



Centrum voor Brandveiligheid
Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T 015 276 30 00

F 015 276 30 25

TNO-rapport

2004-CVB-R0363

**Beoordeling van de brandwerendheid van een dak
constructie in de zin van de Nederlandse norm
NEN 6069: 2001**

Datum	december 2004
Auteur(s)	Ing. P.G.R. Scholten Dr. Ir. G. van den Berg
Aantal pagina's	8
Aantal bijlagen	1, beproevingsverslag Gent Nr.11166
Opdrachtgever	Rockwool/Rockfon B.V. Akoestiek divisie van Rockwool International A/S Postbus 1160 6040 KB ROERMOND
Projectnaam	Homologatie beproevingsverslag Gent Nr. 11166
Projectnummer	006.45113/01.05.01

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.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbers is toegestaan.

© 2004 TNO

Inhoudsopgave

1	Onderwerp	3
2	Plaats en datum van het onderzoek	3
3	Datum en nummer van onderhavig TNO-rapport.....	3
4	De onderzochte constructie.....	3
4.1	Algemeen	3
4.2	Dak constructie.....	3
4.3	Materialen.....	4
4.3.1	Dakisolatie.....	4
4.3.2	Ophangstelsel	4
4.3.3	Plafondplaten.....	4
4.3.4	Ondersteuningsconstructie	4
4.3.5	Bevestigingsmiddelen	4
5	Belasting	5
6	Beproeversprocedure en resultaten	5
7	Beoordeling beproeversprocedure	5
8	Conclusie	6
9	Voorwaarden en toepassingsgebied	6
9.1	M.b.t. de dakconstructie	6
9.2	M.b.t. de plafondconstructie.....	7
9.3	M.b.t. de ondersteunende/aansluitende wanden	7
9.4	M.b.t. overige wijzigingen	7
9.5	Uitbreiding toepassingsgebied.....	8

Bijlage(n)

A Beproeversverslag Gent Nr 11166

1 Onderwerp

In opdracht van Rockwool/Rockfon b.v. Akoestiek divisie van Rockwool International A/S, heeft het Centrum voor Brandveiligheid van TNO Bouw het onderzoek, beschreven in het testrapport, beproevingsverslag 11166, van het Laboratorium voor aanwending der brandstoffen en warmteoverdracht te Gent, België, beoordeeld op conformiteit met NEN 6069: 2001.

Genoemd beproevingsrapport maakt als bijlage deel uit van onderhavig TNO-rapport.

2 Plaats en datum van het onderzoek

Plaats: Laboratorium voor aanwending der brandstoffen en warmteoverdracht, Ottergemsesteenweg 711, B-9000 Gent, België.

Datum: 25 februari 2004.

3 Datum en nummer van onderhavig TNO-rapport

December 2004: 2004-CVB-R0363.

4 De onderzochte constructie

Onderzocht werd een geprofileerd stalen dakconstructie, met hieronder een verlaagd plafondsysteem.

In het navolgende zijn enkele kenmerken van de constructie samengevat.

4.1 Algemeen

Een stalen dakconstructie opgebouwd uit geprofileerde stalen platen en een verlaagd systeem plafond, afmetingen 6000 x 3000 mm, met een oplegglengte van 6100 mm. Het verlaagde systeemplafond bestond uit Rockfon plafondplaten, type niet medegegeeld aan het laboratorium, in een zichtbaar stalen draagsysteem van T profielen type CMC 850-30 (fabrikant Chicago Metallic).

4.2 Dak constructie

Op oplegrollen werden geprofileerde stalen platen met een lengte van 7500 mm gelegd. Er werd een overkraging geconstrueerd van 1250 mm aan een uiteinde van het element. De stalen dakconstructie bestond uit vier platen met een werkende breedte van 750 mm.

Verdere details van de constructie zijn te vinden in de bijlage.

4.3 Materialen

4.3.1 Dakisolatie

Het dak werd over de volledige lengte geïsoleerd met 1 type isolatieplaat, Rockwool Tourox Duo^{NP} Bitufilm, met verschillende dikten, 60 en 100 mm. Deel A was met en isolatie van 100 mm dikte uitgevoerd, gewicht van de tegel 7,56 kg. Deel B was met en isolatie van 60 mm dikte uitgevoerd, gewicht van de tegel 9,09 kg.

4.3.2 Ophangstelsysteem

De profielen waren vervaardigd uit koudgewalst thermisch verzinkt. Dit bandstaal is aan beide zijden beschermd door een ovengedroogde epoxyprimer van 5µm en aan de zichtbare zijde afgewerkt met polyesterlak van 20µm.

Het draagsysteem bestond uit de volgende profielen:

- Hoofdprofielen van het type CMC 850-30 hoofdafmetingen 38 x 24 materiaaldikte 0,4 mm, lengte 1620 of 1360 mm;
- Tussenprofiel van het type CMC 854-30 hoofdafmetingen 38 x 24 mm, materiaaldikte 0,4 mm, lengte 1200 mm;
- Tussenprofiel van het type CMC 854-30 hoofdafmetingen 38 x 24 mm, materiaaldikte 0,4 mm, lengte 582 mm;
- Snelophangers van het type CMC 11000, bestaande uit twee delen staaldraad Ø 4 mm en een koppelstuk;
- Muurprofielen van het type CMC 1420, hoofdafmetingen 41 x 41 x 0,41 mm.

De hoofdprofielen waren opgehangen aan snelophangers.
Elk hoofdprofiel was voorzien van een Fire-break en een verbinding.

4.3.3 Plafondplaten

Rockfon, type niet medegedeeld aan het laboratorium, plafondplaat, een zelfdragende plaat met afmetingen 1192 x 592 x 25 mm (l x b x d), 90 kg/m³.

4.3.4 Ondersteuningsconstructie

Op een horizontaal betonnen kader met binnenafmeting van 6000 x 3000 mm werden op de kopse kanten liggers van het type HEM 220 gelegd. Op deze liggers werd enerzijds een vaste en anderzijds een losse oplegrol gelegd. De dakconstructie werd op de oplegrollen geplaatst. Het systeemplafond werd aan de dakconstructie opgehangen. Aan de zijde van 6000 mm werd een cellenbetonnen wand gemetseld met een hoogte van 500 mm met een dikte van 100 mm.

4.3.5 Bevestigingsmiddelen

- Upat slaghuls, afmetingen Ø 5 x 26 mm, h.o.h. ca. 250 mm, voor de bevestiging van de muurprofielen aan het cellenbetonnen kader en het ovenkader;

- SFS IR2 zelfborende schroeven, lengte 80 of 140 mm, h.o.h. ca. 500 mm, voor de bevestiging van de isolatieplaten samen met de SFS IF/IFT verdeelplaatjes afmetingen 70 x70 1 mm.

5 Belasting

De dakconstructie werd getest zonder belasting. Op het deel B was wel een belasting aangebracht om het verschil in gewicht per m² van de isolatie op deel A te simuleren. Op het uitkragende deel werd eveneens een gewicht geplaatst om zo een simulatie te maken van een tweeveldsoverspanning. Deze manier van belasten werd gevraagd door de opdrachtgever. Een berekening hiervan is te vinden in de bijlage.

6 Beproevingprocedure en resultaten

Het onderzoek werd uitgevoerd volgens de Belgische norm NBN 713.020 uitgave 1968. De conclusies zijn getrokken op de Belgische norm NBN 713.020 uitgave 1968. De belangrijkste resultaten van het onderzoek zijn samengevat in Tabel 6.1.

Tabel 6.1

criterium	Tijdsduur, gerekend vanaf het begin van de proef, gedurende welke nog juist aan het criterium werd voldaan.
	NBN 713.020 uitgave 1968
1 Bezwijken	33
2 Vlamdichtheid betrokken op de afdichting	33
3 Thermische isolatie betrokken op de temperatuur	33
De verhitting werd in overleg met de opdrachtgever na 33 minuten beëindigd.	

7 Beoordeling beproevingsprocedure

In Nederland worden geen brandproeven toegelaten uitgevoerd volgens de Belgische norm NBN 713.020: 1968. Deze dienen te worden uitgevoerd volgens de Nederlandse norm NEN 6069: 2001.

In dit geval is er geen verschil in beproevingsprocedure tussen de Nederlandse en de Belgische norm.

In dit geval waren er twee verschillende dikten isolatie op de dakconstructie toegepast. Hierdoor ontstonden twee oppervlakken van $3 \times 3 \text{ m}^2$. Volgens de Nederlandse norm moet de oppervlakte in een test minstens $3 \times 4 \text{ m}^2$ zijn. In de proefopstelling was het totale oppervlak $6 \times 3 \text{ m}^2$.

