

TNO-rapport
95-CVB-R1167

BEPALING VAN DE BRANDWERENDHEID VAN EEN VLOER-PLAFOND
CONSTRUCTIE OPGEBOUWD UIT BETONNEN VLOERELEMENTEN,
STALEN LIGGERS EN EEN VERLAAGD PLAFONDSYSTEEM BE-
STAANDE UIT ROCKFON PLAFONDPLATEN EN EEN ZICHTBAAR
OPHANGSYSTEEM, FABRIKAAT MAARS

TNO Bouw

Centrum voor Brandveiligheid

Lange Kleiweg 5, Rijswijk
Postbus 49
2600 AA Delft

Datum: Oktober 1995

Telefoon 015 284 20 00
Fax 015 284 39 90
Telex 38270

Auteur(s): F.A.J. van Gils
Ing. P.W. van de Haar

Opdrachtgever:
Rockfon B.V.
T.a.v. S. Vroomen
Postbus 1160
6040 KD ROERMOND

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

Projectnaam: Brandwerendheid
Projectnr. : 05.20.6.7095/122

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

Pagina's : 9
Tabellen : -
Figuren : 12
Bijlagen : 1
Foto's : 2

©1995 TNO

Thema : 202, 222

WP-onderwerp : M

Trefwoord(en): Brandwerendheid, vloer/plafond systeem

TNO Bouw verricht onderzoek en geeft advies over
bouwvraagstukken, voornamelijk in opdracht van onder meer
de overheid, grote en kleine ondernemingen in de bouw,
toeleveringsbedrijven en branche-instellingen.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de
Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

1 ONDERWERP

Een vloer/plafond constructie opgebouwd uit grindbetonnen vloerelementen met stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond, bestaande uit Rockfon plafondplaten en een zichtbaar ophangstelsel van T-profielen, fabrikaat Maars.

2 ONDERZOEK

Brandwerendheid volgens NEN 6069:1991

3 OPDRACHTGEVER

Rockfon B.V.
Postbus 1160
6040 KD ROERMOND

4 PLAATS EN DATA BETREFFENDE HET ONDERZOEK

Het onderzoek vond plaats in het laboratorium van het Centrum voor Brandveiligheid van TNO Bouw te Rijswijk.

De vloer/plafond constructie werd gemonteerd op 22 september 1995.

De brandproef werd uitgevoerd op 27 september 1995.

5 DATUM EN NUMMER RAPPORT

Oktober 1995 nr. 95-CVB-R1167.

6 ONDERZOCHE CONSTRUCTIE

6.1 Algemeen

Onderzocht werd een vloer/plafond constructie, opgebouwd uit grindbetonnen vloerelementen, stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond, afmetingen ca 3,1 x 4,0 m.

Het verlaagde plafond bestond uit akoestische plafondplaten, type Fibral Wit, fabrikaat Rockfon en een zichtbaar ophangstelsel van T-profielen, type API Quick-Lock, fabrikaat Maars Produktie B.V. Zie Fig. 1 en 2.

Hierna worden alle toegepaste onderdelen beschreven. De cijferaanduiding tussen haakjes in de marge komt overeen met de nummering in figuur 2.

6.2 Materialen

6.2.1 Ophangstelsysteem API Quick-Lock, zie fig. 2 en 3

De plafondprofielen waren vervaardigd uit koudgewalst thermisch verzinkt bandstaal.

- (1) Hoofdprofiel, type API Quick-Lock 24, hoofdafmetingen $h \times b = 38 \times 24$ mm, materiaaldikte 0,4 mm. Per hoofdprofiel één koppeling en één 'Fire-break'. Cap aan zichtzijde wit, materiaaldikte 0,2 mm.
- (2) Tussenstuk, type API Quick-Lock 24 RE, hoofdafmetingen $h \times b = 38 \times 24$ mm, materiaaldikte 0,3 mm. Cap aan zichtzijde wit, materiaaldikte 0,2 mm.
- (3) Randprofiel, type API Quick-Lock 24, hoofdafmetingen $h \times b = 24 \times 24$ mm, materiaaldikte 0,47 mm.
- (4) Clip, type Caddy 4H58, staal, materiaaldikte 1,2 mm.
- (5) Ophangdraad, staal, diameter 2,0 mm.
- (-) Koppeling bestaande uit het lipvormig uiteinde van twee hoofdprofielen. Het uiteinde van het profiel wordt in een rechthoekige uitsparing van het andere profiel geschoven. Zie detail Q in Fig. 2.

6.2.2 Plafondplaten

- (6) Rockfon plafondplaat, type Fibril, akoestische zelfdragende plaat bestaande uit steenwol met aan de zichtzijde een wit geleverd glasvlies, plaatafmetingen $l \times b \times d = 1200 \times 600 \times 20$ mm. De platen waren van het type 'inleg modulair'.

6.2.3 Ondersteuningsconstructie

Stalen beproevingsframe met een kader van cellenbeton - wanddikte 150 mm - met inwendige afmetingen van 4100 x 3100 mm.

Vier stuks stalen balken IPE 140 h.o.h 900 mm. De lengte van de stalen balken bedroeg 4600 mm, de overspanning $L_t = 4280$ mm.

Zes gewapend grindbetonnen vloerelementen. De afmetingen van de 150 mm dikke vloerelementen bedroegen:

- 3050 x 750 mm (4 stuks);
- 3050 x 600 mm (1 stuks);
- 3050 x 450 mm (1 stuks).

6.2.4 Bevestigingsmiddelen

Gasbetonnagels 5 x 60 mm voor de bevestiging van de randprofielen aan de wand van cellen betonblokken.

6.3 Methode van montage en assemblage

De op- en inbouw van de vloer/plafond constructie vond als hierna beschreven plaats. De nummers tussen haakjes corresponderen met de nummers in paragraaf 6.2. De constructie-opbouw wordt gegeven in de figuren 1 en 2.

- inbouw van het cellenbetonnen kader in het stalen beproevingsframe;
- aanbrengen van de stalen liggers, h.o.h. ca 900 mm, in de lengterichting van het cellenbetonnen kader;

- aanbrengen van de gewapend betonnen vloerelementen op de stalen liggers;
- aanbrengen van steenwol afdichtingsstroken tussen de vloerelementen;
- monteren van de randprofielen (3) aan de binnenzijde van het cellenbetonnen kader met een afstand van 420 mm [MW]¹ van onderzijde betonnen vloerelement tot onderzijde randprofiel m.b.v. gasbetonnagels h.o.h. 210 à 280 mm;
- aanbrengen Caddy clips (4) en ophangdraad (5) volgens Fig. 2. Ophangpunten h.o.h. 1200 mm in de richting van de overspanning van de stalen balken en h.o.h. 900 mm in de richting haaks op de overspanning van de stalen balken als aangegeven in Fig. 1;
- ophangen van de hoofdprofielen (1) aan de ophangdraden, h.o.h. 1200 mm met de plaats van de koppelingen en fire breaks zoals aangegeven in Fig. 1;
- tussenstukken (2) monteren h.o.h. 600 mm;
- aanbrengen van de plafondplaten.

7 VERVAARDIGING VAN DE CONSTRUCTIE

Centrum voor Brandveiligheid
TNO Bouw te Rijswijk

- opbouw cellenbetonnen kader met vloer van stalen liggers en grindbetonnen vloerelementen

Maars Produktie B.V.
te Harderwijk

- produktie en inbouw zichtbaar ophangstelsel API Quick-Lock

Rockfon B.V.
te Roermond

- produktie en inbouw van de plafondplaten

8 WIJZE VAN ONDERZOEK

8.1 Controle proefstuk

Gedurende de inbouw werden de gebruikte materialen en onderdelen alsmede de positie daarvan gecontroleerd aan de hand van de verstrekte tekeningen en gegevens.

8.2 Conditionering

Vanaf de inbouw tot en met de beproeving bevond de onderzochte constructie zich in de beproevingshal van het Centrum voor Brandveiligheid van TNO Bouw

¹ MW = door meting vastgesteld

met als omgevingscondities een temperatuur van $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ en een relatieve vochtigheid van $(50 \pm 10)\%$.

8.3 Bepaling volumieke massa en het evenwichtsvochtgehalte

Van de toegepaste Rockfon plafondplaten en van de betonnen vloerelementen werden op de datum van de brandproef van enkele representatieve monsters de volumieke massa en het vochtgehalte² bepaald.

