

CENTRAAL TECHNISCH INSTITUUT TNO

Ref. no.: 71-02628

Dossier: 3572-G2412

RAPPORT

Beoordeling van de kwaliteit van het
sinterproces in een tunneloven vanuit
keramisch-technisch gezichtspunt

door

J.H. van der Velden

en

A.H. de Vries

Datum : 28 juni 1971

Bestemd voor: De Nederlandse Grofkeramische Industrie

INHOUDSOPGAVE

	blz.
<u>INLEIDING</u>	3
1. <u>DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK</u>	4
2. <u>HOOFDKENMERKEN VAN DE ONDERZOCHE OVEN</u>	4
3. <u>GEGEVENS VAN GRONDS'TOF EN GEFABRICEERD PRODUKT</u>	5
4. <u>BESCHRIJVING VAN HET ONDERZOEK</u>	6
5. <u>BESPREKING VAN DE RESULTATEN</u>	8
6. <u>BIJZONDERE OPMERKINGEN</u>	10
7. <u>ALGEMENE BESCHOUWINGEN OVER DE TEMPERATUURGELIJKMATIGHEID IN DE SINTERZONE VAN EEN TUNNELOVEN</u>	11
8. <u>SAMENVATTING MET CONCLUSIES</u>	13

Bijlagen: figuren 1 t/m 12
tabellen 1 en 2

INLEIDING

Voor een verdere ontwikkeling van de mechanisering en automatisering in de grofkeramische industrie is het van belang te onderzoeken op welke wijze een betere beheersing van het bakproces en daarmee van de kwaliteit van de eindprodukten mogelijk is.

De resultaten van onderzoeken aan bestaande ovens kunnen aanleiding geven tot het aanbrengen van verbeteringen in ovenontwerpen.

Met het oog hierop achtte de programmacommissie "Grofkeramiek" het nuttig dat onder meer het bakproces in een tunneloven nader zou worden gekarakteriseerd.

Het doen van de keuze van de te onderzoeken oven werd daarbij gedelegeerd aan de commissie "tunneloven" van de Stichting Technisch Verbond voor de Baksteenindustrie.

Gekozen werd een "Lingl"-tunneloven voor waalformaatstrengpersstenen in de provincie Noord-Brabant met als bijzonderheid, dat mogelijke effecten van een wijziging in het toegepaste brandertype en van het vervangen van het met de hand groeperen van de vormlingen door een zetmachine, tijdens de onderzoeksperiode zouden kunnen worden bestudeerd.

De betreffende steenfabrikant gaf toestemming tot het uitvoeren van het onderzoek en het openbaar maken van de resultaten.

In dank zij hier in het bijzonder gememoreerd, dat bij de uitvoering van het onderzoek van de zijde van het bedrijfskader en het fabriekspersoneel alle medewerking werd verkregen.

Het bakproces in de betreffende tunneloven werd zowel vanuit warmte- en stromingstechnisch gezichtspunt als vanuit keramisch-technisch gezichtspunt aan een onderzoek onderworpen.

Dit rapport handelt in het bijzonder over enige keramisch-technische aspecten van het bakproces in de onderzochte tunneloven.

1. DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK

Beoordeling van de kwaliteit van het sinterproces in een tunneloven vanuit keramisch-technisch gezichtspunt.

2. HOOFDKENMERKEN VAN DE ONDERZOCHE OVEN

- type	open vlam tunneloven
- fabrikaat	Lingl
- inwendige ovenbreedte	2425 mm
- ladingbreedte onder	2180 mm
- hoogte van bedrijfsvloer tot laaddek	780 mm
- hoogte van laaddek tot plafond	1740 mm
- ladinghoogte (ongebakken)	1610 mm
- wagenlengte h.o.h.	2880 mm
- lengte van ladingeenheid, onder	1100 mm
- breedte van stooksleuf, onder	340 mm (300-380 mm)
- aantal wagens in oven, effectief	38 stuks
- ovenlengte, effectief	ca. 109,5 m
- brandstofsoort	aardgas
- type branders, meting I	Lingl-injecteurs
- idem meting II	Leisenberg impulsbranders
- idem meting III	idem
- soort gebakken produkten	geperforeerde waalformaatmetselstenen
- aantal stuks per ovenwagen, meting I	circa 4700 (4600-4800); handgezet
- idem meting II	circa 4700 (4600-4800); handgezet
- idem meting III	4880; met zetmachine
- produktie in wagens per etmaal	
bij meting I	11 wagens per etmaal
bij meting II	11 wagens per etmaal
bij meting III	12 wagens per etmaal
- Zoneindeling van de oven	
bij metingen I, II en III	Zie figuur 1

3. GEGEVENS VAN GRONDSTOF EN GEFABRICEERD PRODUCT

- Gemiddelde granulometrische samenstelling

fractie >200 μm	1%
fractie 60-200 μm	17%
fractie 45-60 μm	12%
fractie 20-45 μm	14%
fractie 10-20 μm	11%
fractie 2-10 μm	20%
fractie <2 μm	25%

- Chemische analyse

gloeiverlies	16%
Fe_2O_3	3,8%
CaO (uit carbonaat)	14%
humus	1,5%

- Bijzondere bepalingen

totaal specifiek oppervlak	59 m^2/gram
- nominale hoofdafmetingen van de metselstenen (gebakken)	210 x 100 x 51,5 mm
- gewicht van geheel droge vormlingen	gemiddeld 1800 g/stuk
- gewicht van een gebakken steen	gemiddeld 1510 g/stuk

4. BESCHRIJVING VAN HET ONDERZOEK

Op markante punten in een willekeurig gekozen ladingeenheid van een tunnelovenwagen werden Bullersringen geplaatst. De zich in de onmiddellijke omgeving van de Bullersringen bevindende metselsteenvormlingen werden gemerkt, terwijl tevens de lengte van deze vormlingen werd bepaald. Na het bakproces in de tunneloven werden de Bullersringen en de steenmonsters verzameld en onderzocht.

De volgende eigenschappen werden vastgesteld:

- a. de Bullersringtemperaturen op markante plaatsen;
- b. de bakrimp die de gemerkte stenen hadden ondergaan;
- c. de lengte van de gemerkte stenen;
- d. de vrijwillige wateropneming van de gebakken gemerkte stenen;
- e. het specifiek scherfvolume van de gemerkte stenen (reciproque waarde van het volumegewicht van de scherf).

Er werden drie series metingen verricht onder de volgende omstandigheden:

Meting I dd. oktober 1970:

De stookinrichting van de tunneloven bestond tijdens deze meting uit Lingl-gasinjecteurs, terwijl de metselstenen met de hand op de ovenwagens werden gezet in een stapelwijze zoals is aangegeven in figuur 2. In deze figuur zijn tevens de meetplaatsen aangegeven. Twee opeenvolgende ladingeenheden werden van Bullersringen voorzien.

Meting II dd. december 1970:

Bij deze meting was de oorspronkelijke stookinrichting inmiddels vervangen door een "Leisenberg"-stookinrichting met impulsbranders. De stapelwijze van de produkten alsmede de positie van de meetplaatsen was daarbij geheel gelijk aan die bij meting I.

Ook bij deze meting werden Bullersringen op overeenkomstige plaatsen in twee opeenvolgende ladingeenheden geplaatst. Bovendien werd een extra Bullersringmeting verricht ter vaststelling van de temperatuurspreiding in de stooksleuf tussen twee ladingeenheden (fig. 4).

Meting III dd. maart 1971:

Deze meting werd verricht bij gebruik van de Leisenbergstookinrichting terwijl de metselstenen met een zetmachine op de wagens werden geplaatst.

De stapelwijze alsmede de positie van de meetstenen is aangegeven in figuur 3. Er werd bij de metingen I, II en III naar een zo groot mogelijke overeenkomst in de keuze van de meetplaatsen gestreefd.

Uitdrukkelijk zij nogmaals vermeld, dat voor de posities van de Bullersringen en de meetstenen markante plaatsen in de ovendoorsnede werden gekozen zoals het laaddek, de linkerzijde en de rechterzijde van de lading etc.

De verzameling meetstenen mag derhalve niet worden opgevat als een steekproef die representatief is voor de gehele lading van één of meer tunnelovenwagens.

De verkregen meetwaarden kunnen daarom niet worden gebruikt voor een betrouwbare vaststelling van het kwaliteitsniveau en de kwaliteitsvariëaties van de geproduceerde metselstenen. Ze dienen hier uitsluitend voor het opsporen van de oorzaken van de variabiliteit in de kwaliteit van de eindprodukten.

De Bullersringen die bij de metingen werden gebruikt waren afkomstig uit één partij en van het standaardtype nr. 27 (groen), bruikbaar van 970°C tot 1300°C .