Het criterium waarop de constructie faalde was het bezwijken van de constructie, de maximale verplaatsing was na 33 minuten bereikt. De thermische isolatie betrokken op de temperatuur was niet kritiek, bij beide typen isolatie was de temperatuurstijging minder dan 25°C .

TNO is daarom van mening dat de resultaten voor beide typen isolatie geldig is.

8 Conclusie

Op grond van de beoordeling verklaart TNO Bouw dat de brandwerendheid m.b.t. de scheidende functie van de onderzochte dakconstructie, in de zin van NEN 6069: 2001, en met in achtname van de hierna gegeven voorwaarden, zijn als aangegeven in tabel Tabel 8.1.

Tabel 8.1

Criterion	Tijdsduur, gerekend vanaf het begin van de proef, gedurende welke nog juist aan het criterium werd voldaan.
NEN 6069: 2001	
1. Bezwijken	33
2. Vlamdichtheid betrokken op de afdichting	33
3. Thermische isolatie betrokken op de temperatuur	33

9 Voorwaarden en toepassingsgebied

De conclusie geldt uitsluitend voor dakconstructies als onderzocht met in achtname van onder hoofdstuk 9.1 t/m 9.5 gegeven voorwaarden en toegestane wijzigingen.

9.1 M.b.t. de dakconstructie

Dakconstructies bestaande uit plooiplaten en die tevens voldoen aan navolgende voorwaarden:

a) De theoretische overspanning van de liggers is ten hoogste 6,1 m bij een tweeveldoverspannings situatie.

De isolatie op de plooiplaten zijn van steenwol (zie toelichting 1): Dunnere plaatdikten zijn toegestaan mits wordt aangetoond dat bij een verhitting zoals gemeten in het plenum (zie bijlage).

- voldaan wordt aan het criterium thermische isolatie betrokken op de temperatuur;
- de vloerelementen niet bezwijken ten gevolge van de in de praktijk aanwezige momentane veranderlijke belasting voor het geval "brand".

9.2 M.b.t. de plafondconstructie

Een plafondconstructie als onderzocht en beschreven en die tevens voldoet aan navolgende voorwaarden:

- a) De afhanghoogte en de hoogte van het plenum, d.w.z. de afstand tussen de onderzijde van de plooiplaten en de onderzijde van de plafondtegels is ten minste ca. 415 mm.
- b) De h.o.h.-afstanden van de ophangpunten van het draagsysteem mogen in beide richtingen niet zijn vergroot.
- c) In het plafond zijn geen lichtarmaturen e.d. aangebracht.
- d) Plafondplaten zijn van het type met afmetingen als onderzocht; een andere kleur en/of structuurafwerking aan de zichtzijde van de plafondplaten is echter toegestaan.

9.3 M.b.t. de ondersteunende/aansluitende wanden

Wanden van een steenachtig materiaal met een brandwerendheid m.b.t. de scheidende functie en voorzover vloerdragend tevens op bezwijken, van ten minste 30 minuten (zie toelichting 2).

9.4 M.b.t. overige wijzigingen

Voor overige wijzigingen dient advies te worden gevraagd bij TNO.

Toelichting 1

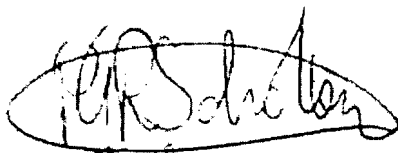
Ingeval van isolatieplaten met een hogere isolatiewaarde dan die van de toegepaste isolatieplaten kunnen hogere spouwen- en staaltemperaturen optreden dan gemeten. Om deze reden mag niet worden aangenomen dat de in 8 gegeven conclusie geldt indien isolatieplaten van steenwol zijn toegepast met een grotere dikte.

Toelichting 2

Bij een te lage brandwerendheid m.b.t. de scheidende functie en/of bij wanden bestaande uit een bekleed stijl- en regelwerk bestaat de kans op voortijdig branddoorslag naar het plenum via de aansluitende wanden dan wel via de aansluiting van het plafond met deze wanden.

9.5 Uitbreiding toepassingsgebied

De conclusie zoals gegeven in hoofdstuk 8 eveneens geldig bij een enkelvelds-overspanning van 4,58 m.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P.G.R. Scholten', enclosed within a large, horizontal oval scribble.

Ing. P.G.R. Scholten

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'G.v.d. Berg', with a long horizontal stroke extending to the right.

Dr. Ir. G. v.d. Berg

A Beproeversverslag Gent Nr 11166

Beproeversverslag Nr. 11166

Opdrachtgever

Rockfon NV/SA
Bedrijvenzone Cluster Park
Romboutsstraat 7
B-1932 Zaventem

Proefelement

Een opgehangen plafond onder een onbelast geprofileerd stalen dak.

Aard der proeven

Oriëntatieproef betreffende de weerstand tegen brand van dit opgehangen plafond onder een onbelast geprofileerd stalen dak volgens de Belgische norm NBN 713.020.

Door de firma's Rockfon NV/SA, Zaventem en Chicago Metallic Continental BVBA, Wijnegem werd op 16 en 18 februari 2004, in de lokalen van het laboratorium en onder diens controle, een opgehangen plafond onder een onbelast geprofileerd stalen dak gemonteerd in een betonnen kader.

Het proefelement werd voorbereid in overeenstemming met de voorschriften van de hierna vermelde norm.

1 BESCHRIJVING VAN HET PROEFELEMENT

1.1 Naam en adres van de firma die de proef betreffende de weerstand tegen brand aanvraagt:

Rockfon NV/SA
Bedrijvenzone Cluster Park
Romboutsstraat 7
B-1932 Zaventem

1.2 Naam en adres van de firma die het proefelement vervaardigd heeft:

1.2.1 Plafondtegels:

Rockfon NV/SA
Bedrijvenzone Cluster Park
Romboutsstraat 7
B-1932 Zaventem

1.2.2 Ophangstelsel:

Chicago Metallic Continental B.V.B.A.
Oud Sluisstraat 5
B-2110 Wijnegem

Laboratorium voor
Aanwending der Brandstoffen en
Warmteoverdracht

1.3 Beschrijving van het proefelement (bijlagen 1 t.e.m. 8):

In onderhavige beschrijving zijn alle afmetingen en materiaaleigenschappen de door de opdrachtgever meegedeelde nominale waarden.

De overeenkomstigheid van het proefelement met deze meegedeelde waarden werd door het laboratorium geverifieerd voor zover de opbouw van het proefelement en de vorm waaronder ze werden overgemaakt, dit toelieten.

Onderhavig proefelement werd in het laboratorium vervaardigd zodat alle afmetingen konden worden geverifieerd.

De meetwaarden (MW) worden enkel vermeld voor zover deze significant afwijken van de nominale waarden (NW).

In deze beschrijving verwijzen de nummers van de onderdelen tussen rechthoekige haakjes [] naar de nummering in de legende bij de tekeningen (bijlage 8). In die legende zijn de afmetingen en de materiaaleigenschappen vermeld van de samenstellende delen.

1.3.1 Opbouw van het proefelement:

Het proefelement is een opgehangen plafond onder een onbelast geprofileerd stalen dak. Het plafond wordt aan deze dakconstructie opgehangen.

Het onbelast geprofileerd stalen dak bestaat uit geprofileerde stalen plooiplaten met daarboven een isolatiemateriaal en afdichtingslagen.

Het opgehangen plafond bestaat uit een draagconstructie, de ophanging en de plafondpanelen.

1.3.1.1 De dakconstructie:

Op de oven [1] met binnenafmetingen 6000 mm x 3000 mm wordt op beide kopse kanten een ligger [2] geplaatst. Op die liggers wordt enerzijds een vaste oplegrol [3] en anderzijds een losse oplegrol [4] op een stalen plaat [5] geplaatst. De afstand tussen de oplegrollen bedraagt 6100 mm. De blootgestelde lengte bedraagt 6000 mm.

Laboratorium voor
Aanwending der Brandstoffen en
Warmteoverdracht

1.3.1.1.1 De geprofileerde stalen plooiplaten:

Op de oplegrollen worden stalen plooiplaten [6] met een lengte van 7500 mm gelegd. Er wordt een overkraging geconstrueerd van 1,25 m aan één uiteinde van het element. (bijlage 2)

De stalen dakconstructie bestaat uit vier plooiplaten met een werkende breedte van 750 mm. Die platen worden in de langsrichting om de 1100 mm aan elkaar bevestigd met zelfborende schroeven [7] en vormen op die manier een element van 7500 mm x 3000 mm.