Rockfon plafondplaat, type Fibril:

volumieke massa: $84,2 \text{ kg/m}^3$

vochtgehalte : $0,5 \%$

Grindbetonnen vloerelementen:

volumieke massa: 2360 kg/m^3

vochtgehalte : $3,4 \%$

8.4 Brandproef

8.4.1 Conditie

Het onderzoek werd uitgevoerd overeenkomstig het gestelde in de norm NEN 6069:1991. Het proefstuk werd éénzijdig aan de onderzijde verhit volgens de standaardbrandkromme.

8.4.2 Belasting

Tijdens de verhitting bedroeg de totale belasting op elk van de balken van de vloer/plafond-constructie $2,25 \text{ kN/m}^2$ (belasting t.g.v. het eigen gewicht van de IPE-liggers en vloerplaten). De belasting is gebaseerd op een kritieke staaltemperatuur van $700 ^\circ\text{C}$ in de liggers.

² Bepaald na droging bij $105 ^\circ\text{C}$

8.4.3 Metingen

Gedurende de verhitting werden gemeten en geregistreerd:

- de gasttemperatuur in de oven met zeven thermokoppels (TOV 1 t/m TOV 7);
- de temperaturen van de onderflenzen van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (Tk 1 t/m Tk 6);
- de temperaturen van de lijven van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (Tk 7 t/m Tk 12);
- de temperaturen in het plenum met vijf thermokoppels (Tk 13 t/m Tk 17);
- de oppervlaktetemperaturen van de bovenzijde van de vloer met vijf thermokoppels (Tk 18 t/m Tk 22);
- de doorbuiging in het midden van de vloer met één verplaatsingsopnemer (VERPL OPN);

De posities van de thermokoppels en de verplaatsingsopnemer zijn gegeven in Fig. 4.

9 WAARNEMINGEN TIJDENS DE VERHITTING

De verhitting werd op verzoek van de opdrachtgever na 37 minuten beëindigd. Bij het beëindigen van de verhitting was nog geen van de criteria m.b.t. de brandwerendheid bereikt en was het plafond nog gesloten.

Voor de gedetailleerde beschrijving van de waarnemingen wordt verwezen naar bijlage A.

10 MEETRESULTATEN BRANDPROEF

De meetresultaten zijn gegeven in de figuren 5 t/m 12.

11 SAMENVATTING

In tabel 1 zijn de belangrijkste resultaten van het onderzoek gegeven.

Tabel 1 Samenvatting beproevingsresultaten

criterium	Tijdsduur gerekend vanaf het begin van de verhitting gedurende welke nog juist aan het criterium werd voldaan
Bezwijken	> 37 minuten
Vlamdichtheid betrokken op de af-dichting	> 37 minuten
Thermische isolatie betrokken op de temperatuur	> 37 minuten

12 CONCLUSIE

Brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie én met betrekking tot bezwijken van de vloer/plafond constructie, bepaald volgens NEN 6069:1991: ten minste 37 minuten.

13 TOEPASSINGSGEBIED EN VOORWAARDEN

De conclusie geldt uitsluitend voor vloer/plafond-constructies welke in detail gelijk zijn aan de onderzochte constructie en met:

- a. andere stalen vloerliggers, mits de profielfactor $P = O_s/A$ daarvan gelijk is aan of kleiner is dan die van de bij de onderzochte vloer toegepaste IPE-profielen ($O_s/A \leq 291 \text{ m}^{-1}$)³⁾. Grotere overspanningen zijn toegestaan mits voldaan wordt aan het gestelde onder c.
- b. met dunnere platen van grindbeton mits wordt aangetoond dat bij een directe verhitting volgens de temperatuur-tijd relatie als gegeven in Fig. 11 (zie toelichting 1):
 - voldaan wordt aan het criterium thermische isolatie betrokken op de temperatuur;
 - de platen niet bezwijken ten gevolge van de in de praktijk aanwezige momentane veranderlijke belasting voor het geval brand.

Toelichting:

Van deze controle kan op grond van Bijlage A van NEN 6071 worden afgezien indien de plaatdikte ten minste 65 mm bedraagt en de wapeningsafstand "a" ten minste 15 mm.

- c. met een totale belasting (t.g.v. eigen gewicht en momentane veranderlijke belasting) op de liggers voor het belastinggeval brand van ten hoogste $2,25 \text{ kN/m}^2$.
Grotere belastingen en/of grotere overspanningen zijn echter toegestaan (zie toelichting 2).

Toelichting 1:

Bij een vloerafdekking met een hogere isolatiewaarde dan die van de toegepaste grindbetonplaten kunnen hogere spouw- en staaltemperaturen optreden dan gemeten. Om deze reden geldt de conclusie niet als de stalen draagconstructie wordt afgedekt met grindbetonplaten dikker dan 150 mm, cellenbetonplaten of met een houten vloer.

Toelichting 2:

Bezwijken van de stalen vloerliggers moet worden verwacht indien de temperatuur van de stalen liggers (θ_s) de kritieke staaltemperatuur (θ_{krit}) bepaald volgens NEN 6072 overschrijdt.
Voor profielen met een profielfactor $< 291 \text{ m}^{-1}$ zullen de optredende staaltemperaturen kleiner zijn dan de gemeten staaltemperaturen. De kritieke

³⁾ Zie NEN 6072.

staaltemperatuur hangt af van de belastinggraad en het statisch systeem⁴⁾, maar is in alle gevallen groter dan de maximale staaltemperatuur gemeten bij 37 minuten.

14 UITBREIDING TOEPASSINGSGEBIED

Naar de mening van TNO Bouw geldt de conclusie tevens indien:

- Identieke plafondplaten worden toegepast als het onderzochte type Fibril Wit met als enige variant een andere kleur en/of structuurafwerking op het mineraal vlies aan de zichtzijde.
- Identieke plafondplaten als het onderzochte type Fibril Wit in de maat 600 x 600 x 20 mm worden toegepast met bijbehorende extra tussenprofielen type API Quick-Lock RE.

d.a.



F.A.J. van Gils



Ing. P.W. van de Haar

⁴⁾ Zie NEN 6072.

Overzicht figuren en foto's

- Fig. 1: Plattegrond en doorsneden van het proefstuk.
- Fig. 2: Opbouw plafondconstructie; IPE-ligger met het ophangstelsel.
- Fig. 3: Details hoofdprofiel en tussenstuk.
- Fig. 4: Het proefstuk met de posities van de thermokoppels en de verplaatsingsopnemer.
- Fig. 5: Gemeten gastemperaturen in de oven.
- Fig. 6: Relatieve afwijking tussen de gerealiseerde gemiddelde temperaturen in de oven en de standaardbrandkromme alsmede de toegestane afwijking.
- Fig. 7: Gemeten temperaturen van de onderflens van de stalen liggers.
- Fig. 8: Gemeten temperaturen van het lijf van de stalen liggers.
- Fig. 9: Gemeten luchttemperaturen in het plenum.
- Fig. 10: Gemiddelde luchttemperatuur in het plenum.
- Fig. 11: Gemeten oppervlaktetemperaturen van de bovenzijde van de vloer.
- Fig. 12: Gemeten doorbuiging van het midden van de vloer.
- Foto 1: Wandprofiel en ophangstelsel.
- Foto 2: Vloer/plafond constructie tijdens de opbouw.