De temperatuurmeting door middel van Bullersringen berust op de meting van de bakrimp die deze ringvormige keramische proefstukken tijdens het bakproces ondergaan.

Deze proefstukken worden onder constante vormgevingsomstandigheden vervaardigd uit een kleimassa van constante samenstelling.

De relatie tussen de bakrimp van de ringen en de baktemperatuur wordt experimenteel aan de hand van standaard bakprocessen bij een standaardwaarde voor de sintertijdsduur op het laboratorium vastgelegd.

Uit bovenstaande omschrijving zal het duidelijk zijn dat deze ringen een uitstekend middel zijn om de gelijkmatigheid van het sinterproces in een oven naar plaats en tijdstip onafhankelijk van variëaties in de samenstelling en de eigenschappen van het gefabriceerde produkt vast te stellen. Het gebruik van de ringen bij de kwaliteitszorg verdient dan ook aanbeveling.

5. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in de figuren 4 t/m 7. In de figuren 8, 9 en 10 zijn de aangetroffen Bullersringtemperaturen grafisch uitgezet tegen respectievelijk de lengte van de gebakken meetstenen, de lineaire bakkrimp en het specifiek scherfvolume. De puntenverzamelingen van de drie verichte metingen te zamen geven geen aanwijzing voor het bestaan van een correlatie tussen de Bullersringtemperatuur en de bovengenoemde eigenschappen van de stenen. De puntenverzamelingen die betrekking hebben op de afzonderlijke metingen sluiten het bestaan van een dergelijke relatie niet uit.

Indien de samenstelling van de gebruikte grondstof binnen de onderzochte ladingeenheden en gedurende de totale periode van onderzoek constant zou zijn geweest, had op grond van vroegere onderzoekingsresultaten op laboratoriumschaal wel degelijk een duidelijk verband tussen de Bullersringtemperatuur en de bakkrimp of het specifiek scherfvolume geconstateerd kunnen worden.

Voor een goede correlatie tussen de Bullersringtemperatuur en de lengte van de gebakken stenen hadden bovendien de vormgevingsomstandigheden bij de drie metingen constant moeten zijn. Dit laatste wordt in het onderhavige geval bemoeilijkt door een extra oppervlaktebewerking van de verse vormlingen.

De conclusie is gerechtvaardigd dat de tamelijk sterke variatie in eigenschappen van de stenen niet alleen mag worden toegeschreven aan de ongelijkmatigheid van de sintertemperatuur in de oven. Deze variatie wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door schommelingen in de kleisamenstelling en door wisselende vormgevingsomstandigheden. Overigens is de temperatuurspreiding in deze oven gemeten over de markante punten in een ladingeenheid, aanzienlijk, namelijk ongeveer 150°C (Bullersringtemperaturen).

De hoogste temperaturen worden halverhoogte van een ladingeenheid aangetroffen. De laagste baktemperaturen vindt men bij de direct op de wagenvloer geplaatste stenen (figuren 4, 5, 6 en 7). Fig. 4 toont aan dat de temperatuur op de wagenvloer wel uitzonderlijk laag is ten opzichte van de temperatuur even daarboven.

In tabel 2 zijn de gemiddelde Bullersringtemperaturen in verschillende karakteristieke doorsneden over een ladingeenheid weergegeven. De verschillen in de gemiddelde temperatuur van karakteristieke verticale doorsneden in één ladingeenheid en tussen opeenvolgende ladingeenheden blijken 10 à 30°C te be-

dragen.

Wezenlijke verschillen in ongelijkmatigheid tussen de metingen I, II en III blijken niet uit de gemeten waarden van de Bullersringtemperaturen.

De gemiddelde temperaturen in karakteristieke horizontale doorsneden verschillen onderling het sterkst, n.l. circa 50 tot 100°C. Meting III vertoont wat dit betreft het gunstigste beeld. De verschillen blijven echter groot.

Het gemiddelde temperatuurniveau in de oven blijkt bij meting III overigens lager te zijn dan bij de metingen I en II.

Het feit dat de geconstateerde grote temperatuurverschillen geen aanleiding geven tot het ontstaan van verweking en smelt is te danken aan de lage gemiddelde bakkrimpwaarde waarbij reeds goed verkoopbaar produkt ontstaat (zie bij voorbeeld fig. 9).

De meetresultaten demonstreren overigens wederom op overtuigende wijze dat zowel het bereikbare kwaliteitsniveau van een keramisch produkt als de schommelingen daarin worden bepaald door de mate waarin de grondstofsamenstelling constant is en de mate waarin de bewerkingen, waaronder vooral het bakproces, beheerst verlopen.

Uit fig. 11 waarin het specifiek scherfvolume grafisch is uitgezet tegen de gemeten lineaire bakkrimp kan eveneens worden afgeleid dat de grondstofsamenstelling tijdens de periode van onderzoek heeft gevarieerd. De lijn T in deze figuur geeft een voorbeeld van het verband tussen de krimp en het specifiek scherfvolume bij constante grondstofsamenstelling.

6. BIJZONDERE OPMERKINGEN

De grafiek in fig. 12 is van belang voor het ontwerpen van kwaliteitszorgsystemen. In deze figuur is de vrijwillige wateropneming van de meetstenen uitgezet tegen het specifiek scherfvolume, respectievelijk het scherfgewicht. Wanneer de uitbijters, die aan scheuren in de meetstenen en aan meetfouten moeten worden toegeschreven, buiten beschouwing worden gelaten blijkt de vrijwillige wateropneming in volumeprocenten, ondanks de variatie in grondstofsamenstelling, recht evenredig te zijn met het scherfgewicht (correlatiecoëfficiënt 0,94, zie tabel 1).

Gezien het feit dat het scherfgewicht binnen een uur is vast te stellen, terwijl de bepaling van de vrijwillige wateropneming minstens drie dagen vergt, kan worden gesteld dat ten behoeve van de kwaliteitscontrole kan worden volstaan met de bepaling van het scherfgewicht of de reciproque waarde daarvan, het specifiek-scherfvolume.

Het bovenstaande vormt een bevestiging van de onderzoekingsresultaten van de in Nederland in de baksteenindustrie werkzame Technische Centra.

De lezer van dit rapport zal zich mogelijk afvragen waarom hier naast het min of meer ingeburgerde begrip "scherfgewicht" is gewerkt met het begrip "specifiek-scherfvolume", waarbij de getalwaarden reciproque zijn.

De reden is dat tijdens het sinterproces het gewicht van de te bakken produkten nagenoeg constant blijft, zodat optredende verschillen in "specifiek-scherfvolume" bij de beoordeling van het sinterproces een duidelijker fysische betekenis hebben dan verschillen in "scherfgewicht". Een zelfde argumentatie geldt bij voorbeeld ook ten aanzien van de voorkeur die er bij droogtechnische calculaties bestaat voor het uitdrukken van het watergehalte van een stof in gewichtsprocenten van de droge stof in plaats van in gewichtsprocenten van de natte stof. Ook de weergave van de wateropneming van een gebakken produkt in gewichtsprocenten, naast een weergave in volumeprocenten, is vanuit bovengenoemd gezichtspunt verklaarbaar.

Men zou kunnen stellen dat het specifiek-scherfvolume, het watergehalte berekend op de droge stof en de wateropneming in gewichtsprocenten, voor researchdoeleinden en voor bedrijfsintern gebruik de voorkeur verdienen, terwijl voor een eventueel extern gebruik het scherfgewicht, het watergehalte op de natte stof en de wateropneming in volumeprocenten mogelijk beter voldoen.

7. ALGEMENE BESCHOUWINGEN OVER DE TEMPERATUURGELIJKMATIGHEID IN DE SINTERZONE VAN EEN TUNNELOVEN

De in de onderzochte tunneloven geconstateerde verschillen in Bullersringtemperatuur van 100 à 150°C mogen niet als karakteristiek voor dit oventype worden beschouwd.

Er zijn in de grofkeramische industrie tunnelovens in gebruik waarin de Bullersringtemperatuurverschillen niet meer dan 15°C bedragen. De stenen staan dan echter niet direct op de wagenvloer en de ladinghoogte is dan belangrijk kleiner. In de fijnkeramische industrie treft men tunnelovens aan, die over een lange bedrijfsperiode gemeten, Bullersringverschillen kleiner dan 10°C opleveren. Dit neemt niet weg dat een belangrijk deel van de tot nu toe in Nederland gebouwde tunnelovens waarschijnlijk een temperatuurgelijkmatigheid bezitten, die gelijkwaardig is met die van de onderzochte oven.