Ter plaatse van de rolopleggingen worden boven in de uitsparingen van de geprofileerde stalen plooiplaten trapeziumvormige stroken rotswol [8] geplaatst en volgens de vorm van de platen bijgewerkt. De juiste plaats wordt weergegeven in bijlage 2.

1.3.1.1.2 De dakisolatie:

Dwars op de plooiplaten [6] worden over de volledige lengte van 7500 mm isolatieplaten [9] en [10] gelegd. De dakconstructie wordt opgesplitst in twee delen: één deel van 4300 mm met isolatieplaten [9] van 60 mm dik en één deel van 3200 mm met isolatieplaten [10] van 100 mm dik. Die delen worden verder deel A en deel B genoemd. De isolatieplaten worden met verspringende voegen ten opzichte van elkaar geplaatst. Ter plaatse van de overkraging hebben de platen een dikte van 60 mm. De juiste plaats van de isolatieplaten wordt weergegeven in bijlage 3.

De isolatieplaten worden elk op vier plaatsen aan de plooiplaten [6] vastgeschroefd met behulp van zelfborende schroeven [11] en bijhorende verdeelplaatjes [12] op ongeveer 500 mm onderling en op 100 mm van de randen van de isolatieplaten. Ter plaatse van de scheiding tussen de twee delen A en B wordt een driehoekige strook rotswol [13] aangebracht om de overgang tussen de verschillende diktes van de isolatieplaten geleidelijk te laten gebeuren. De strook rotswol wordt nergens aan bevestigd.

1.3.1.1.3 De afdichting:

Op de dakisolatieplaten [9] en [10] wordt in de dwarsrichting van het kader een eerste afdichtinglaag als onderlaag [14] geplaatst en vastgemaakt aan de

Laboratorium voor
Aanwending der Brandstoffen en
Warmteoverdracht

isolatieplaten door middel van een lasmethode. De lagen met afmetingen 1100 mm x 3000 mm en een dikte van 3 mm overlappen elkaar in de langsrichting over ongeveer 100 mm.

Ter plaatse van de scheidingslijn tussen de twee elementen worden twee stukken onderlaag met een respectievelijke lengte van 2 m en 1,10 m geplaatst die elkaar onderling 100 mm overlappen en eveneens 100 mm over de naastliggende onderlagen. De juiste plaats wordt weergegeven in bijlagen 4 en 5.

Boven op de onderlaag [14] wordt op identieke wijze als de onderlaag een eindlaag [15] geplaatst met een overlapping van 100 mm over elkaar en met verspringende voegen ten opzichte van de onderlaag. Ter plaatse van de scheiding tussen de verschillende isolatieplaten [9] en [10] wordt een passtuk van 780 mm breed over de naastliggende stukken eindlaag geplaatst. De randen van de overlappingen worden nog eens nabehandeld met de lasmethode om een goede dichting te verkrijgen.

1.3.1.1.4 Afwerking:

Op het kader met binnenafmetingen 6000 mm x 3000 mm wordt op de twee langse zijden een muurtje gemetseld in cellenbetonstenen [16] met een totale hoogte van 500 mm. Tussen de dakconstructie en het muurtje wordt een strook keramische wol [17] gekleefd ter afdichting. Ook de rolpleggingen worden afgeschermd met keramische wol.

1.3.1.2 Het opgehangen plafond:

1.3.1.2.1 De draagconstructie:

Rondom het betonnen kader [1] worden randprofielen [18] voorzien. De randprofielen worden ongeveer om de 240 mm met splitpluggen [19] aan het betonnen kader bevestigd. De randprofielen aan de langse kant bestaan uit twee delen van 2960 mm en 3040 mm waartussen geen speling gelaten wordt. Aan de kopse kant van het kader wordt er eveneens een randprofiel om de 250 mm met behulp van splitpluggen aan het betonnen kader bevestigd. De uiteinden van de dwarse randprofielen sluiten nauw aan tegen de langse randprofielen (bijlage 6).

De draagconstructie bestaat uit draagprofielen van verschillende lengtes die in een rastervorm in elkaar geklikt worden. De hoofdprofielen [20] hebben een totale lengte van 2980 mm worden in dwarsrichting op 1200 mm van elkaar en op 600 mm van

Laboratorium voor
Aanwending der Brandstoffen en
Warmteoverdracht

het kader geplaatst. Die totale lengte wordt verkregen door twee profielen met een respectievelijke lengte van 1360 mm en 1620 mm in elkaar te klikken. In de langsrichting worden op 600 mm van elkaar en op 350 mm enerzijds en 250 mm anderzijds van het kader de draagprofielen [21] met een lengte van 1200 mm in de hoofdprofielen geklikt. De draagprofielen [22] die de hoofdprofielen verbinden met de dwarse kant van het kader hebben een lengte van 582 mm en zijn schuin afgezaagd aan één uiteinde. De hoofdprofielen [20] zijn voorzien van een uitzetelement [23] dat zich op 115 mm van een uiteinde bevindt. De juiste plaats van de draagprofielen en de uitzetelementen wordt aangegeven in bijlage 6.

De speling tussen de uiteinden van het hoofdprofiel en het kader bedraagt 10 mm. De speling tussen het uiteinde van het draagprofiel [22] en het kader bedraagt 18 mm.

De hoofdprofielen [20] met een totale lengte van 2980 mm worden elk op drie plaatsen aan de stalen geprofileerde plooiplaten [6] opgehangen. De ophanghoogte tussen de onderzijde van de plooiplaten en de bovenzijde van de hoofdprofielen bedraagt ongeveer 390 mm.

1.3.1.2.2 De ophanging:

De ophangpunten [24] zijn allen identiek opgebouwd. Een stalen draad met een omgeplooid hoek van 26 mm aan één kant wordt aan de plooiplaten [6] opgehangen. Daartoe wordt een gat geboord in de plooiplaten. Om die draad wordt een veerklem gespannen. Evenwijdig met de eerste draad wordt er een tweede staaldraad door de veerklem aangebracht. De draad is onderaan omgeplooid over 26 mm. De ophanging gebeurt onder een lichte schuine hoek. De plaats van de ophangpunten is weergegeven in bijlage 6.

1.3.1.2.3 De plafondpanelen:

Er worden akoestische plafondpanelen [25] los in de rastervorm opgelegd. Er wordt geen speling gelaten tussen de panelen en de profielen. Aan de twee kopse kanten worden panelen van 600 mm x 600 mm geplaatst. Aan de langse kanten worden enerzijds panelen met een breedte van 250 mm en anderzijds met een breedte van 350 mm gemonteerd. De andere panelen hebben als afmetingen: 1192 mm x 592 mm. De juiste plaats van alle types panelen wordt aangegeven in bijlage 6.

1.5. Tekeningen:

- Bijlage 1: planzicht – waarnemingen – thermokoppels.
- Bijlage 2: planzicht – plaats van de stalen plooiplaten – doorsneden AA en BB.
- Bijlage 3: planzicht – plaats van de isolatieplaten.
- Bijlage 4: planzicht – plaats van de onderlaag van de afdichting.
- Bijlage 5: planzicht – plaats van de bovenlaag van de afdichting.
- Bijlage 6: planzicht – plaats van de ophangpunten – doorsneden CC en DD.
- Bijlage 7: details.
- Bijlage 8: legende.

1.6. Commerciële naam van het proefelement:

Werd niet meegedeeld aan het laboratorium.

1.7. Aantal proefelementen door het laboratorium ontvangen:

1 (één).

2 UITVOERING VAN DE PROEF

2.1 Datum van levering van het proefelement:

Het materiaal werd geleverd op 14, 15, 23 januari en 11 februari 2004.

2.2 Datum van de montage van het proefelement:

16 en 18 februari 2004.

2.3 Opstellingsvoorwaarden van het proefelement:

Op een horizontaal betonnen kader [1] met binnenafmetingen 6000 mm x 3000 mm worden op de kopse kanten van het kader liggers gelegd. Op die liggers wordt enerzijds een vaste oplegrol [3] en anderzijds een losse oplegrol [4], opgelegd op

GOlf

een stalen plaat [5], geplaatst. De dakconstructie wordt op de oplegrollen geplaatst. Het plafond wordt aan deze dakconstructie opgehangen. Aan de langse kanten van het kader wordt een muurtje gemetseld uit cellenbetonstenen met een hoogte van 500 mm.

De afmetingen van het betonnen kader zijn onveranderlijk ondanks de acties van het opgehangen plafond en de dakconstructie tijdens de proef.