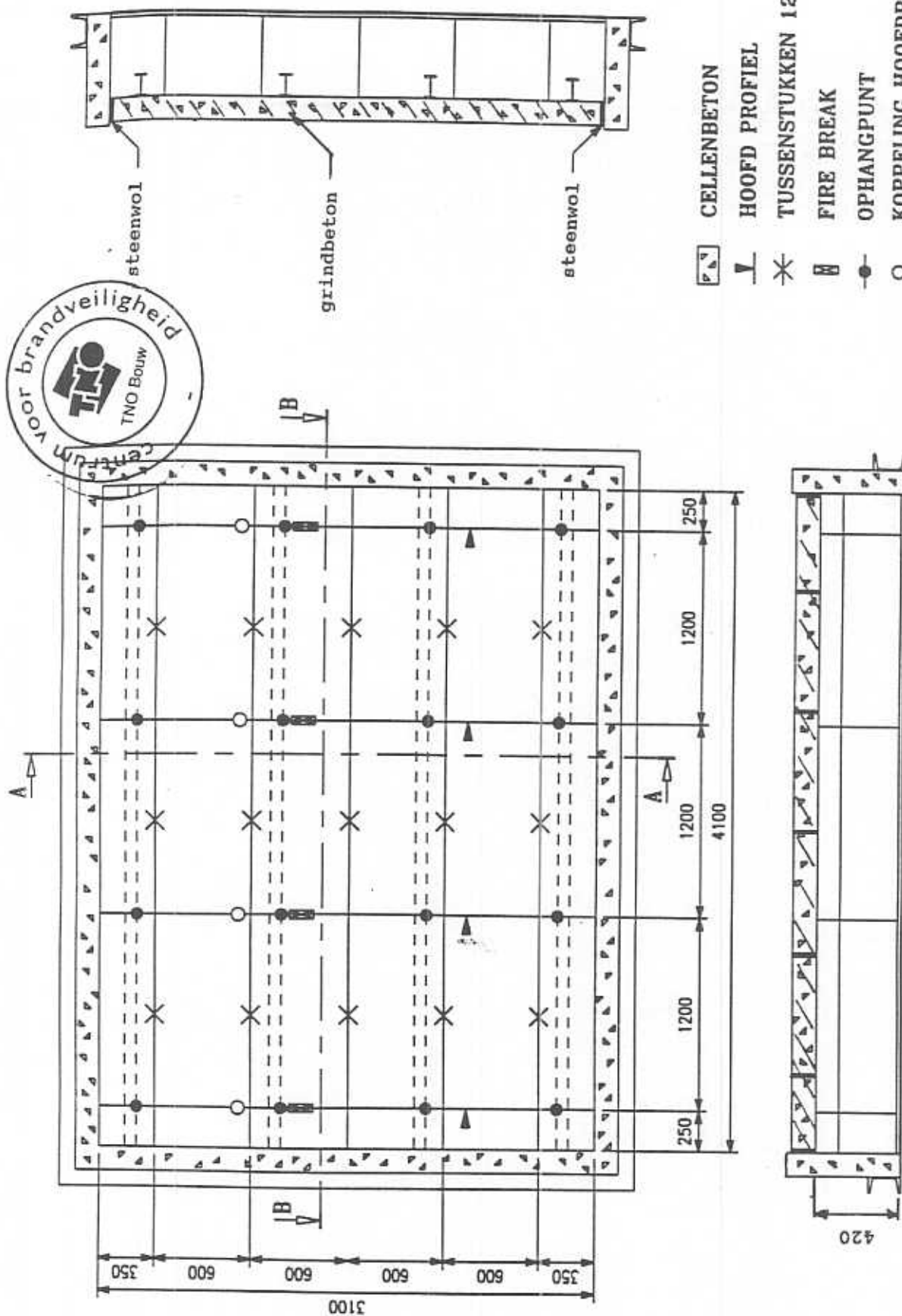
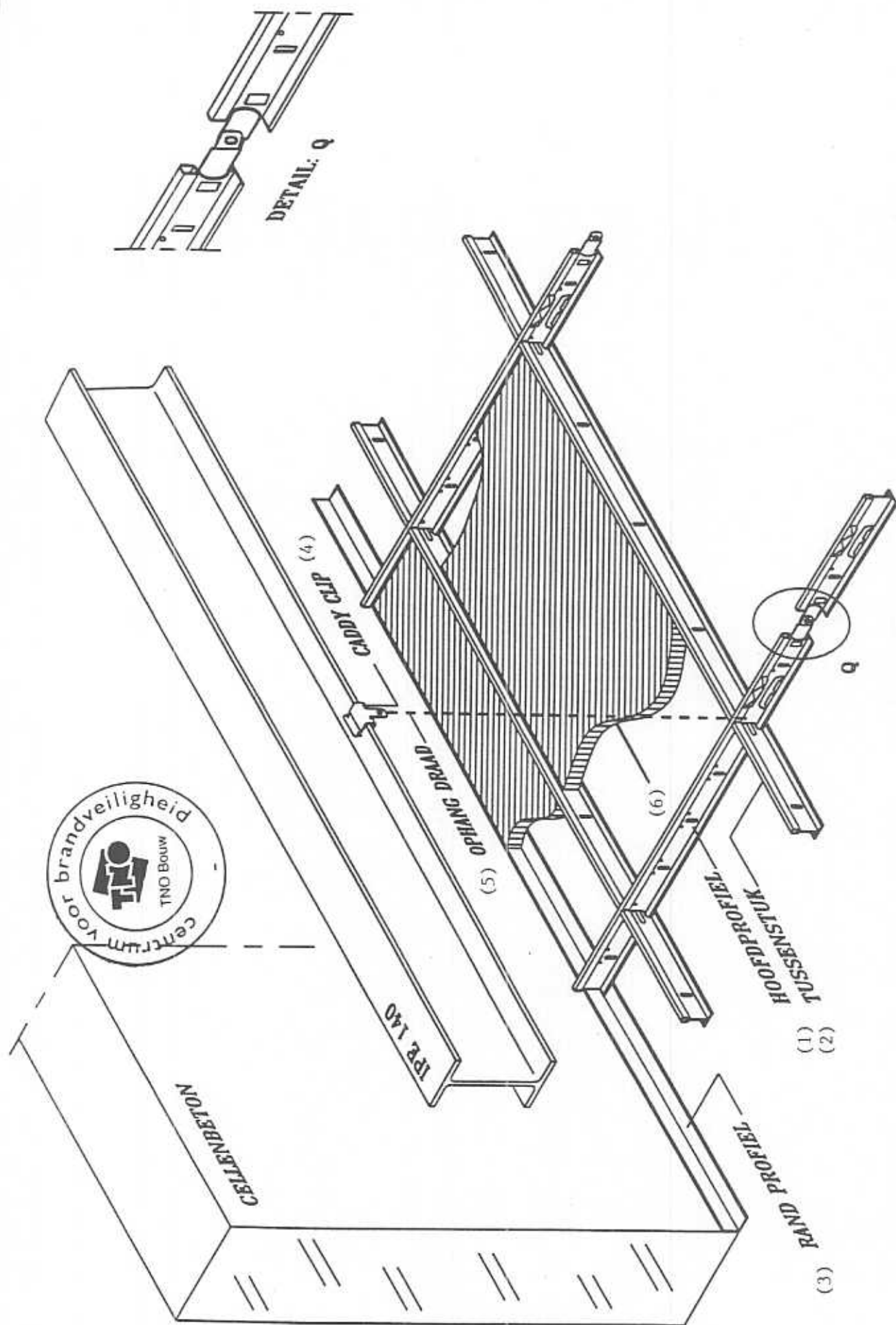


Fig. 1: Plattegrond en doorsneden van het proefstuk.

 LIJNEN	MAARS PRODUCTIE BV HELDENWEG 1, P.B. 1000 3840 BA HARDERWIJK TELEFOON 03410-63211 FAX 03410-14024 TELEX 70975	REVISIE: -----			
	PROJECT: 	MAINTENANCE: mm	SCHALIC: 1:23	MATERIAL: -----	
				DATE: 04-09-1993	
		DET. F.5	CEL	FORM: A3	MTD.
TOEGELIJD: 4 0,5 mm TIKZU AKERS VERBOD				ANT. NR.	TEL. NR.
BETREFT: API QUICK- LOCK 24 mm				BRANDI	



MONTAGEOVERZICHT ROCKFON EN API QUICK - LOCK

Fig. 2: Opbouw plafondconstructie; IPE-ligger met het ophangstelsel.

Technical drawing of a door assembly, showing a cross-section and a top view.

Cross-section (Left): Shows the door frame, door leaf, and handle. Dimensions include 75 mm for the frame thickness and 150 mm for the door leaf thickness. The text "ect." is visible at the bottom right of the cross-section.

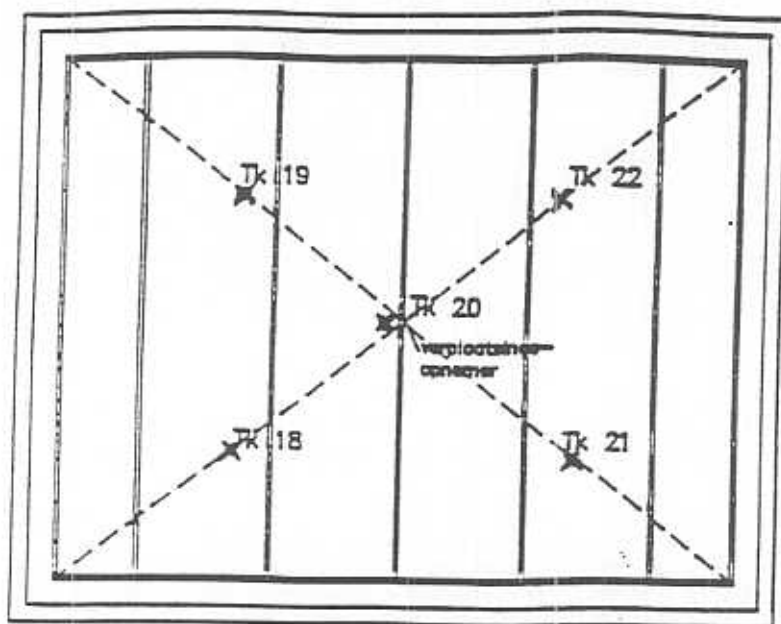
Top view (Right): Shows the door's width and height dimensions. The width is divided into four equal segments of 300 mm each, totaling 1200 mm. The height is 1200 mm. The text "ect." is visible at the bottom right of the top view.