In het algemeen kan worden gesteld dat de temperatuurgelijkmatigheid in de sinterzone van een vanuit het gewelf of vanuit het hangdek gestookte open-vlam-tunneloven met periodieke voortbeweging van de ovenwagens beter zal zijn naarmate:

- a. de ladinghoogte geringer is;
- b. de ladingdichtheid kleiner is;
- c. de afstand tussen de stookrijen kleiner is;
- d. de breedte van de stooksleuven groter is;
- e. betere voorzieningen zijn getroffen voor het bevorderen van een gelijkmatige doorstroming van de lading door de ovengassen;
- f. het ongunstige effect van de sterke warmteaccumulatie in de ovenwagenvloer op de temperatuurgelijkmatigheid beter is gecompenseerd, bij voorbeeld door het toepassen van een ten opzichte van de wagenvloer verhoogd opgesteld laaddek;
- g. meer tijd (ovenlengte) is gereserveerd voor temperatuuregalisering aan het begin van de sinterzone;
- h. meer branders met aan de stookruimtedimensies aangepaste eigenschappen worden toegepast;
- i. meer zorg is besteed aan het verzekeren van de verbrandingsluchttoevoer;

j. meer zorg is besteed aan de posities van de afzonderlijke branders ten opzichte van de lading (bij voorbeeld versprongen opstelling in opeenvolgende rijen);

k. een betere temperatuurregeling wordt toegepast.

In meer of mindere mate zijn deze punten ook van toepassing op andere tunneloven typen.

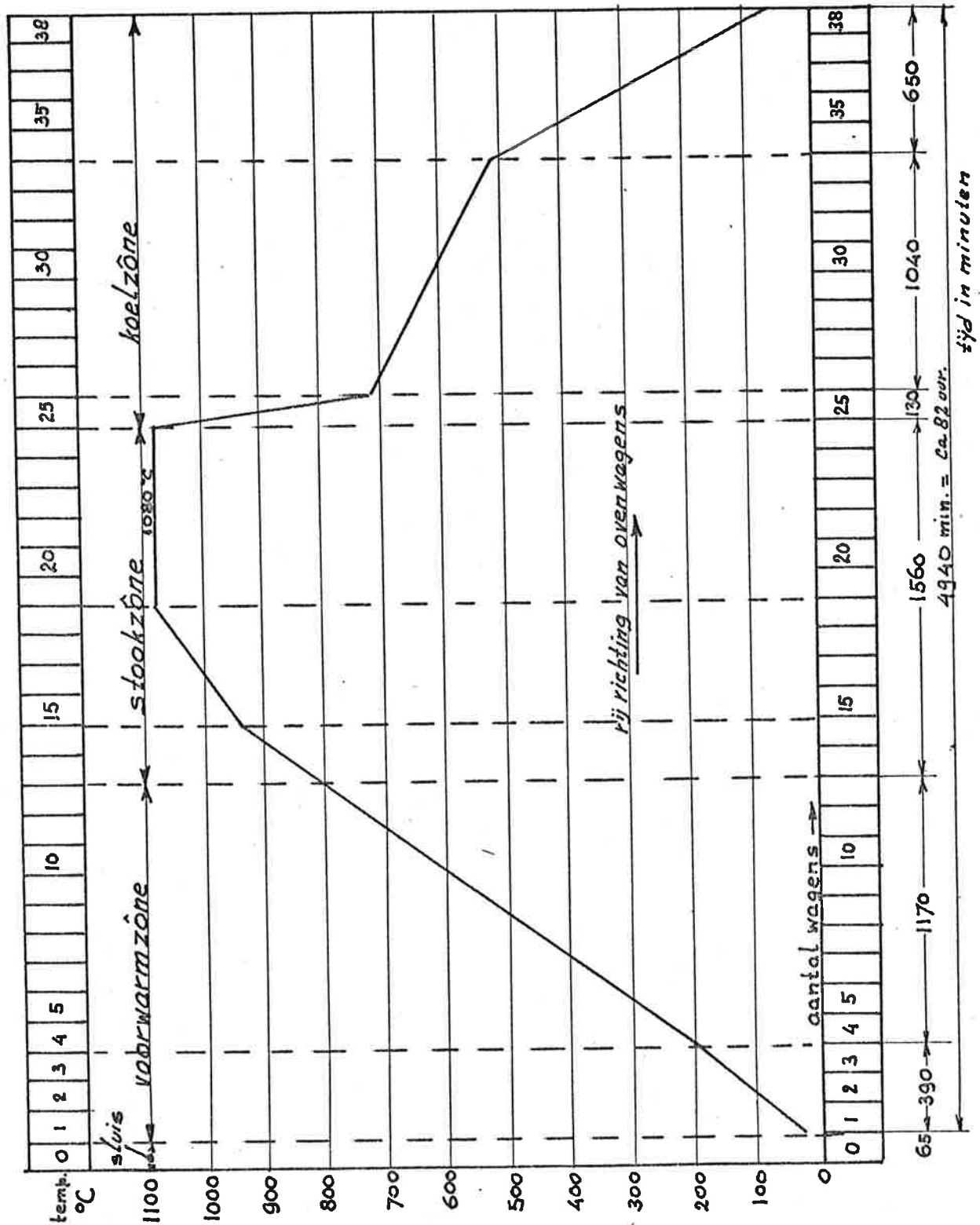
Alle maatregelen in de bovenaangeduide richting doen de investeringskosten van een tunneloveninstallatie voor een gegeven productiecapaciteit toenemen.

Ze zijn voor nieuw te bouwen installaties echter zinvol, indien de hiermee beoogde kwaliteitsverbetering van de eindprodukten, op korter of langer termijn, in economisch opzicht noodzakelijk wordt.

8. SAMENVATTING MET CONCLUSIES

1. De variabiliteit in de eigenschappen van de in de onderzochte tunneloven gebakken metselstenen wordt niet alleen veroorzaakt door de vrij grote temperatuurverschillen tussen de verschillende delen van de ladingeenheden in de sinterzone, doch ook door variaties in de grondstofsamenstelling.
2. De temperatuurverschillen in een ladingeenheid ontstaan vooral als gevolg van het directe contact van de lading met de relatief koude wagenvloer. Daarenboven beïnvloeden tal van andere factoren van structurele aard, zoals ladinghoogte, breedte van de stooksleuf, brander karakteristiek e.a., het resultaat. In nieuwe tunneloveninstallaties kunnen voorzieningen worden getroffen die een gunstige invloed op de temperatuurgelijkmatigheid zullen uitoefenen.
3. Na de wijziging van het brandersysteem waarbij zogenaamde impulsbranders werden geïnstalleerd, kon geen duidelijke verbetering in de temperatuurgelijkmatigheid in een ladingeenheid worden geconstateerd. Na de daaropvolgende ingebruikneming van een automatische zetmachine is mogelijk van enige verbetering in de temperatuurgelijkmatigheid sprake.

De temperatuurverschillen in een ladingeenheid blijven echter aanzienlijk.
4. Dank zij het feit dat de gebruikte klei slechts een geringe bakrimp behoeft te ondergaan voor de fabricage van een goed verkoopbaar produkt, is het sinterproces niet zo temperatuurgevoelig en hebben de geconstateerde temperatuurverschillen geen desastreuze gevolgen.
5. Het onderzoek aan de gerede produkten bevestigt de onderzoekingsresultaten van de "Technische Centra" op enkele fabrieken, dat er ondanks enige variatie in grondstofsamenstelling tijdens de fabricage een goede correlatie bestaat tussen de vrijwillige wateropneming van eindprodukten en hun "scherfgewicht" of "specifiek scherfvolume". Gezien de korte tijdsduur die nodig is voor de bepaling van het "scherfgewicht" of het "specifiek scherfvolume" wordt aanbevolen de bepaling van de vrijwillige wateropneming in het kader van de dagelijkse kwaliteitscontrole te vervangen door de bepaling van het "scherfgewicht" of "specifiek scherfvolume".