2.4 Belasting:

De dakopbouw werd getest zonder belasting. Er werd wel een last geplaatst op element B om zo het gewicht van A te simuleren.

Op het uitkragende deel werd eveneens een gewicht geplaatst om zo een simulatie te maken van een tweeveldoverspanning. De berekening van de last wordt gegeven in bijlage 9. Deze manier van belasten werd zo gevraagd door de opdrachtgever.

2.5 Proef uitgevoerd op datum van:

25 februari 2004.

2.6 Methodologie van de proef:

De oriëntatieproef betreffende de weerstand tegen brand van het profelement werd uitgevoerd overeenkomstig de voorwaarden van de norm NBN 713.020 – uitgave 1968.

2.6 Overdruk in de oven:

20 N/m² ± 5 N/m².

Laboratorium voor
Aanwending der Brandstoffen en
Warmteoverdracht

3 WAARNEMINGEN TIJDENS DE PROEF

Tijd in minuten	Waarnemingen
0	Begin van de proef.
3	Matige rook- en waterdampontwikkeling waarneembaar in de zones 1 en 2.
5	Overall matige rook- en waterdampontwikkeling waarneembaar tussen de openingen van de stalen plooiplaten.
8	De rook- en waterdampontwikkeling is overall verminderd.
15	De randprofielen zijn overall vervormd. De draagprofielen vervormen lichtjes.
17	Het paneel in zone 3 hangt lichtjes door.
18	In zone 4 komt een hoek van een paneel hoger te liggen.
19	De randprofielen vervormen overall nog meer.
20	Matige rook- en waterdampontwikkeling waarneembaar doorheen de openingen in de stalen plooiplaten in de zones 5 en 6.
22	De profielen in zone 7 buigen door.
23	Het profiel in zone 8 buigt door.
24	Het randprofiel in zone 3 is volledig vervormd. Het paneel ligt daar ongeveer 2 cm hoger.
30	Het plafond buigt over de dwarse kant door in het midden.
30	Alle panelen zijn gevallen. <u>EINDE VAN DE STABILITEIT VAN HET PLAFOND</u>
33	De maximale doorbuiging van $1/30^e$ van de overspanning; wordt overschreden. De dakconstructie valt in de oven. Einde van de proef in overleg met de opdrachtgever.

4 METINGEN TIJDENS DE PROEF

Bijlage 9: geeft de berekening van de belasting.



Bijlage 10: geeft de doorbuiging van het hoofdelement, gemeten in het midden van de overspanning.

Volgende bijlagen geven de temperatuur van de thermokoppels en plaatthermometers op de aangegeven plaatsen van het hoofdelement, in functie van de tijd.

Bijlage 11: gemeten op de afdichtingslaag ter hoogte van element A.

Bijlage 12: gemiddelde van de afdichtingslaag ter hoogte van element A.

Bijlage 13: gemeten boven de plaatprofielen over het volledige profelement.

Bijlage 14: gemeten onderaan de plaatprofielen ter hoogte van element A.

Bijlage 15: gemeten in het plenum op 100 mm van de plaatprofielen ter hoogte van element A.

Bijlage 16: gemeten boven op de plafondpanelen ter hoogte van element A.

Bijlage 17: gemeten op de afdichtingslaag ter hoogte van element B.

Bijlage 18: gemiddelde van de afdichtingslaag ter hoogte van element B.

Bijlage 19: gemeten onderaan de plaatprofielen ter hoogte van element B.

Bijlage 20: gemeten in het plenum op 100 mm van de plaatprofielen op de aangegeven plaatsen in bijlage 1 in functie van de tijd.

Bijlage 21: gemeten boven op de plafondpanelen ter hoogte van element B.

5 FOTO'S VAN HET PROEFELEMENT VOOR, TIJDENS EN NA DE PROEF

Bijlagen 22 tot en met 30.

GOLF

6 RESULTATEN

6.1 Voor de stalen dakconstructie beschermd door het plafond:

Criteria	Tijdsduur in minuten
Thermische isolatie	33
Vlamdichtheid	33
Stabiliteit	33

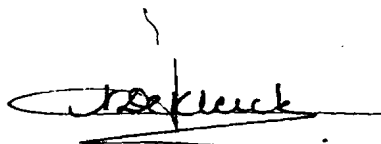
6.2 Voor het plafond:

Criteria	Tijdsduur in minuten
Thermische isolatie	(*)
Vlamdichtheid	(*)
Stabiliteit	30

(*) Gezien de opbouw van het plafond onder de beschermende stalen dakconstructie kunnen de criteria thermische isolatie en vlamdichtheid niet beoordeeld worden.

7 BESLUIT

- De tijd gedurende dewelke, voor het plafond zoals beschreven in paragraaf 1, tegelijkertijd aan het criterium stabiliteit voldaan is gebleven tijdens deze proef bedraagt 30 minuten.
- De tijd gedurende dewelke, voor de onbelaste, geprofileerde stalen dakconstructie beschermd door het plafond zoals beschreven in paragraaf 1, tegelijkertijd aan de drie criteria voldaan is gebleven tijdens deze proef bedraagt 33 minuten.
- Gedurende de volledige duur van de proef werd een matige rook- en waterdampontwikkeling waargenomen.
- De resultaten van deze proef zijn enkel geldig voor de onbelaste geprofileerde dakconstructie beschermd door het plafond beschreven in paragraaf 1 van onderhavig verslag.



Ing. N. DE KLERCK
Assistent



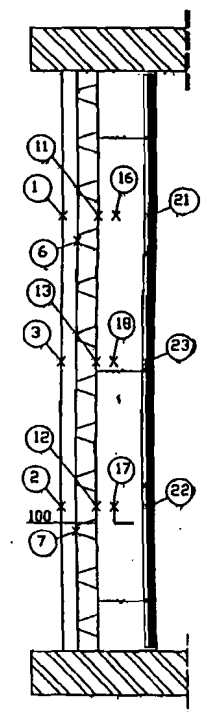
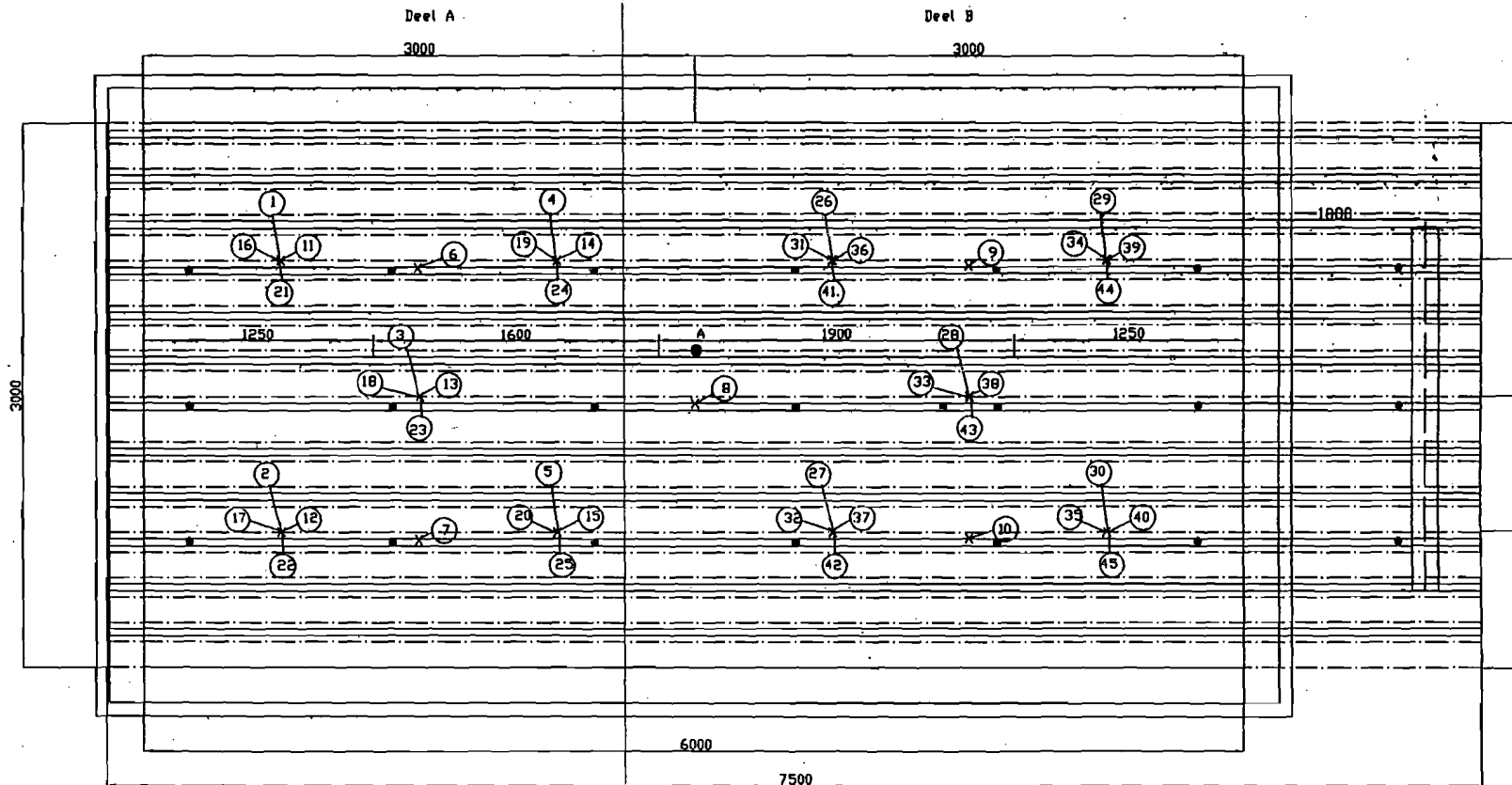
Prof. dr. ir. P. VANDEVELDE
Directeur