Logo: A circular logo for "Centrum voor brandveiligheid TNO Bouw" is overlaid on the drawing.

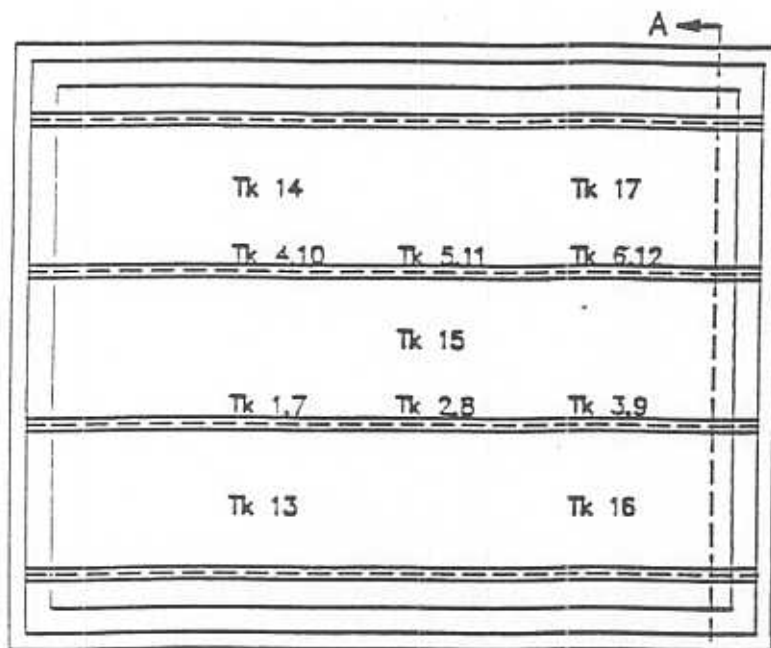
Text: Tussenstuk, type: API QUICK – LOCK RE

Fig. 3: Details hoofdprofiel en tussenstuk.

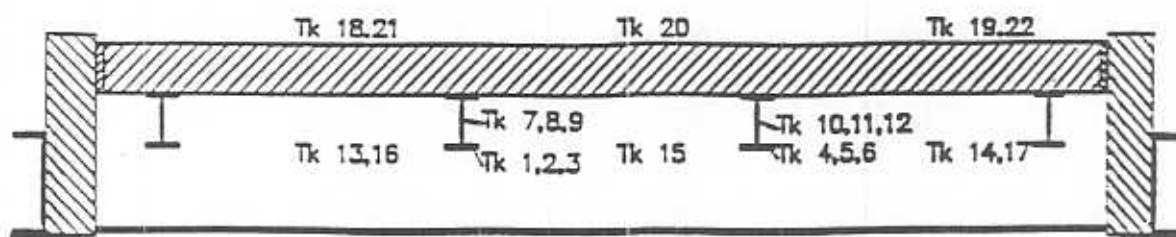
 MAARS	MAARS PRODUKTIE BV NEWTONWEG 1,P.B. 1000 3840 BA HARDERWIJK TELEFOON 03410-65211 FAX 03410-14024 TELEX 70975	REVISIE: ----- MAATEENHEID: mm PROJECTIE: 	SCHAAAL: 1:1 DATUM: 04-09-1995 GET. F.S. GEK.	MATERIAAL: -----
	TOLERANTIES: ± 0.5 mm TENZIJ ANDERS VERMELD BETREFT: <i>API QUICK-LOCK</i>			
ART. NR. ----- TEK. NR. ----- BRAND 2			FORMAAT: A4 AFD. <i>P.O.</i>	



Bovenaanzicht vloer



Bovenaanzicht stalen balken



Doorsnede AA

Fig. 4: Het proefstuk met de posities van de thermokoppels en de verplaatsingsopnemer.

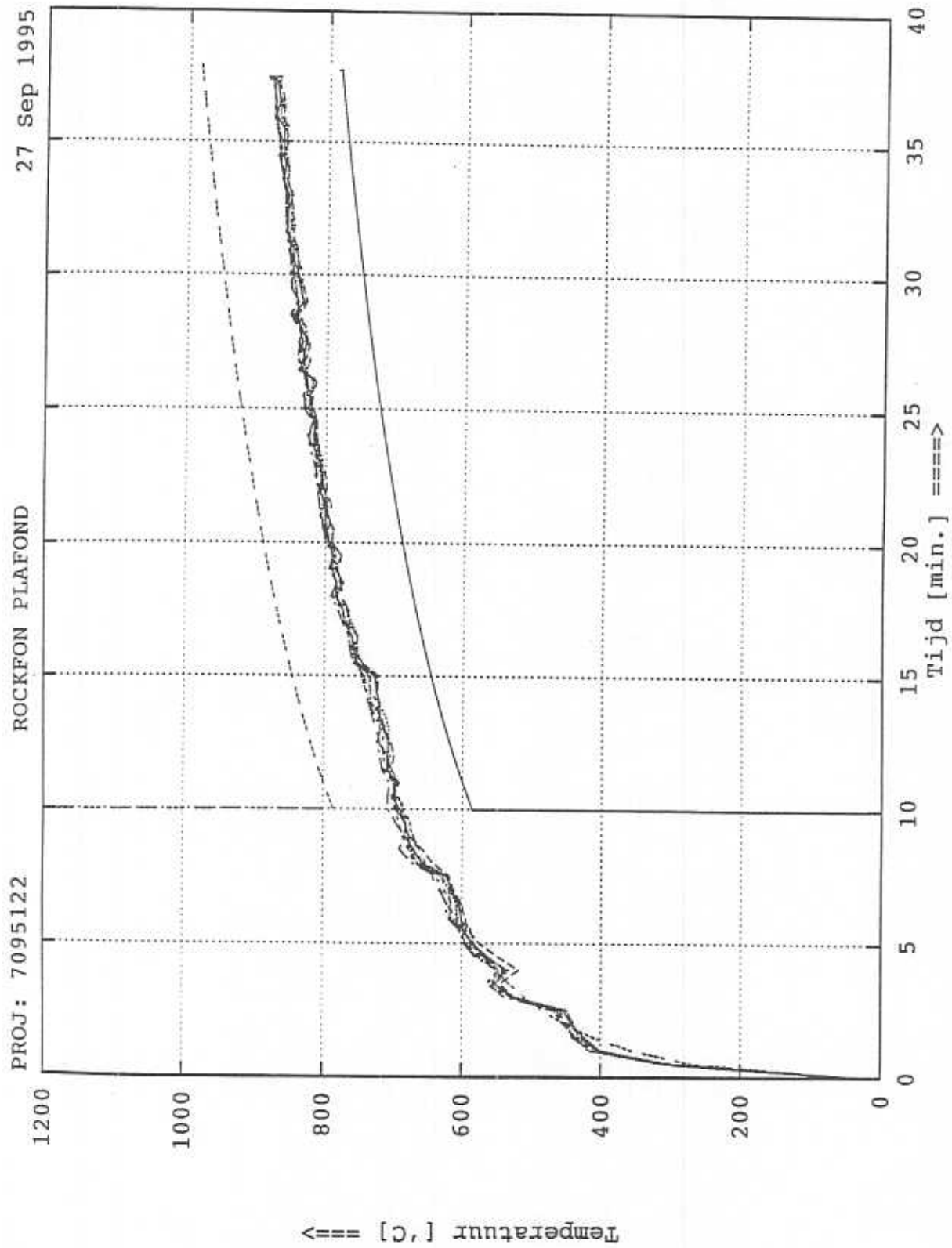


Fig. 5: Gemeten gastemperaturen in de oven.