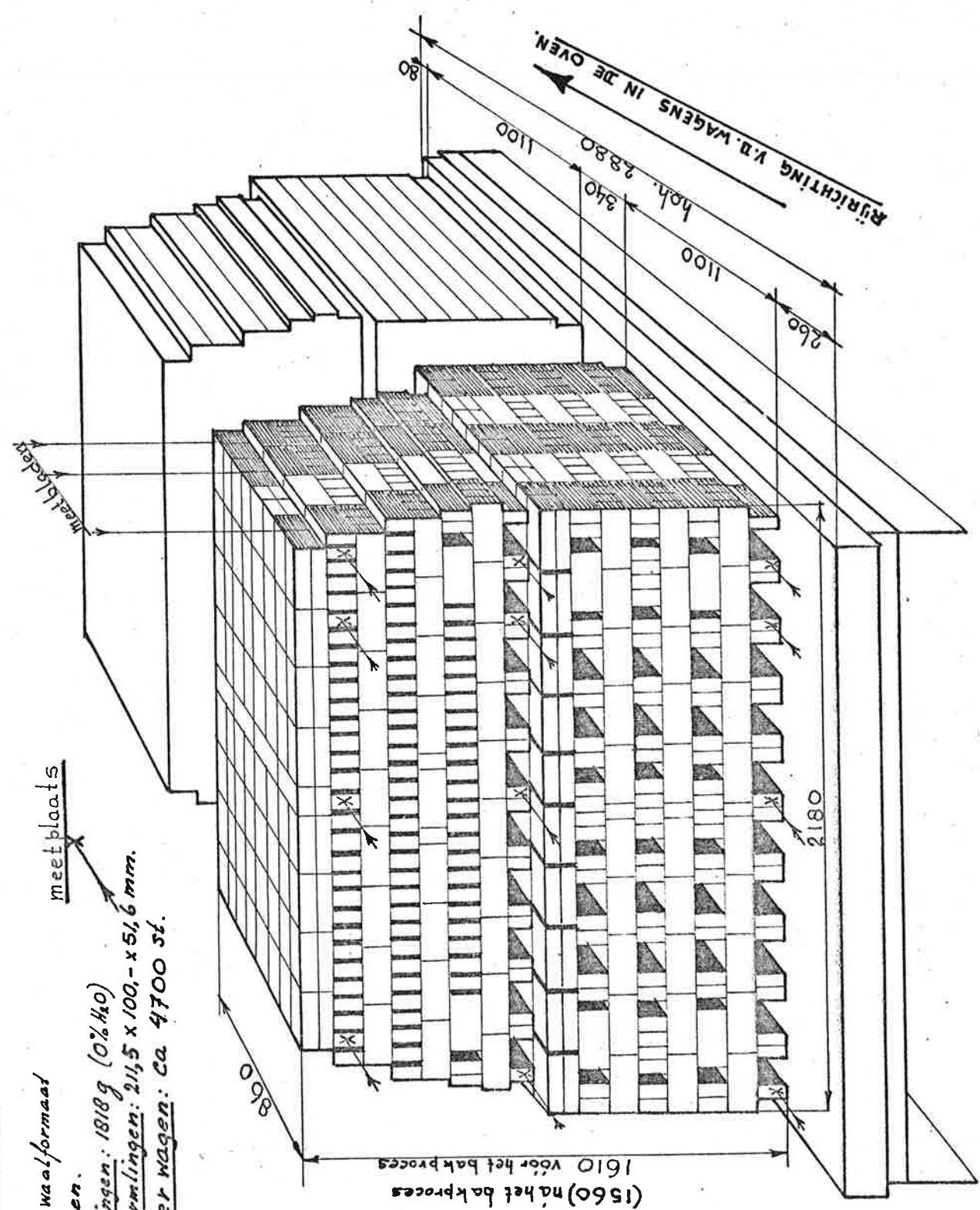
VERLOOP VAN DE OVENTEMPERATUUR. (BEDRIJFSGEGEVENS)

behoort bij de metingen I (okt.'70) en II (dec.'70)

C.T.I. TNO

Wgr. Grofkeramiek
class.nr. 8572.92412

Fig. 1

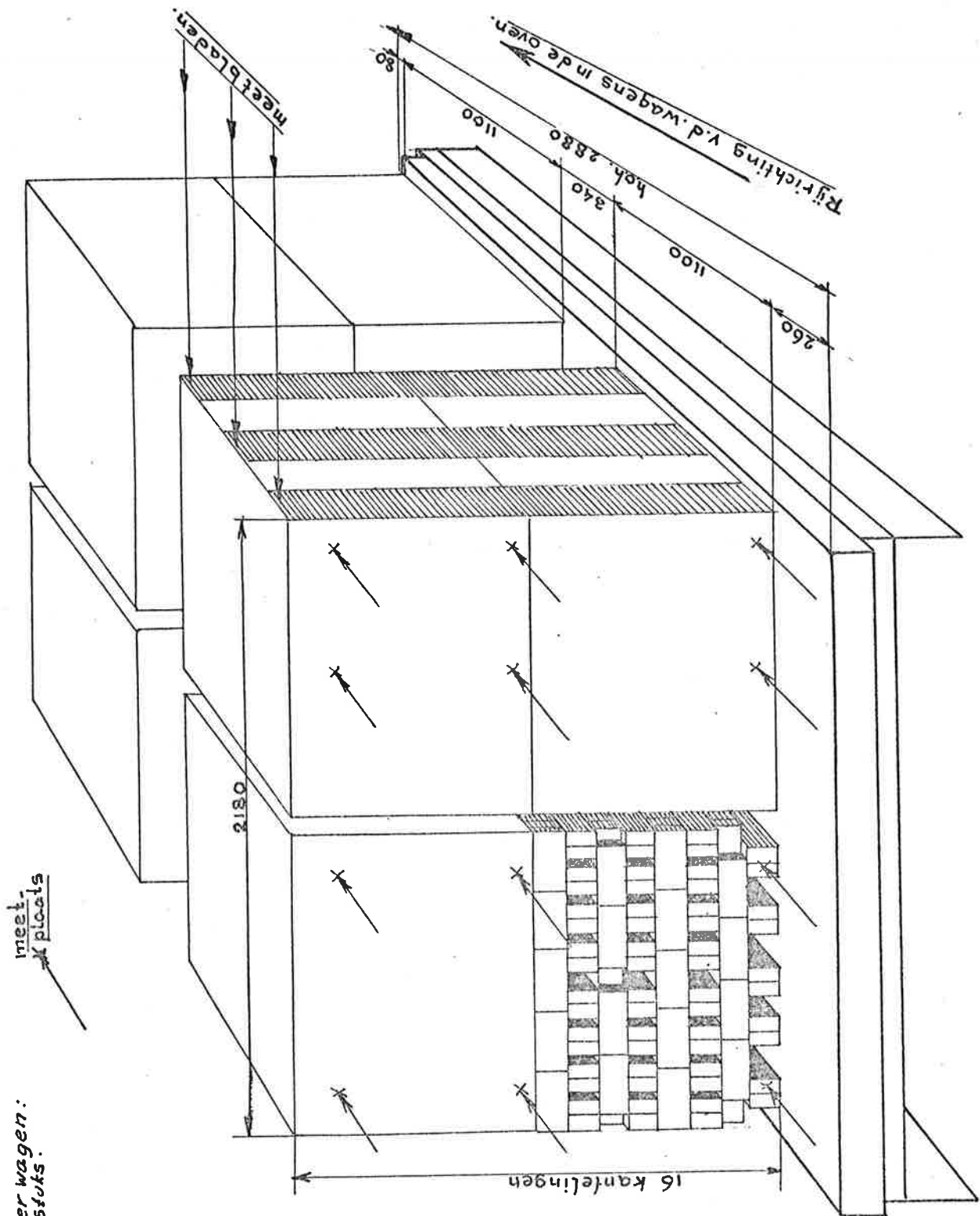


Gegevens lading:
 soort: geperforeerde waalformaat
 strengboorstenen.
 gewicht van gedrn. vormlingen: 1818 g (0% H₂O)
 afmetingen van gedrn. vormlingen: 211,5 x 100,- x 51,6 mm.
 aantal vormlingen per wagen: ca. 4700 st.

1610 voor het bakproces
 (1560) na het bakproces

Groeperingswijze van de stenen op een tunneloven-
 wagen bij de metingen I (okt. '70) en II (dec. '70)
 TUNNELOVENMETINGEN 70/71.

