei (delfstoffen) die aan de onderste of bovenste grens zitten voor wat betreft leemgehalte (fraktie $< 10 \mu\text{m}$); dus aan te magere kleien (zand) of te vette kleien.

Men komt aldus aan twee vraagstellingen:

- Hoe zijn de te magere kleien het beste (technisch) en bedrijfs-economisch (qua prijs / kosten) te plastificeren?
- Hoe zijn de te vette kleien het beste of het goedkoopste te mageren? en waarmee?

In de verschillende tabellen in de hoofdstukken 5 en 6 is reeds de verdeling van mageringsmiddelen en plastificeermiddelen duidelijk geworden.

De problematiek rond de moeilijke of onmogelijke verwerking van de minder gunstige kleien kan zich uiten in alle fasen van de verwerking, van de menging, via vormgeving, het drogen en bakken naar de produkteigenschappen. Deze laatste kunnen aan de hand van 'de baksteennorm' getoetst worden.

In eerste instantie zal hier nader ingegaan worden op de vormgeving en het drooggedrag, waarbij middels de voorbehandeling impliciet het meng- en homogeniseergedrag meegenomen wordt in het onderzoek.

Het onderzoek bestaat uit twee deelonderzoeken:

- een analyse van de karakteriseringsmethoden voor (bouw) keramische grondstoffen
- een onderzoek naar de mogelijkheden om het vormgevings- en met name het drooggedrag te verbeteren door aanpassing van de grondstof door het innemen van een of meer additieven (in kleine hoeveelheden) of toeslagstoffen (in grotere hoeveelheden), of door optimalisering van de technologie.

Bij de analyse van de karakteriseringsmethode zal met name worden ingegaan op de invloed en het belang van korrelgrootteverdeling en specifiek oppervlak van de grondstof (-fen) en de daaruit samengestelde mengsels op de verwerking en het drooggedrag. Veel werk op dit gebied is reeds verricht door Van der Velden, o.a. resulterend in diens 'kleimodel'.

Bij het grondstoffenonderzoek zal getracht worden door innemen van de juiste toeslagstof of additief bijvoorbeeld de korrelgrootteverdeling of het specifiek oppervlak zodanig aan te passen dat de massa (beter) verwerkbaar en/of droogbaar wordt.

Dit betekent dat ook de toeslagstoffen moeten worden geselecteerd op de criteria die ook voor de kleien van toepassing zijn:

- specifiek oppervlak
- deeltjesgrootteverdeling
- zo mogelijk: chemische analyses en mineralogie



A.H. de Vries



Technisch Fysische Dienst

ing. J. van der Zwan

Eindhoven, 14 augustus 1989

PH