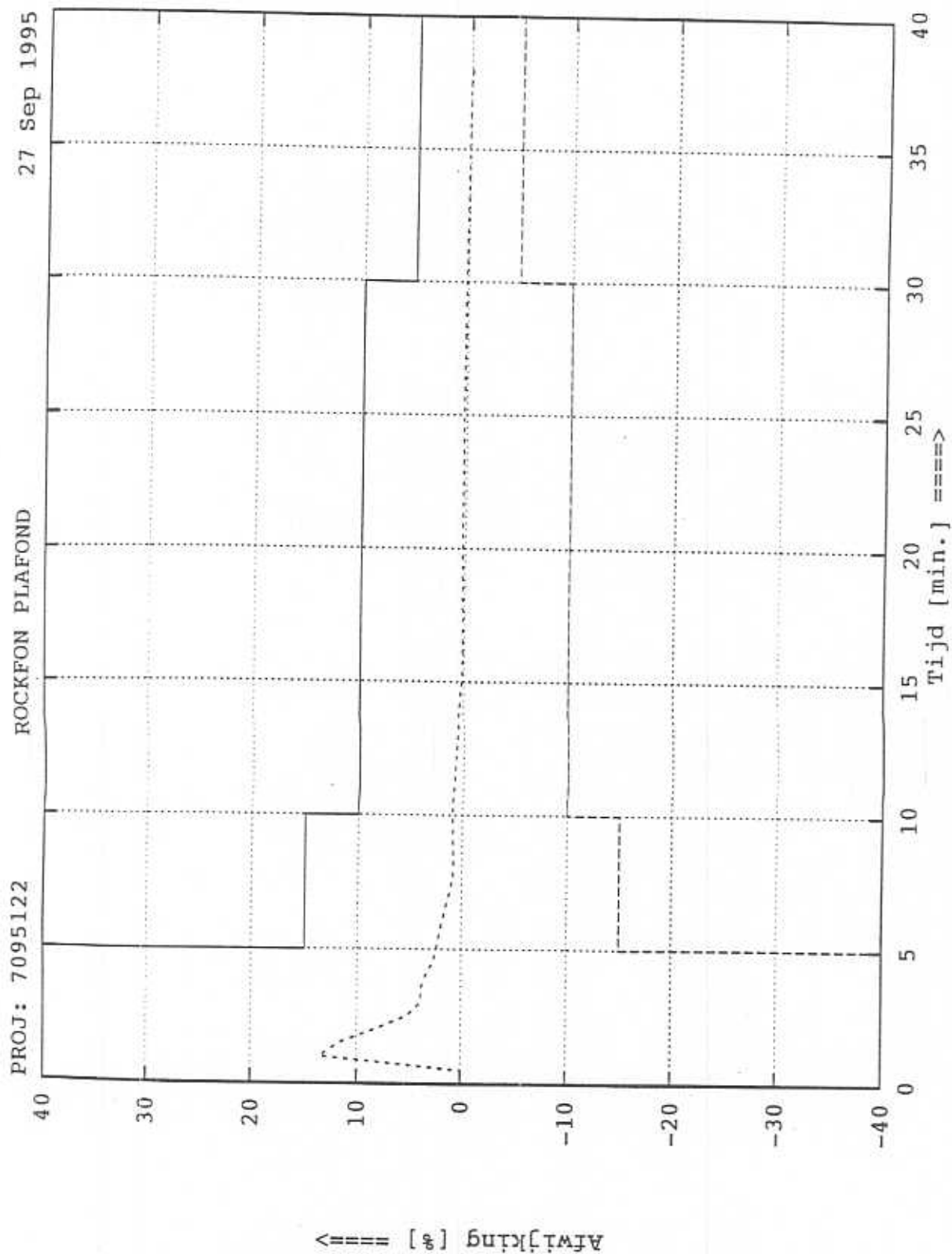


Fig. 6: Relatieve afwijking tussen de gerealiseerde gemiddelde temperaturen in de oven en de standaardbrandkromme alsmede de toegestane afwijking.

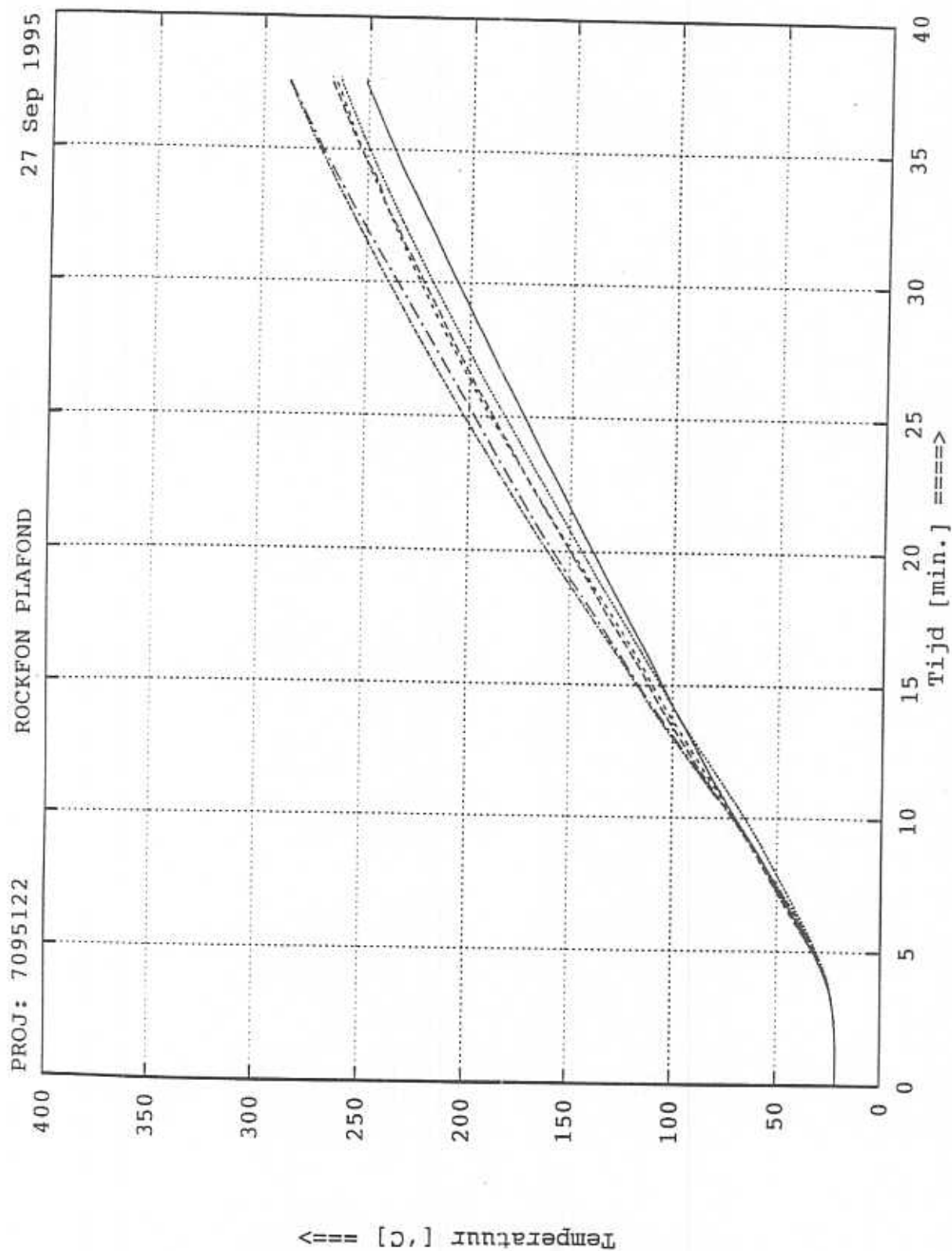


Fig. 7: Gemeten temperaturen van de onderflens van de stalen liggers.