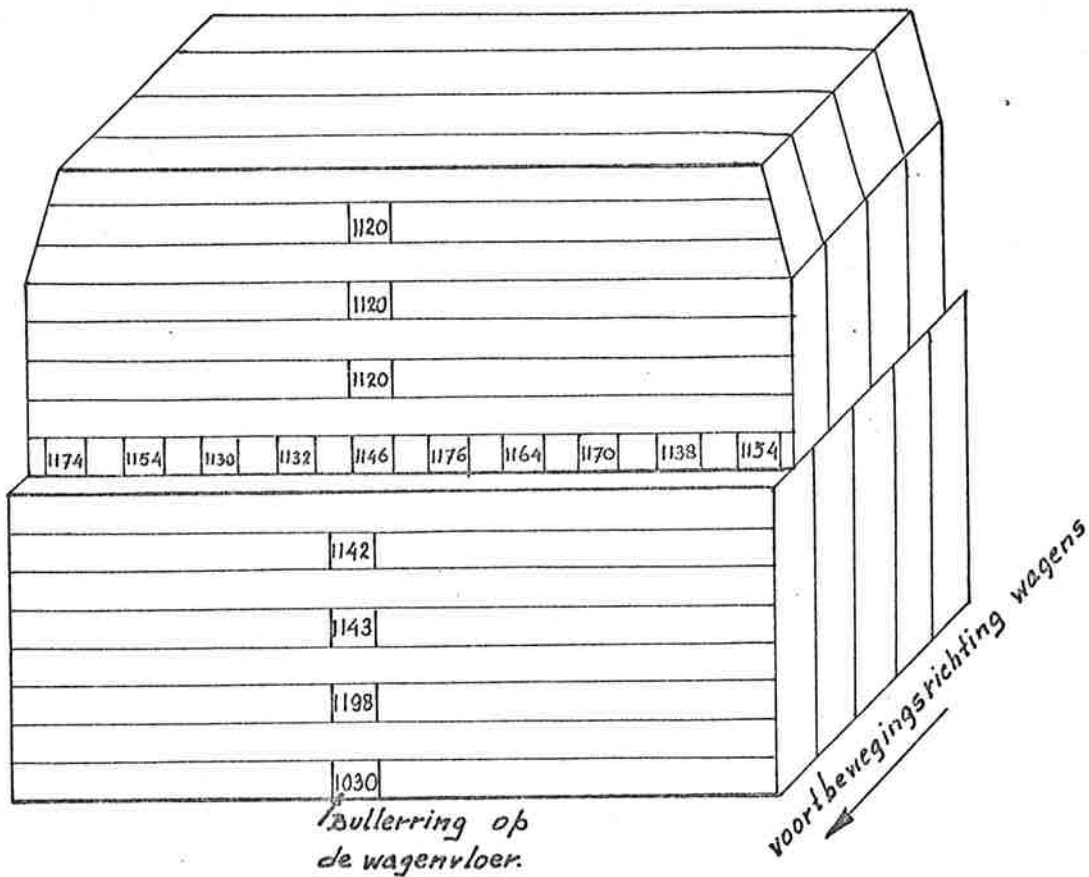
C.T.I. TNO
 Wqr. Grofkeramiek
 dossier nr 3572 G2412
 Fig. 2



aantal vormlingen per wagen:
ca. 4880 stuks.

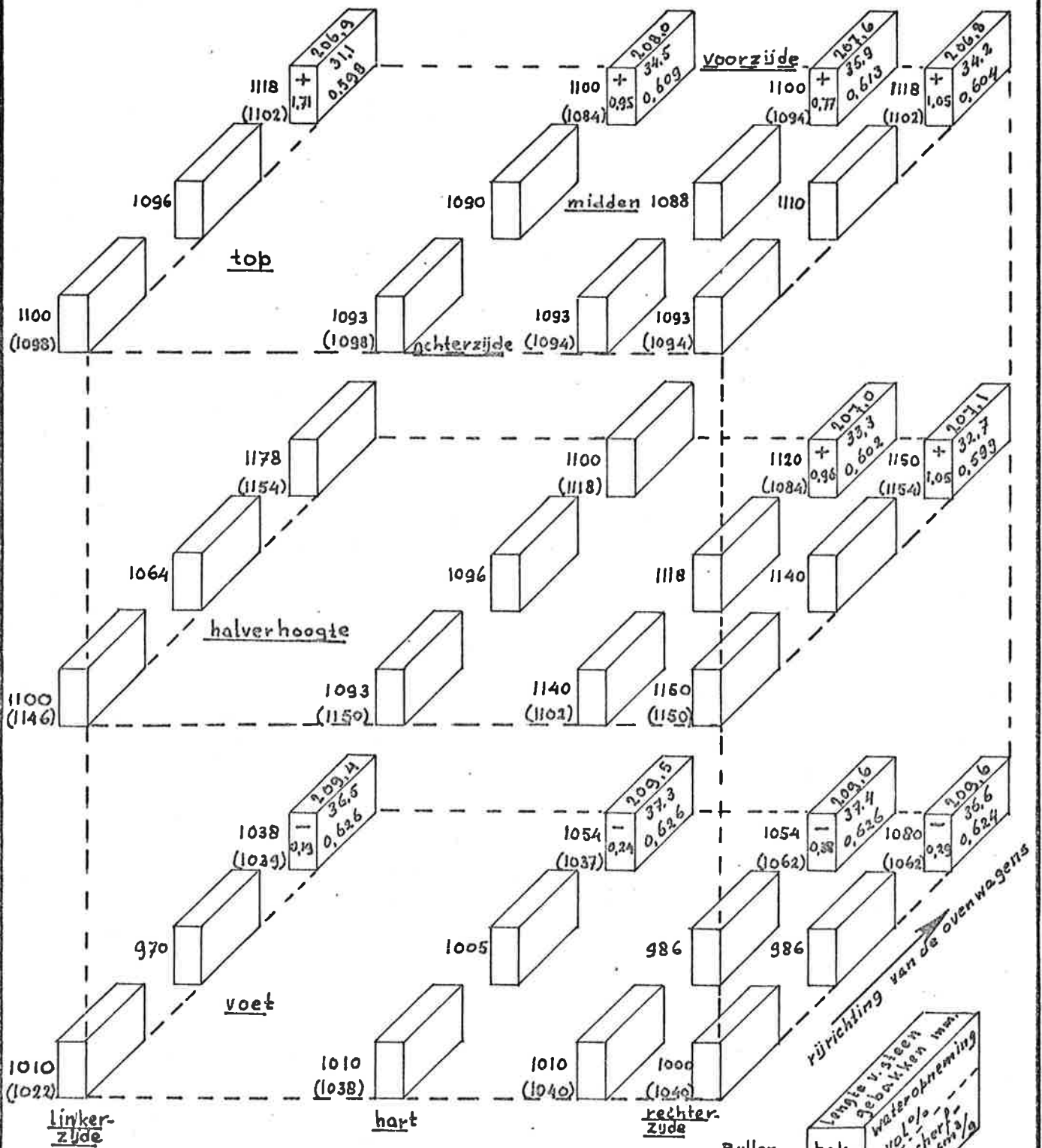
Groeperingswijze van de stenen opeen tunnelovenwagen bij meting III (mrt '71).
TUNNELOVENMETINGEN 70/71.

C.T.I. TNO
Werkgr. Grofkeramiek
doss. nr. 3572 G 2412
FIG. 3



temperatuurverdeling in een aan een stooksleuf
 grenzend blad stenen van een ladingeenheid van een
 tunnelovenwagen. (Bullerringtemperaturen) Meting dd. dec '70