Gent,

24 JUNI 2004

Onderhavig verslag bevat: 12 bladzijden.
30 bijlagen, waarvan 9 bijlagen met foto's.

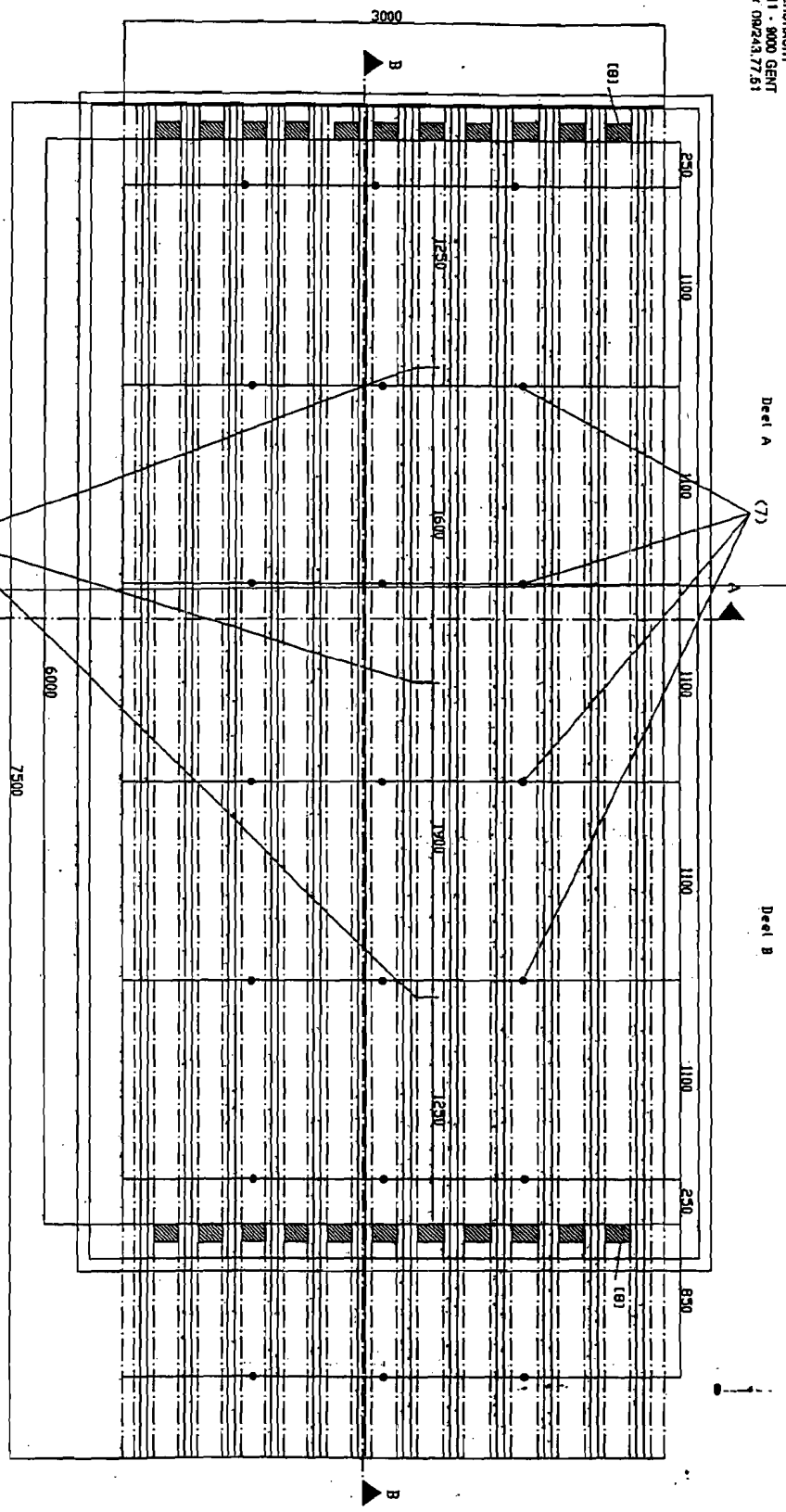
Proefopstelling - Bovenanzicht - Thermokoppels



- X = Plaats van de thermokoppels
- () = Waarnemingen
- A = Plaats waar de vervormingen opgenomen worden

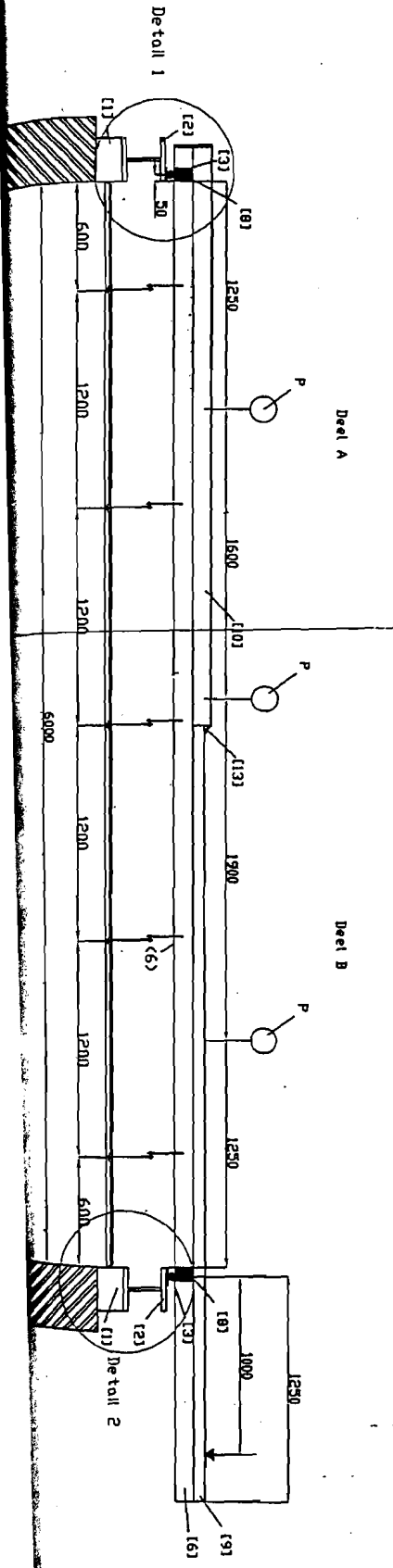
Plaats van de thermokoppels:

boven op de afdichtingslaag = 1 - 5, 26 - 30
 tussen de plaatprofielen en de isolatie = 6 - 10
 onder de plaatprofielen = 11 - 15, 31 - 35
 in het plenum op 100 mm van de plaatprofielen = 16 - 20, 36 - 40
 op de panelen = 21 - 25, 41 - 45