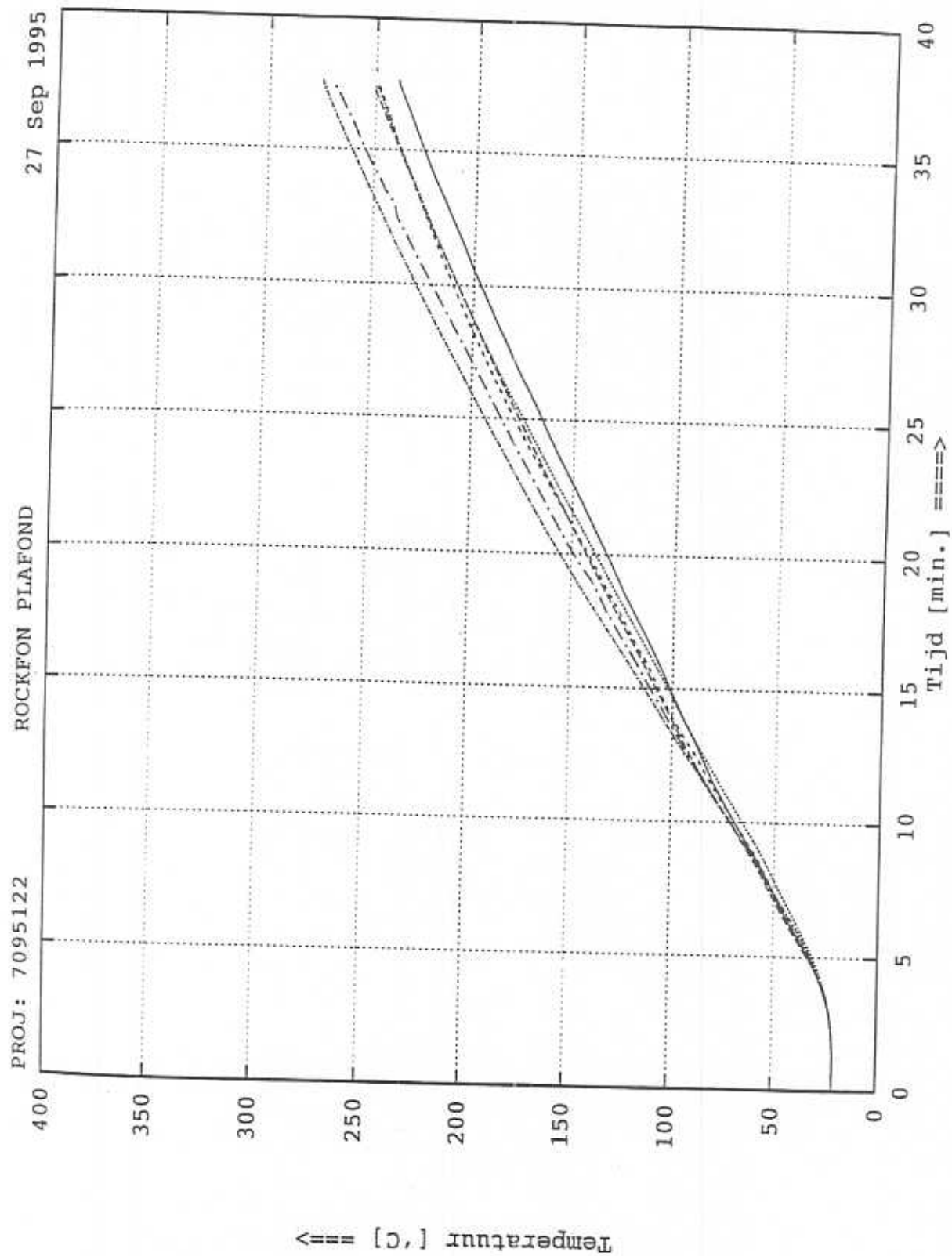


Fig. 8: Gemeten temperaturen van het lijf van de stalen liggers.

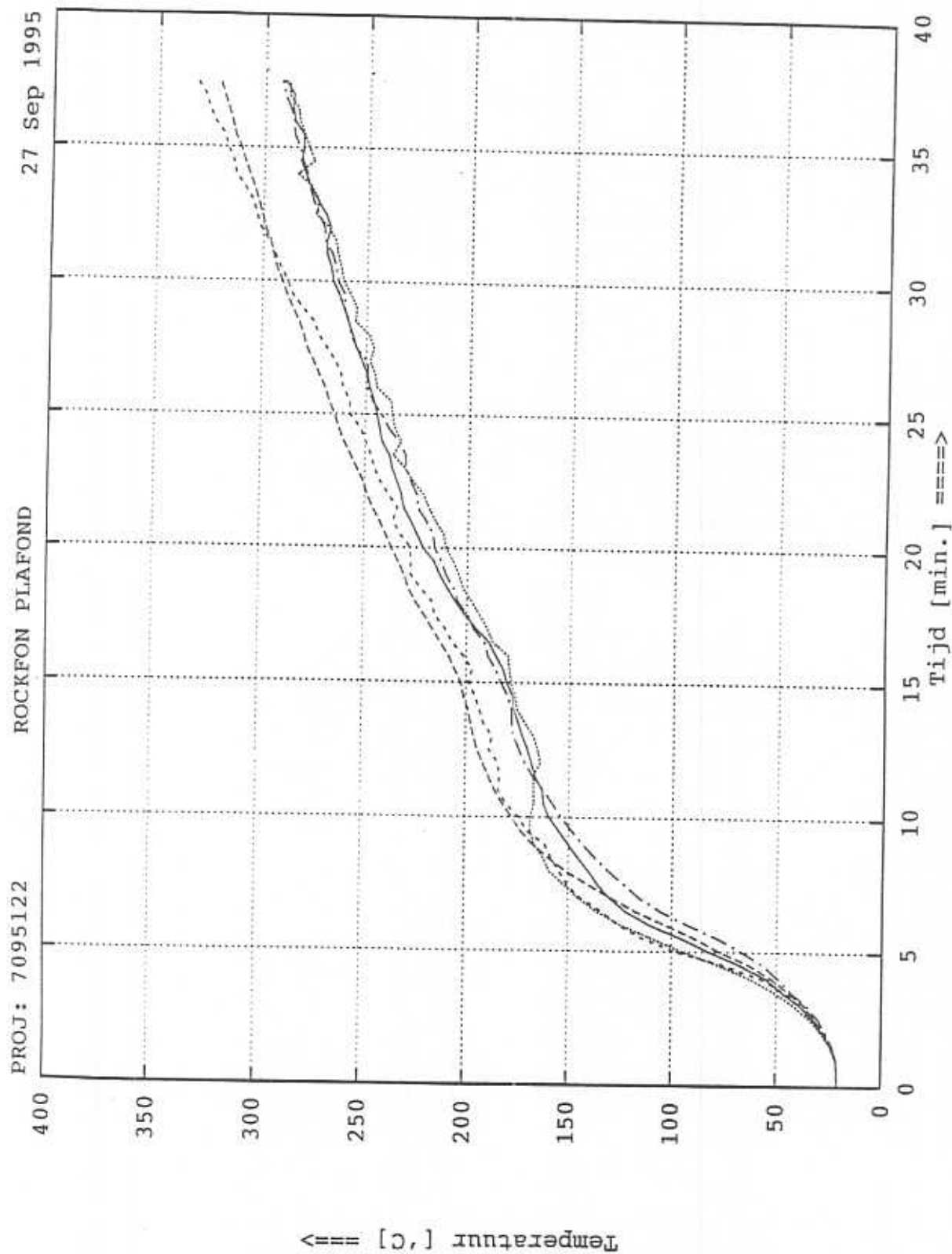


Fig. 9: Gemeten luchttemperaturen in het plenum.