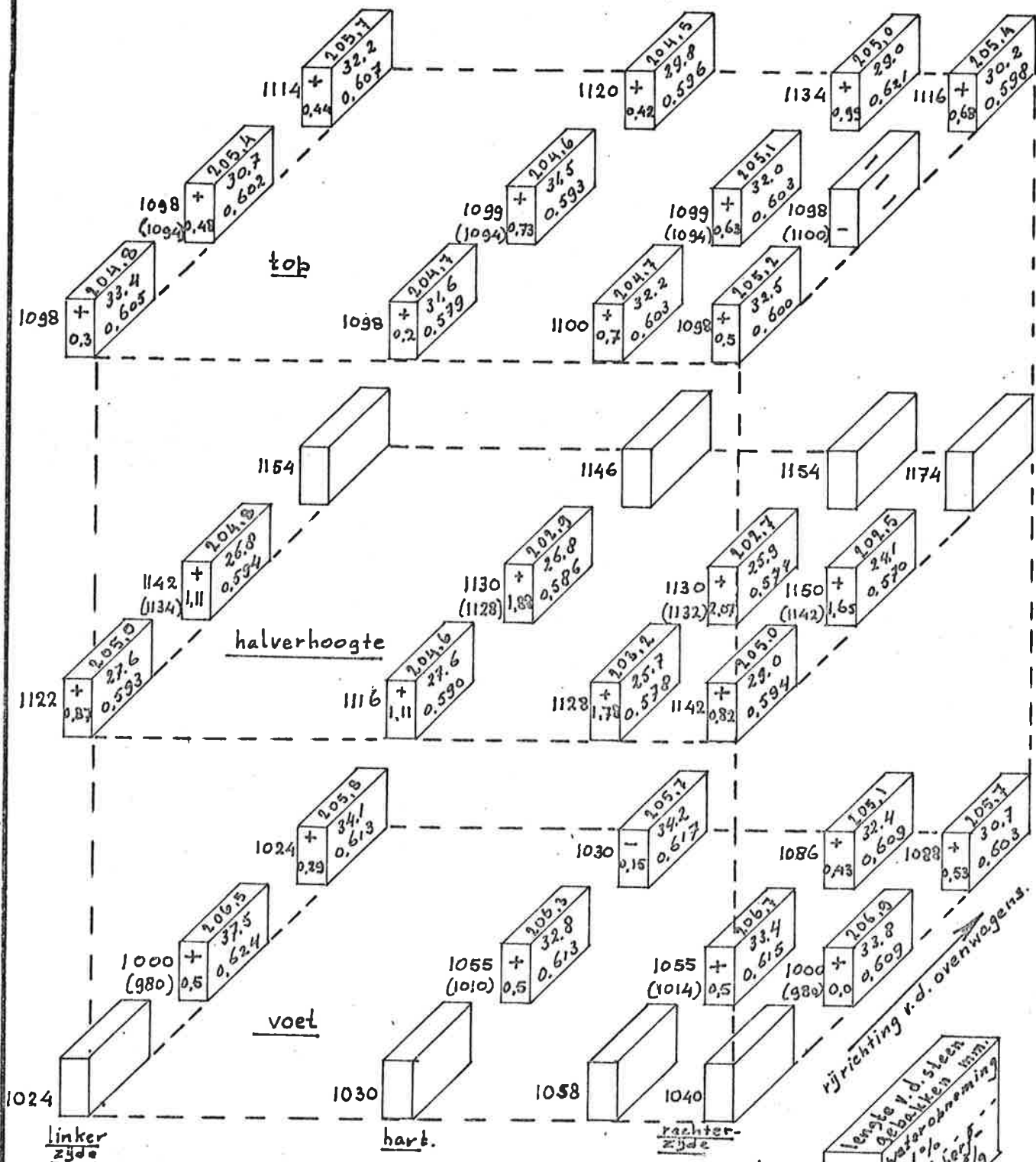
C.T.I. TNO
 Werkgr. Grofkeramiek
 dossier 3572 G 2412
 Fig. 4



Opmerking: De tussen haakjes geplaatste Buller-ring temperaturen hebben betrekking op de eerstvolgende ladingeenheid.

schema van een ladingeenheid van een tunnelovenwagen met de posities van de getrokken monsters en weergave van de gevonden eigenschappen. Meting I, okt.'70

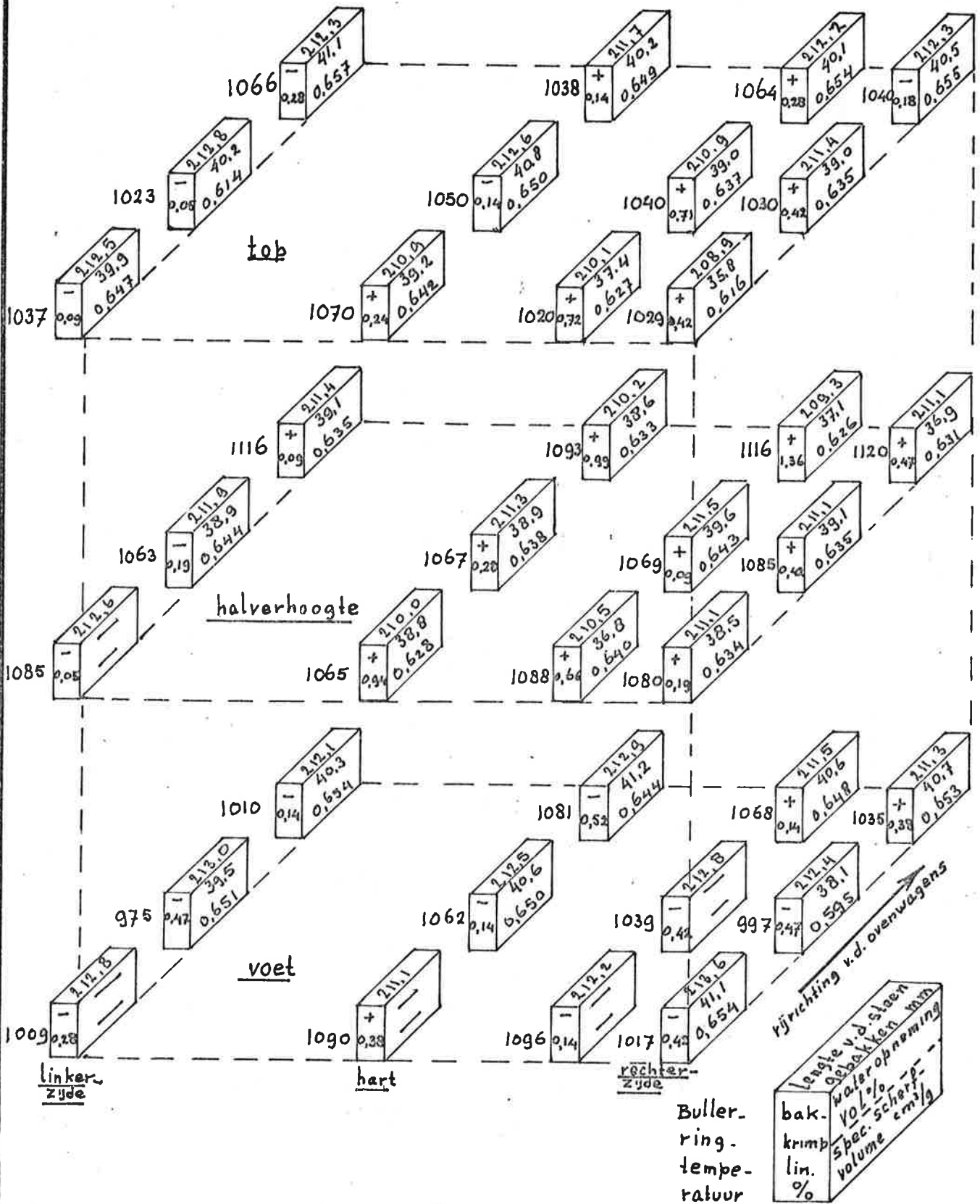
C.T.I. TNO
Werkgr. Grofkeramiek
Fig. 5 dussnr. 35729



Opmerking: De tussen haakjes geplaatste Bullerring-temperaturen hebben betrekking op de eerstvolgende ladingeenheid.

schema van een ladingeenheid van een tunneloverwagen met de posities van de getrokken monsters en weergave van de gevonden eigenschappen Meting II, dec. '70

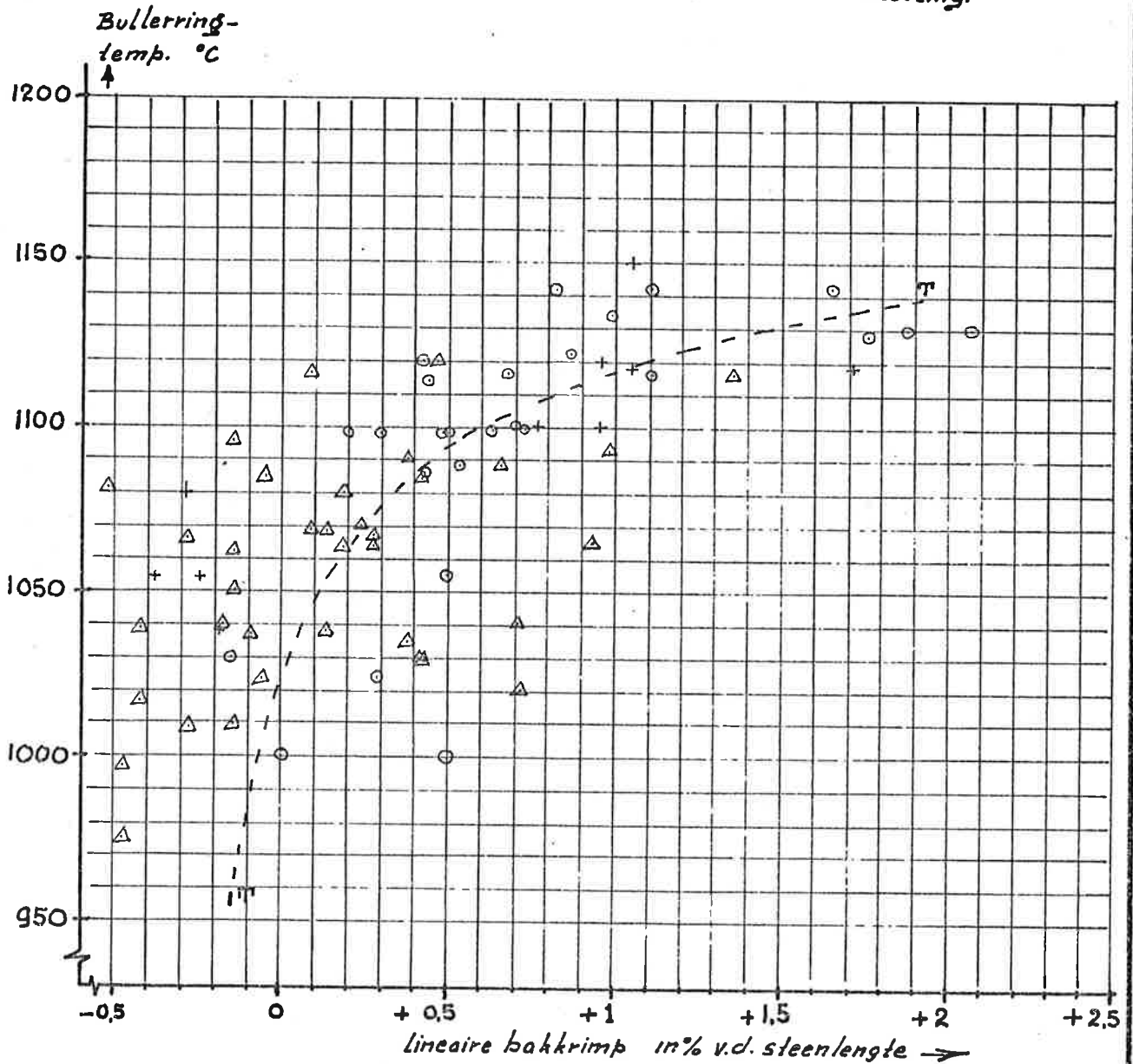
C.T.I. TNO
 Werkgr. Grofkeramiek
 doss.nr. 3572 G 2412
 FIG. 6