Doorsnede BB

Doorsnede AA



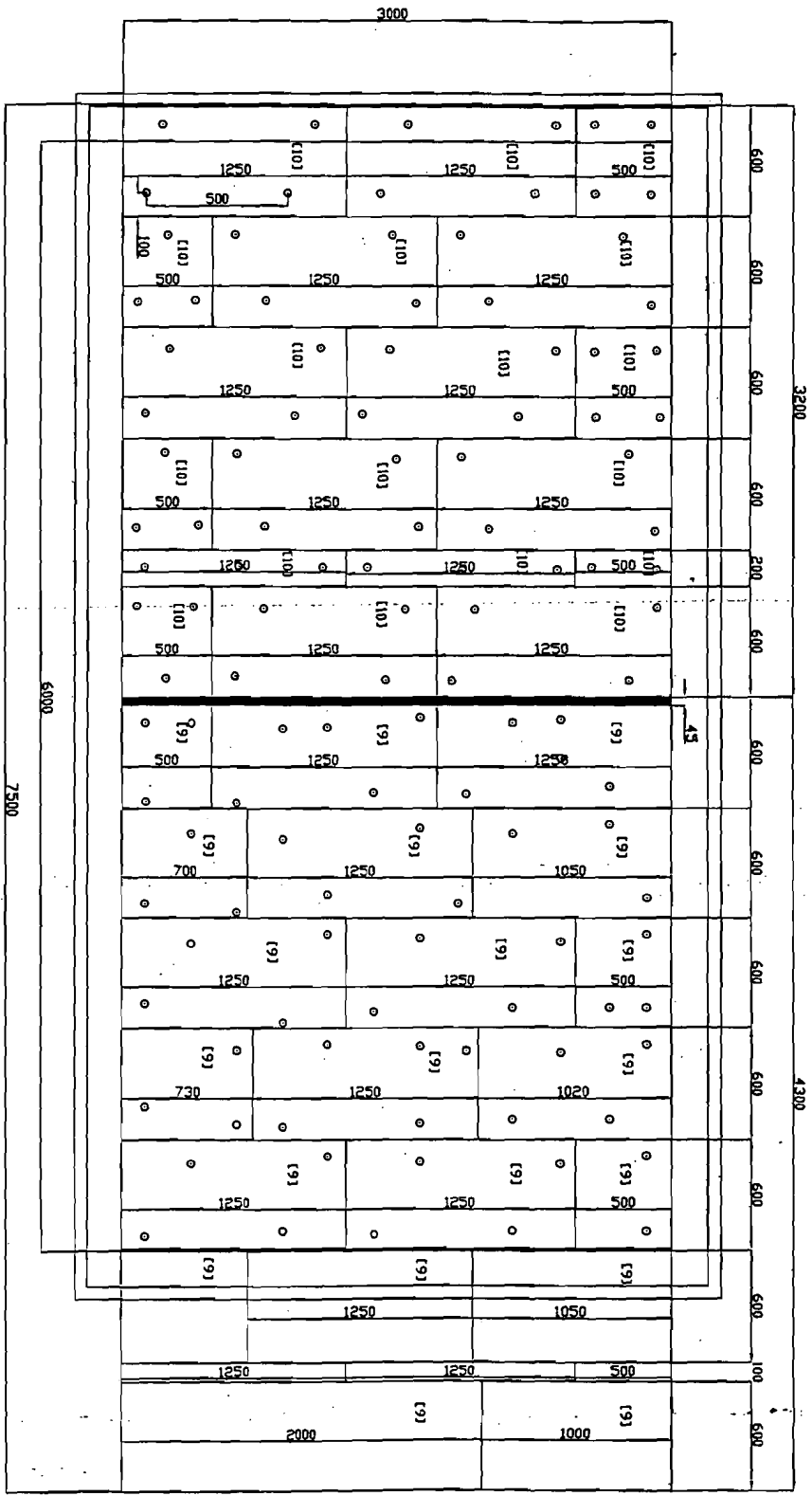
Detail 1

Detail 2

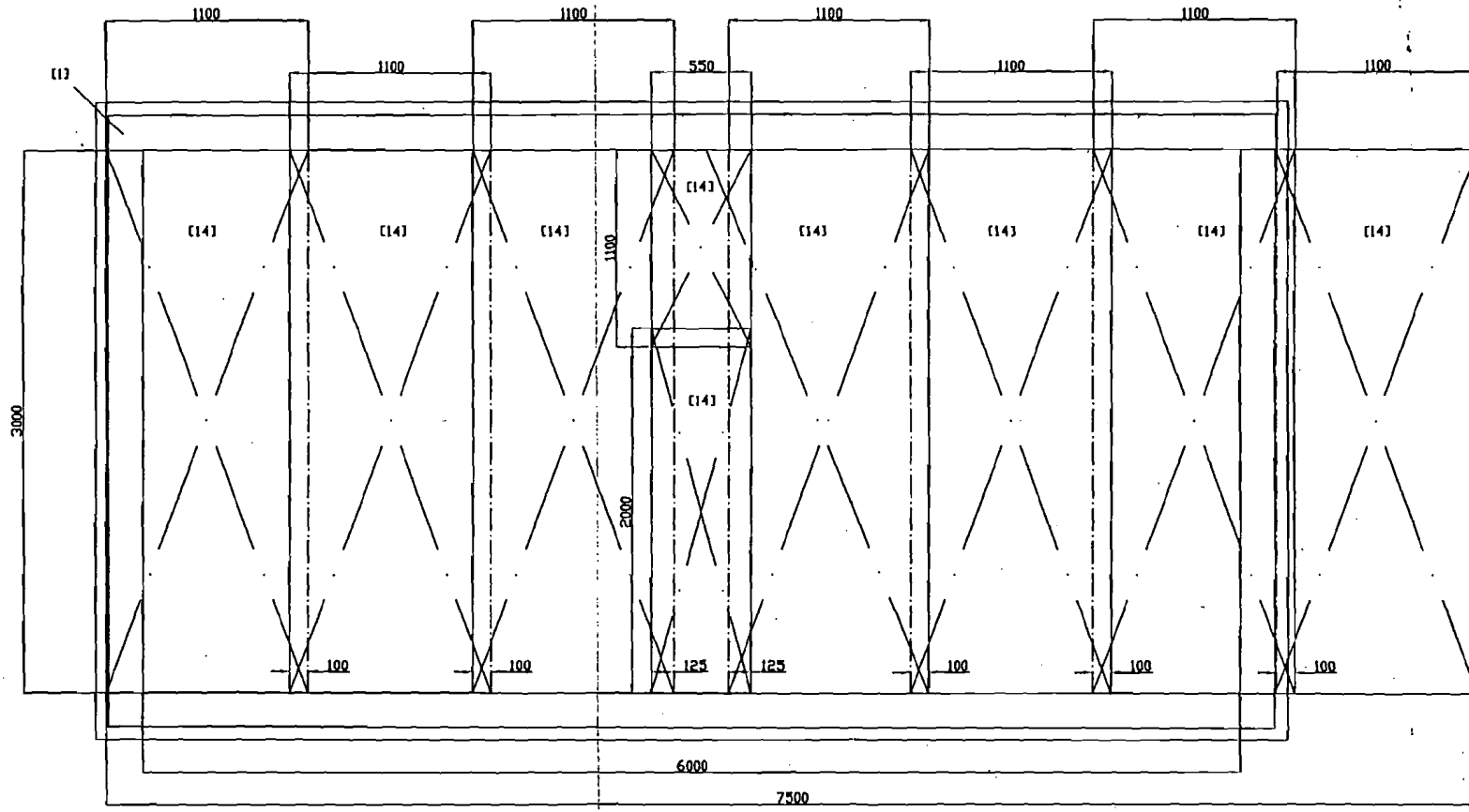
Planlicht - Isolatieplaten [9] en [10]

LABORATORIUM VOOR
 AANWENDING DER BRANSTOFFEN
 EN INRIJNPLAAT-OVERDRACHT
 Opleggenweg 711 - 9000 GENT
 Tel. 091/23.177 en Fax 091/23.175.51