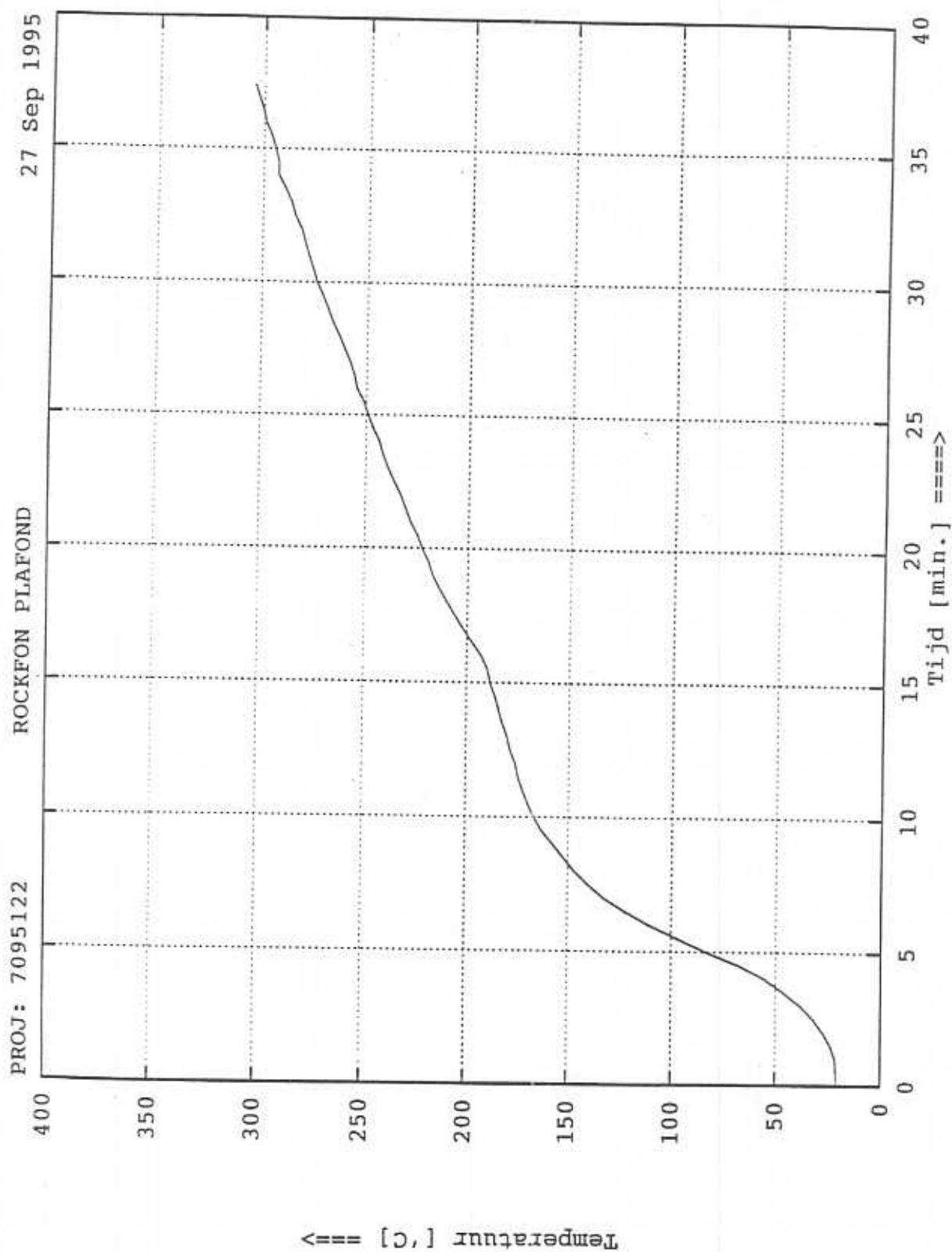


Fig. 10: Gemiddelde luchttemperatuur in het plenum.

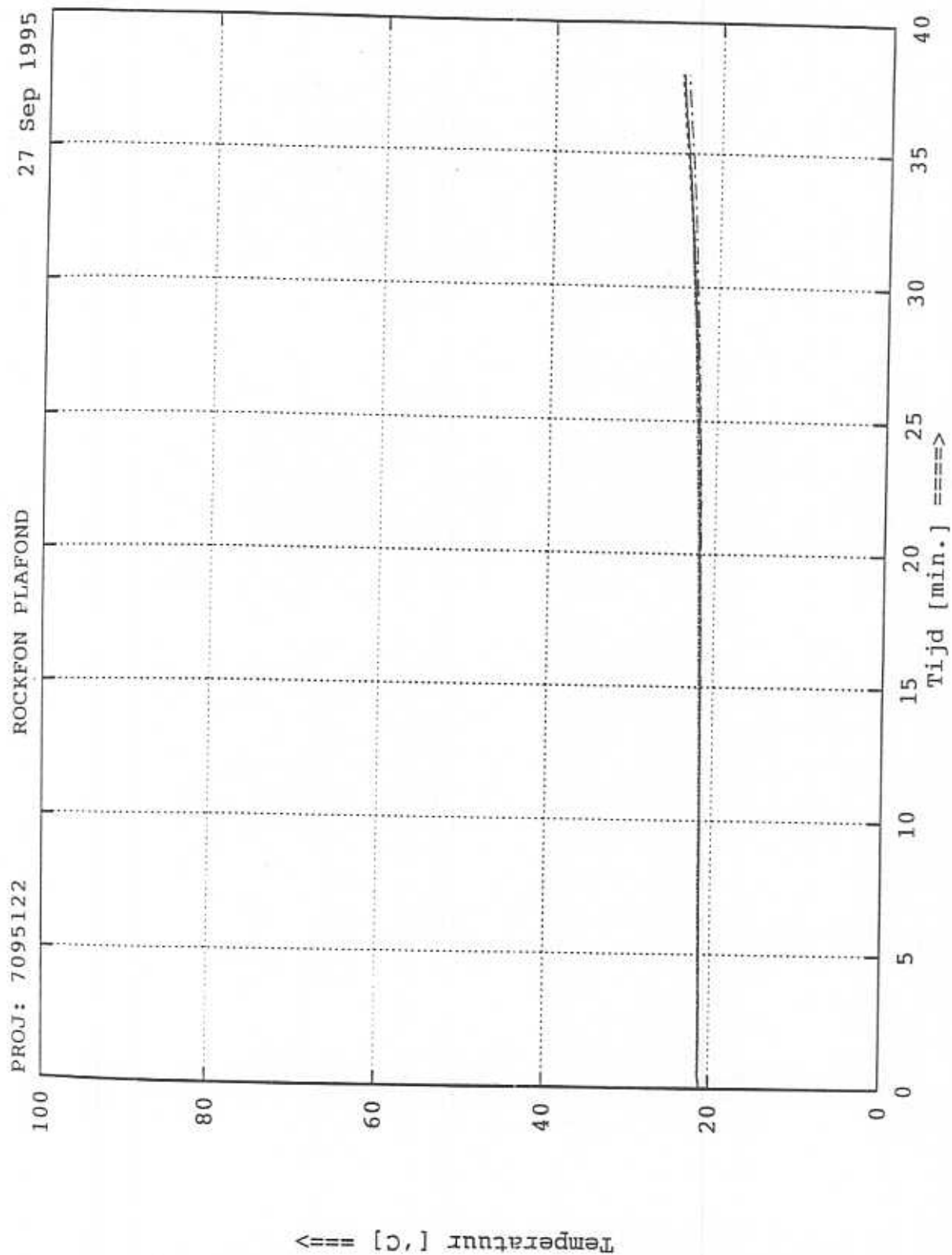
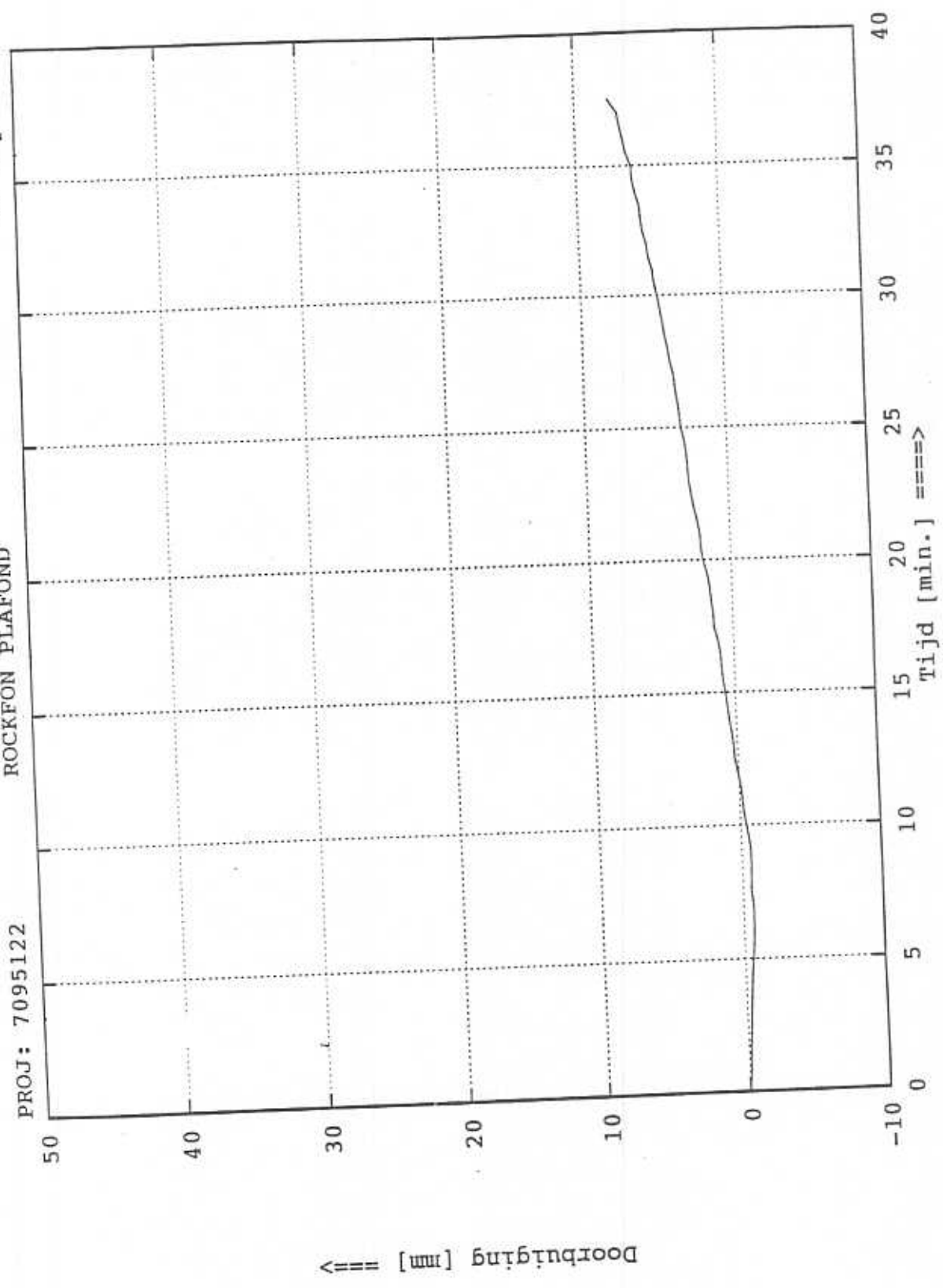