schema van een ladingeenheid van een tunnelorenwagen met de posities van de getrokken monsters en weergave van de gevonden eigenschappen *Meting III, mrt. 71*

C.T.I. TNO
 Werkgr. Grofkeramiek
 doss. nr 3572 G 2412
 FIG. 7

+ . meting I
 ○ . " II
 △ . " III
 curve T : voorbeeld van het
 verband tussen Buller-
 ringtemperatuur en
 lineaire bakkrimp bij
 constante kleisamen-
 stelling.



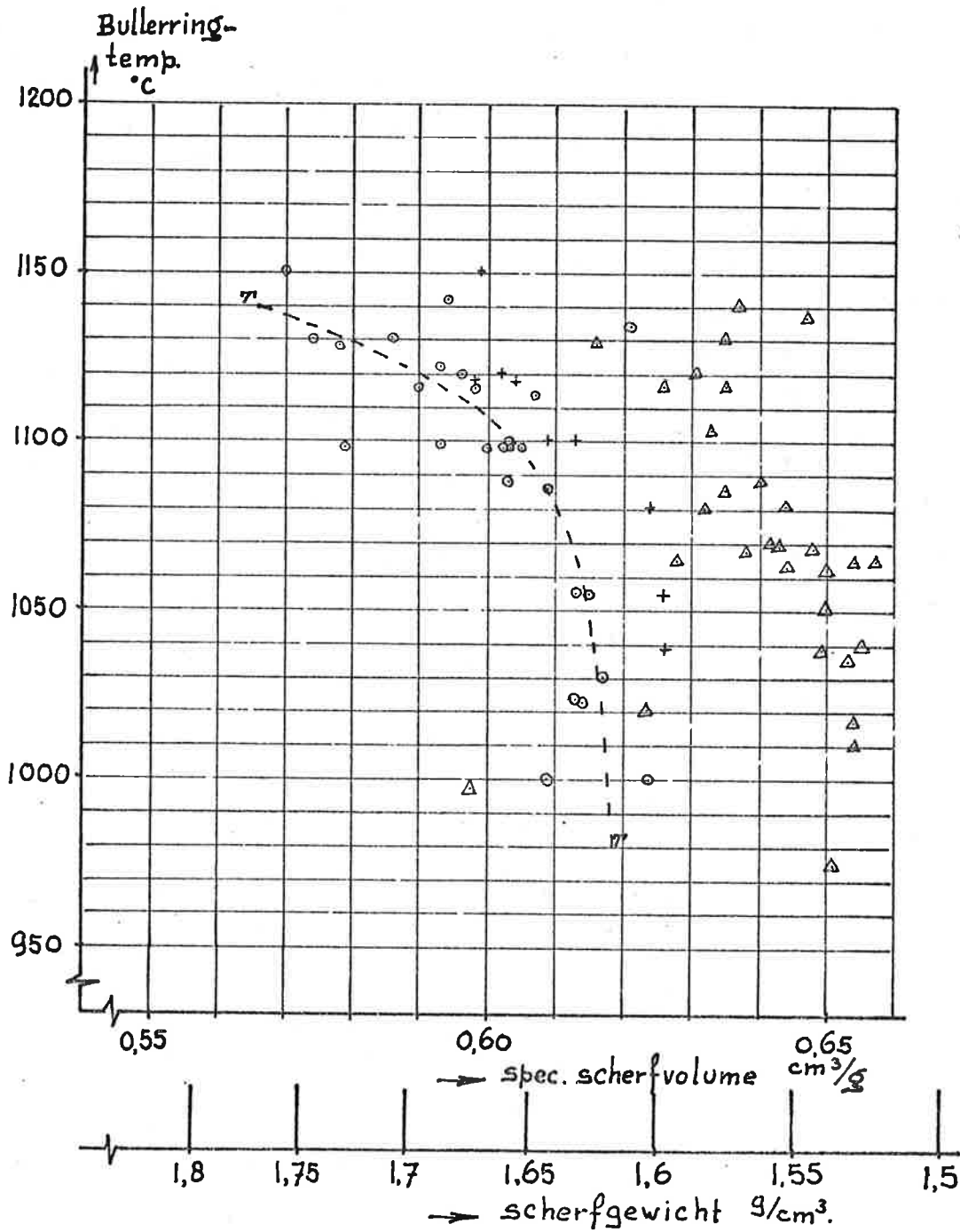
Bullerringtemperatuur — lineaire bakkrimp

TUNNELOVENMETINGEN 70/71

C.T.I. TNO
 werkgroep Grofkeramiek
 doss.nr. 3572 G 2412.

FIG. 9.

+ . meting I
 o . " II
 Δ . " III
 curve T, voorbeeld van het
 verband tussen Bullerring-
 temperatuur en spec. scherf-
 volume bij constante klei
 samenstelling.



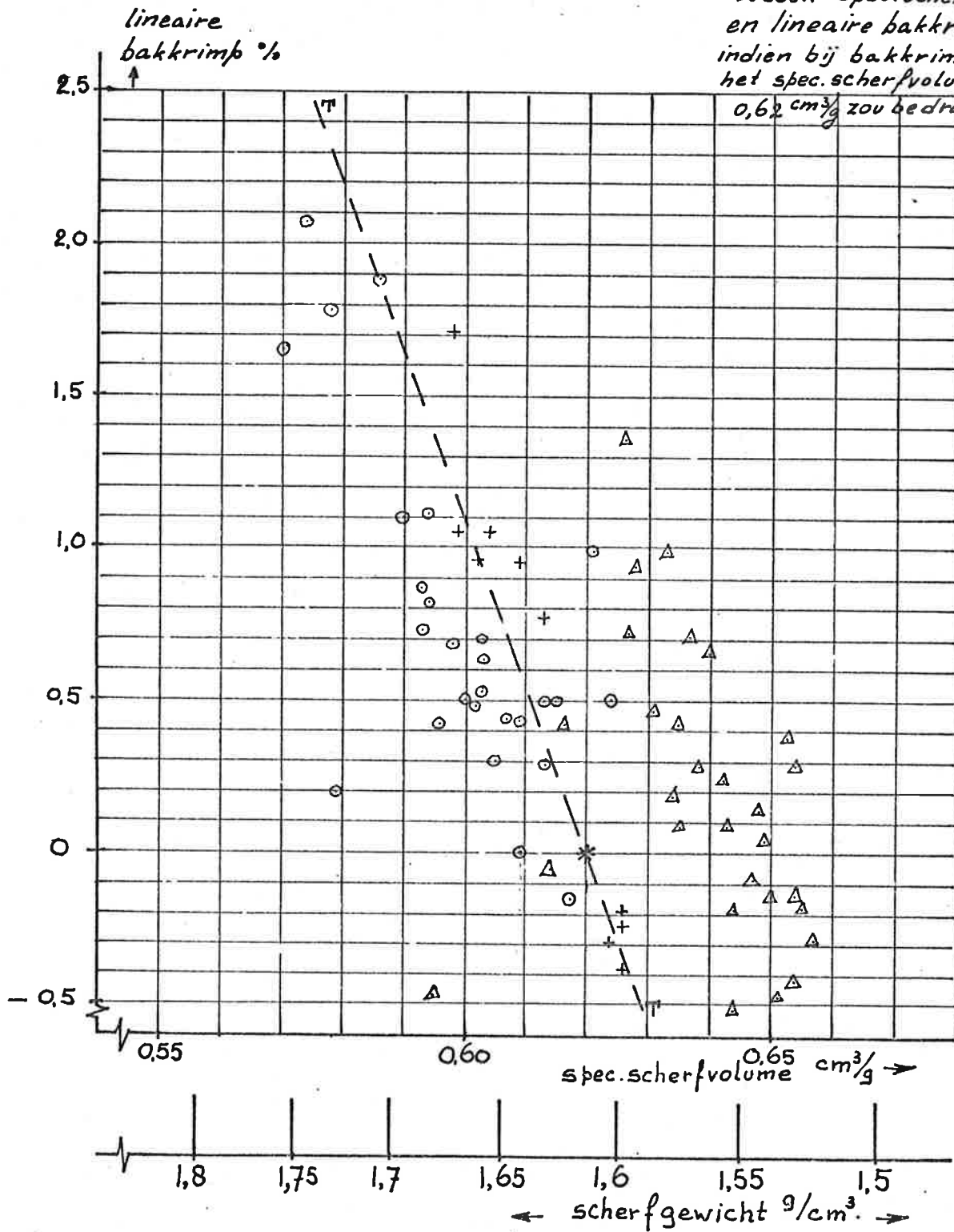
Bullerringtemperatuur — specifiek scherfvolume
 — scherfgewicht.