Bezoekadres: Rodepoortstraat 11, 9000 Gent, België

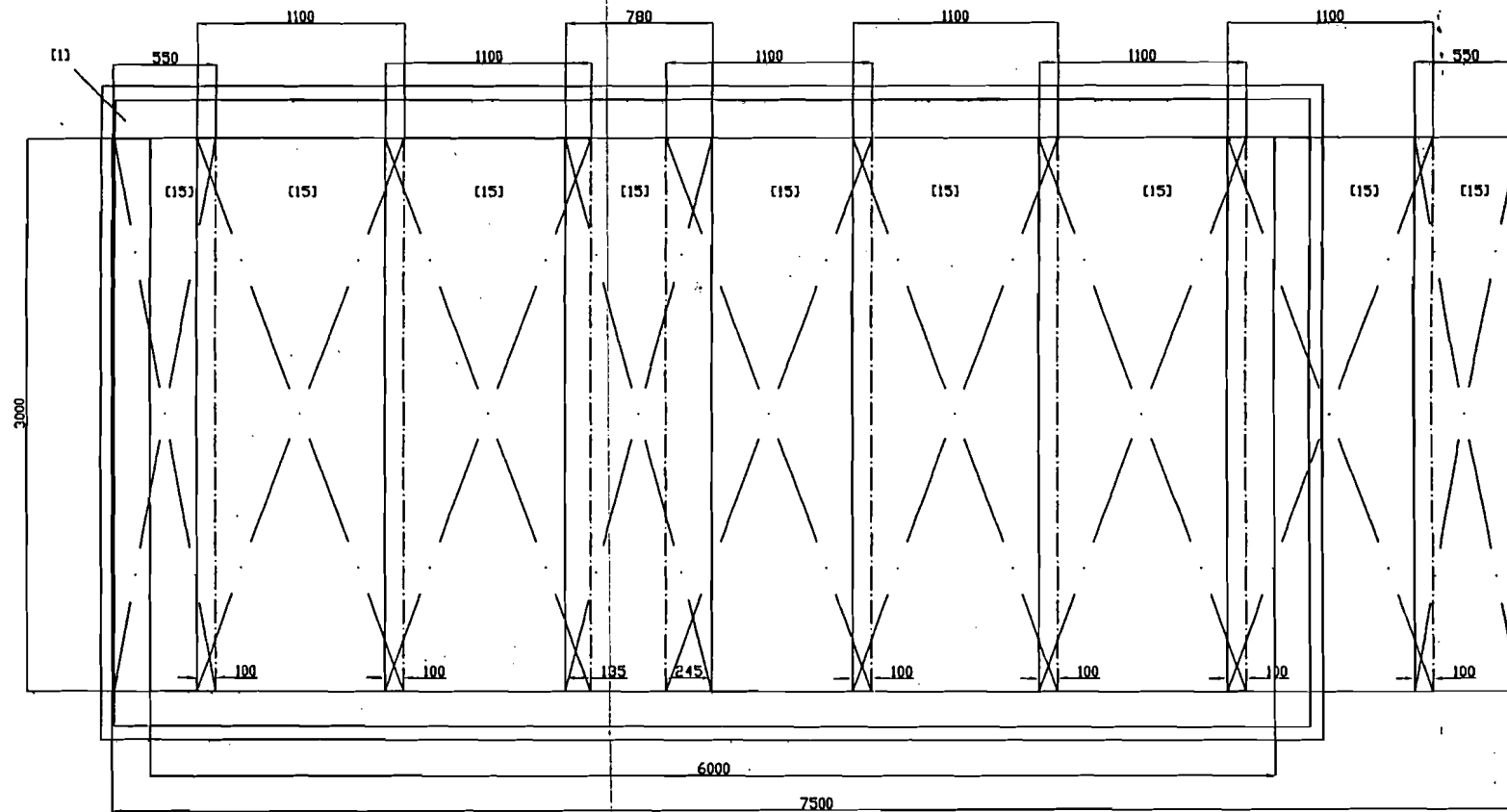


Planzicht - onderlaag van de afdichting [14]
LABORATORIUM VOOR
AANWENDING DER BRANDSTOFFEN
EN WARMTE-OVERDRACHT
Otergemasleeweg 711 - 9000 GENT
T 09/243.77.50 Fax 09/243.77.51



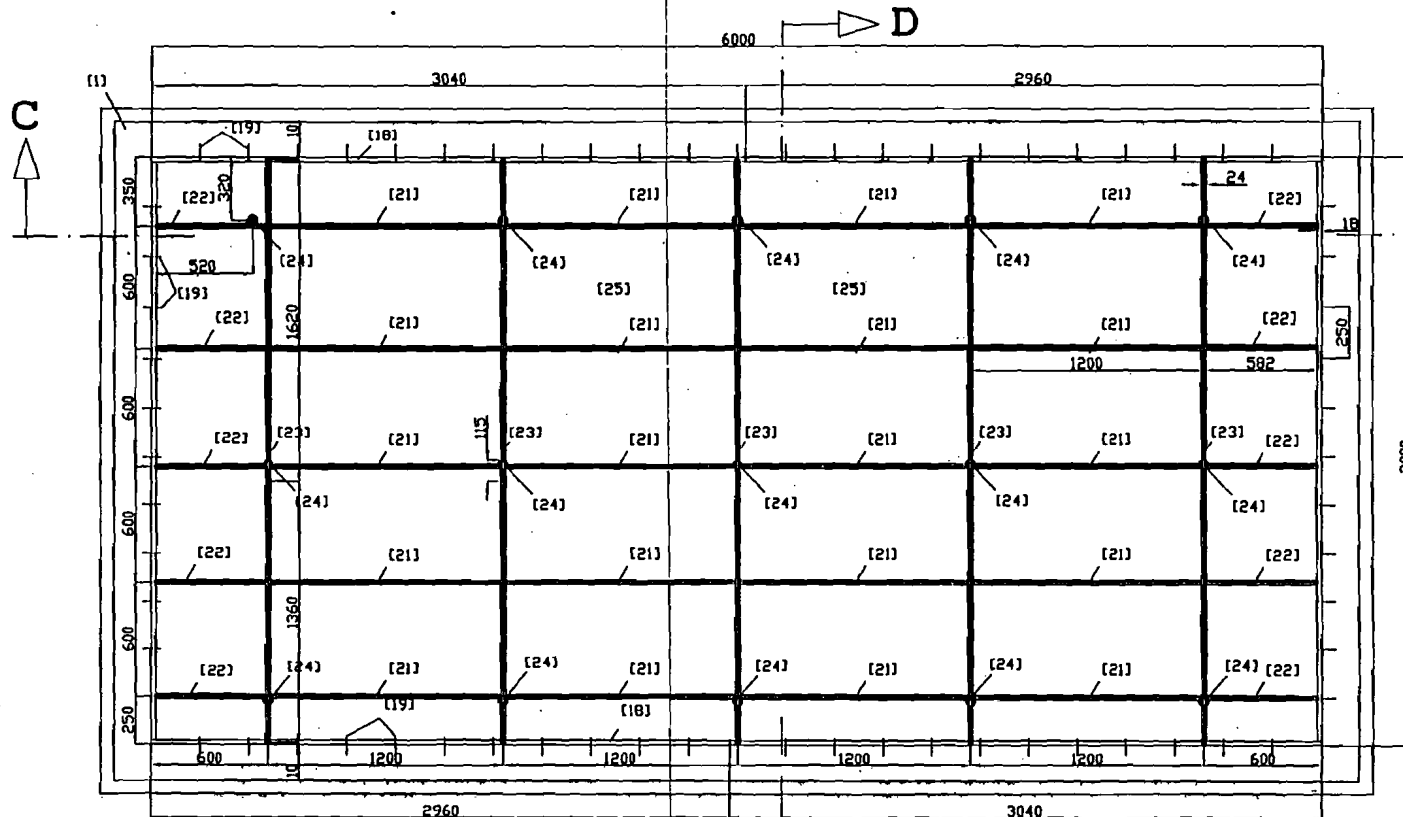
Planzicht - Grndlaag van de afdichting (15)

LABORATORIUM VOOR
AANWENDING DER BRANDSTOPPEN
EN WARMTE-OVERDRACHT
Omergensesteenweg 711 - 9000 GENT
tel 09/243.77.50 Fax 09/243.77.51

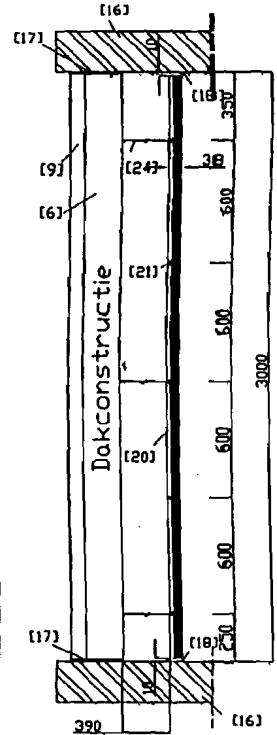


Planzicht - plafondpanelen [25] - plaats van de ophangpunten

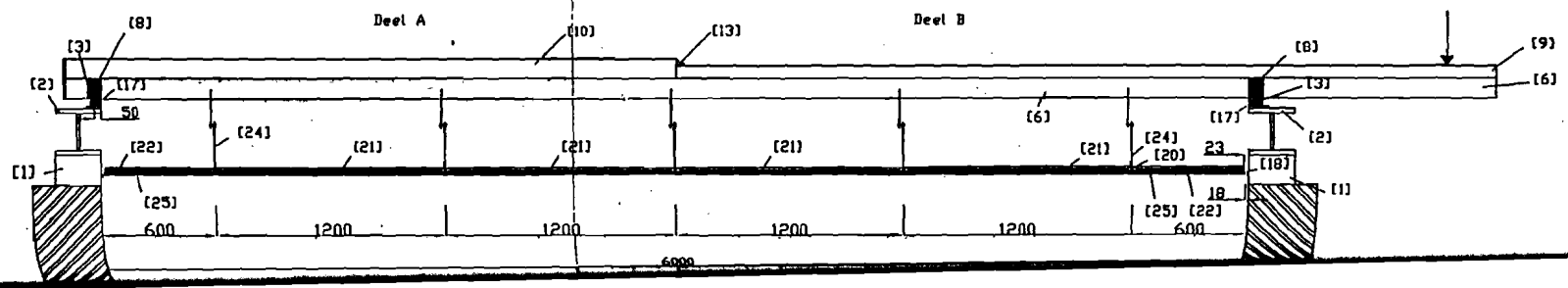
LABORATORIUM VOOR
 AANWENDING DER BRANDSTOFFEN
 EN WARMTE-OVERDRACHT
 Orlaansesteenweg 711 - 9000 GENT
 T 09/243.77.50 Fax 09/243.77.51