Fig. 11: Gemeten oppervlaktetemperaturen van de bovenzijde van de vloer.

27 Sep 1995
VERPT. OPN

ROCKFON PLAFOND

PROJ: 7095122



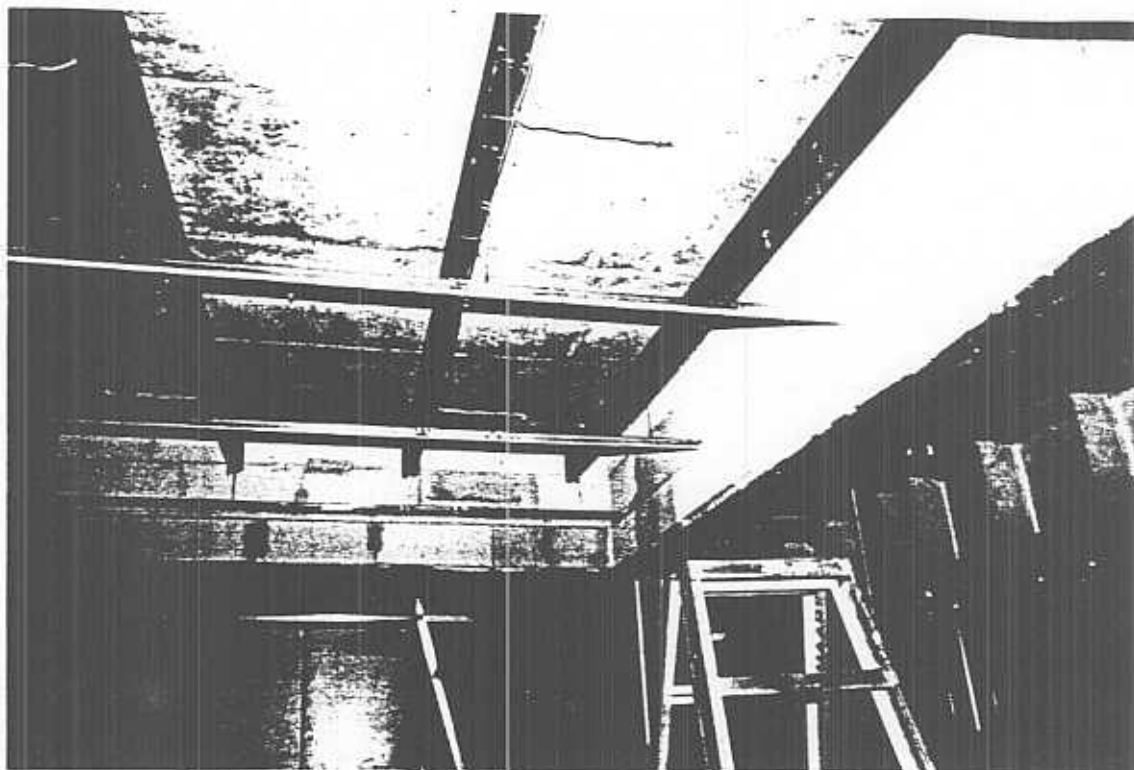


Foto 1: Wandprofiel en ophangstelsysteem.

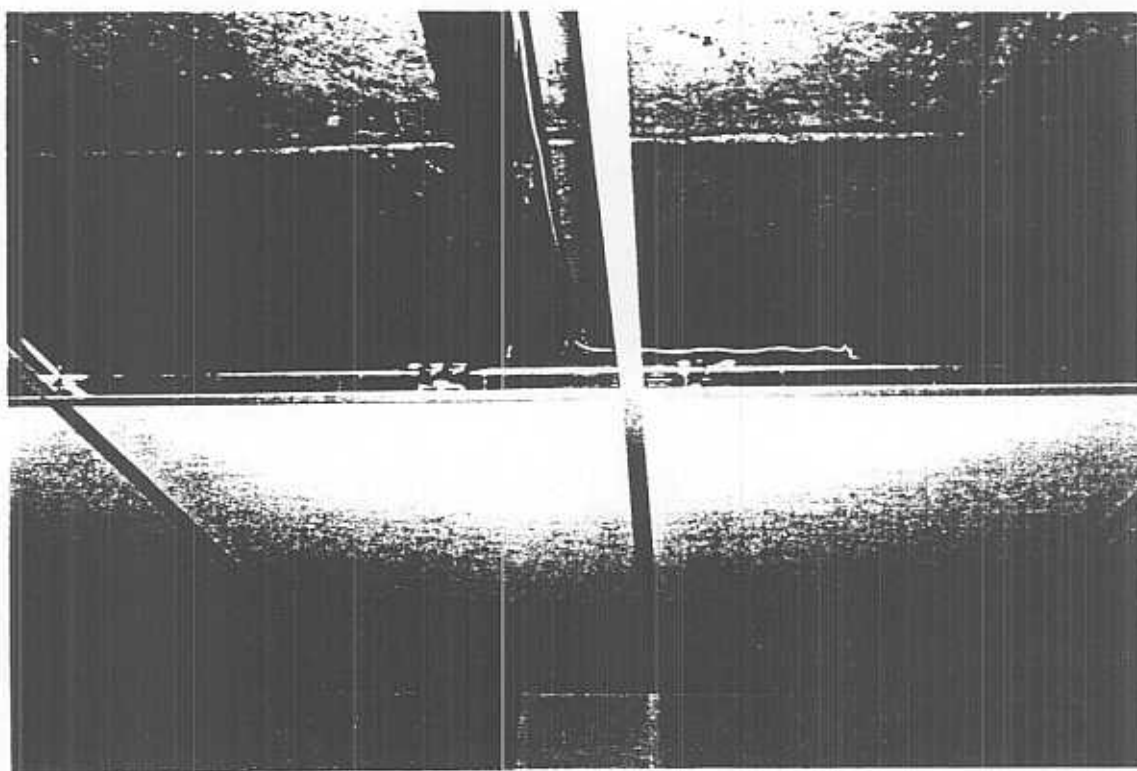


Foto 2: Vloer/plafond constructie tijdens de opbouw.

Bijlage A

Waarnemingen tijdens de verhitting

V = waarneming aan de direct verhitte zijde

N = waarneming aan de niet direct verhitte zijde

Tijd [min.]	Waarneming
0	Aanvang verhitting
2	V Plafondplaten wippen in de hoekpunten iets op, randprofielen plooien uit.
3	V zwarte verkleuring van de plafondplaten.
7	V plafondplaten worden weer lichter van kleur.
8	V fire-breaks beginnen te werken.
10	V plafondplaten zijn wit en vlak, alle fire-breaks werken.
15	V De lak gaat van de profielen af.
21	V Een van de plafondplaten met afmetingen van 350 x 1200 mm is aan een van de korte zijde circa 10 mm opgewipt.
29	N doorbuiging betonnen vloer circa 3 mm.
37	einde verhitting, plafond is nog gesloten en alle tegels zitten nog op hun plaats.