TUNNELOVENMETINGEN 70/71.

C.T.I. TNO
 Werkgroep Grofkeramiek
 doss.nr. 3572 G 2412

Fig. 10

+ = meting I
 ○ = " II
 Δ = " III
 lyn T = theoretisch verband
 tussen spec. scherfvolume
 en lineaire bakkrimp,
 indien bij bakkrimp 0%,
 het spec. scherfvolume
 0,62 cm³/g zou bedragen.

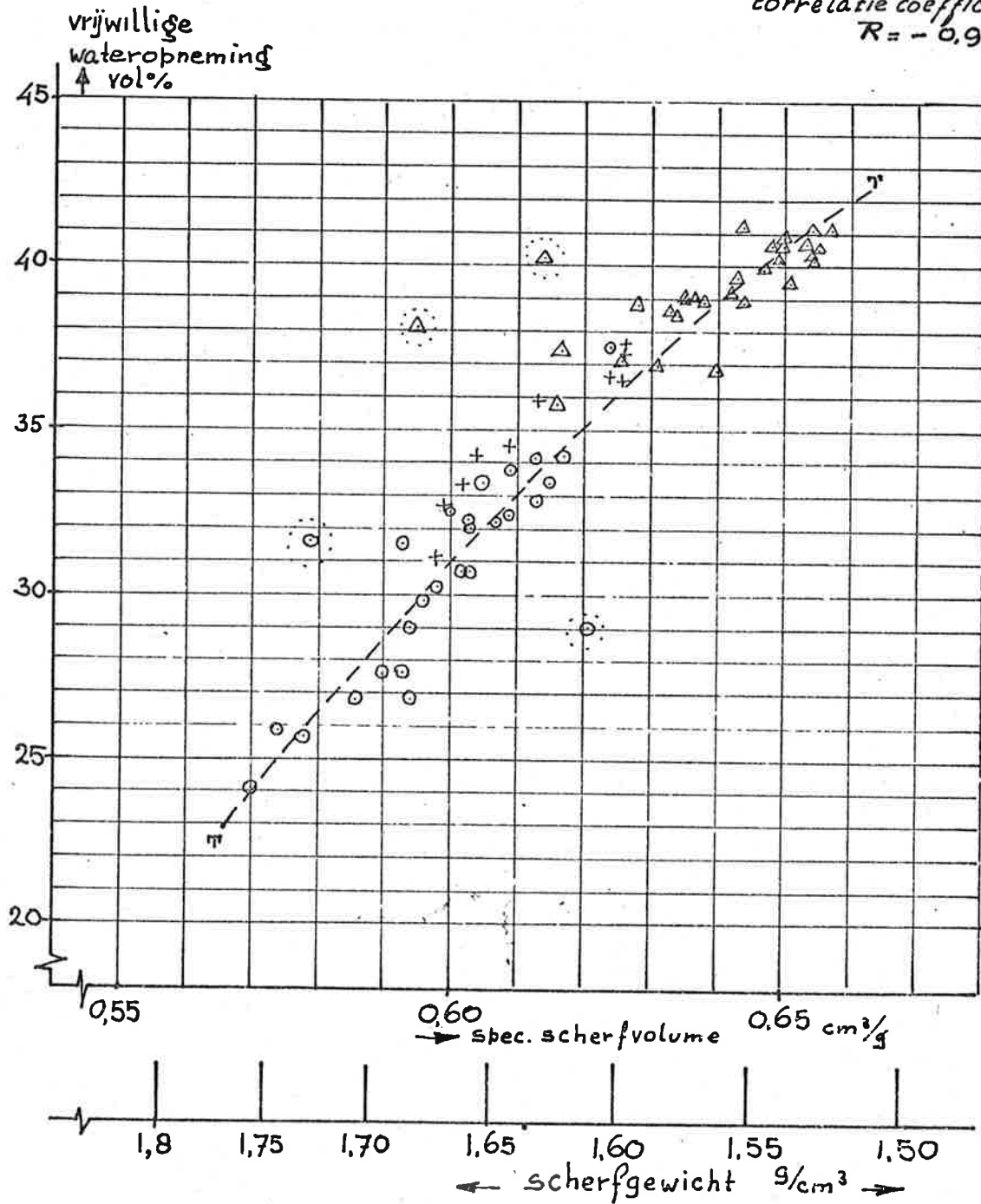


lineaire bakkrimp — specifiek scherfvolume
 — scherfgewicht
 TUNNELOVENMETINGEN 70/71.

C.T.I. TNO
 werkgr. Grofkeramiek
 doss. nr. 3572G2412
 FIG. 11

- + = meting I
- = meting II
- △ = meting III
- ⊙ = uit bijters.

curve T = de vrijwillige wateropneming in vol% blijkt recht evenredig met het scherfgewicht
 correlatie coëfficiënt: $R = -0,94$.



vrijwillige wateropneming — spec. scherfvolume
 — scherfgewicht

TUNNELOVENMETINGEN 70/71.

CTI. TNO
 Werkgr. Grofkeramiek
 doss. nr 3572 G 2412.
 FIG: 12

Tabel 2

Gemiddelde temperatuur- verschillen	Meting I		Meting II		Meting III	
	ge- middeld	afwij- 3) king	ge- middeld	afwij- 3) king	ge- middeld	afwij- 3) king
<u>verticale doorsnede</u>						
eerste linkerzijde van lading	1075	S + 4	1086	S - 6	1043	S - 25
et van lading	1071	S	1092	S	1068	S
eerste rechterzijde van lading	1092	S + 21	1101	S + 9	1048	S - 20
<u>verticale doorsnede 1) 2)</u>						
voorblad van ladingeenheid	1097	S + 29	1116	S + 25	1073	S + 24
middenblad van ladingeenheid	1069	S	1091	S	1049	S
achterblad van ladingeenheid	1076	S + 7	1090	S - 1	1062	S + 13
<u>horizontale doorsnede 1)</u>						
et van lading op <u>wagenvloer</u>	1021	S - 102	1049	S - 92	1054	S - 33
verhoogte van lading	1123	S	1141	S	1087	S
op van de lading (op één na hoogste kanteling)	1098	S - 25	1107	S - 33	1042	S - 45
<u>verticale doorsnede 1) 2)</u>						
voorblad van volgende ladingeenh.	1089	-	-	-	-	-
middenblad van volgende lading- eenh.	-	-	1077	-	-	-
achterblad van volgende lading- eenh.	1090	-	-	-	-	-

Opmerkingen:

De linkerzijde van de lading werd niet meegerekend bij het bepalen van het gemiddelde.

Onder "voorblad" wordt verstaan het voorste blad, gezien in de richting waarin de ovenwagen zich in de oven beweegt.

In de kolommen "afwijking" treft men de afwijking aan ten opzichte van de met "S" gemerkte standaardwaarde.