Doorsnede DD

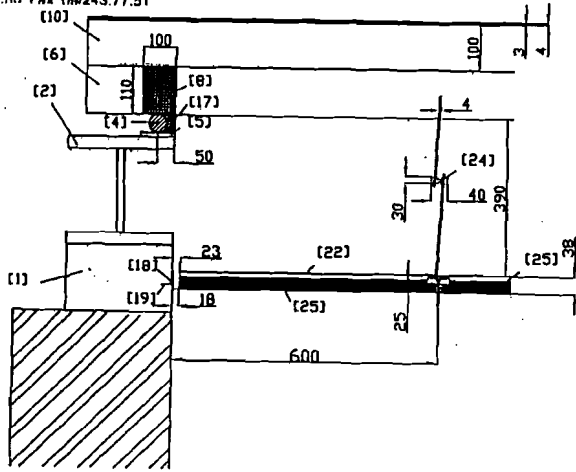


Doorsnede CC

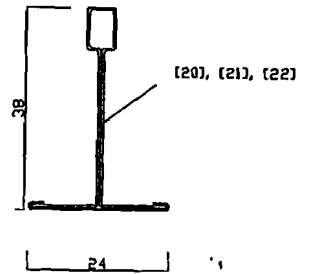
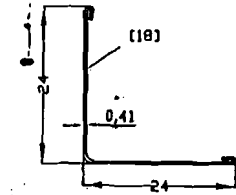
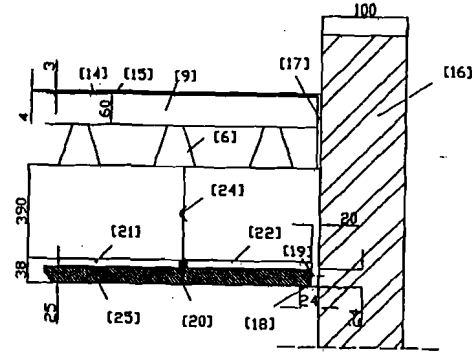


Detail 1

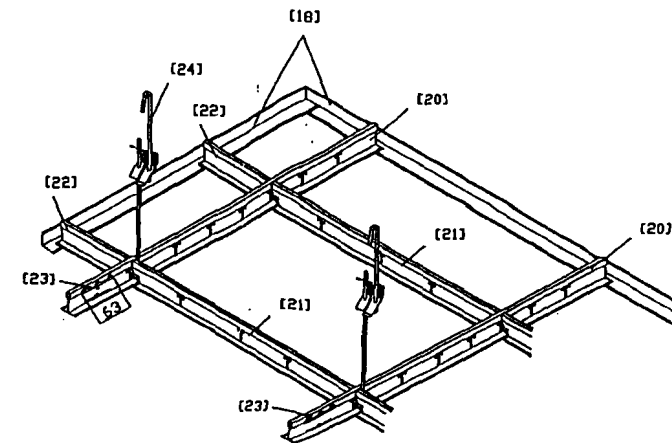
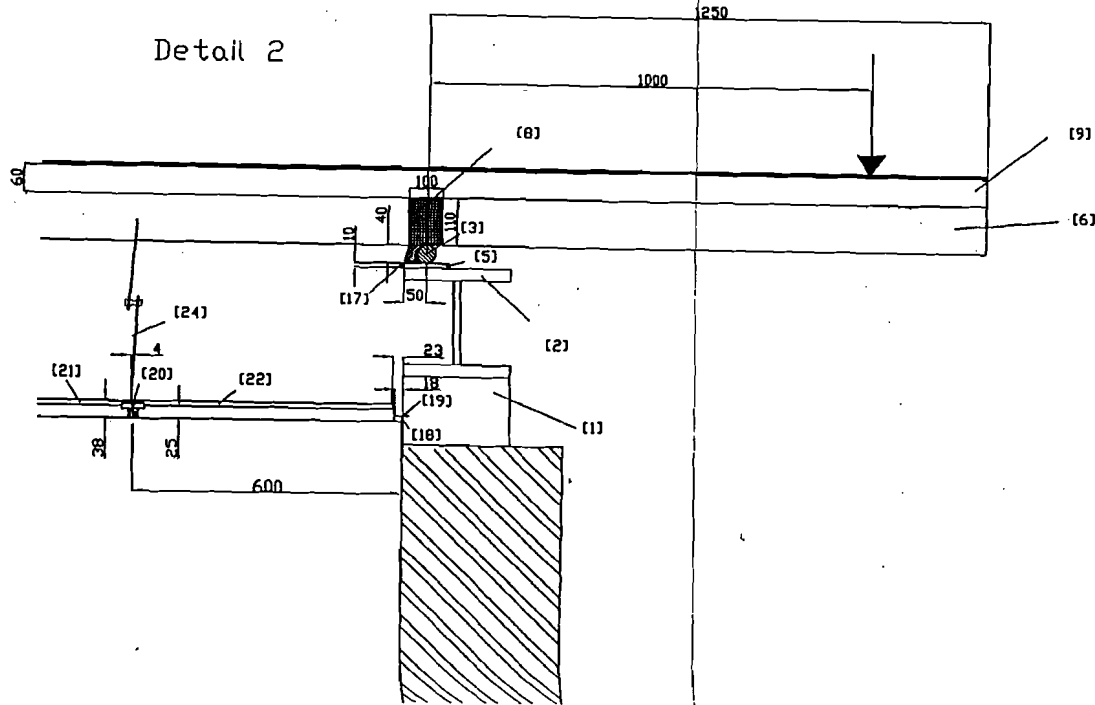
LABORATORIUM VOOR
AANWENDING DER BRANSTOFFEN
"EN WARMTE-OVERDRACHT"
Othergemsesteenweg 711 - 9000 GENT
tel. 09/243.77.50 Fax 09/243.77.51



Detail 3



Detail 2



LEGENDE

- [1] Ovenkader – binnenafmetingen: 6000 mm x 3000 mm.
- [2] Ligger – type: HEM 220.
- [3] Vaste oplegrol – diameter: 40 mm – lengte: 3000 mm – vast gelast op stalen plaat [5].
- [4] Losse oplegrol – diameter: 40 mm – lengte: 3000 mm – los opgelegd op stalen plaat [5].
- [5] Stalen plaat met afmetingen: 3000 mm x 100 mm x 10 mm.
- [6] Stalen geprofileerde plooiplaten – fabrikant: HAIRONVILLE METALPROFIL – merk en type: METALPROFIEL 106.250/3T – afmetingen: 7500 mm x 750 mm (werkende breedte) – dikte: 0,75 mm (MW) – gewicht: 51,20 kg (MW).
- [7] Zelfborende schroeven – geel verzinkt staal – merk en type: L.R. ETANCO FC-R2 ZBJ – lengte: 17 mm (MW) – diameter 4,8 mm.
- [8] Rotswol – trapeziumvormig – initiële afmetingen: 110 mm x 107 mm x 48 mm, breedte: 100 mm – volumemassa: 120 kg/m³.
-
- [9] Isolatieplaten – fabrikant: ROCKWOOL BV – merk en type: ROCKWOOL TAUROX DUO ^{NP} Bitufilm – standaardafmetingen: 1250 mm x 600 mm – dikte: 60 mm – gewogen massa: 9,09 kg (MW).
- [10] Isolatieplaten – fabrikant: ROCKWOOL BV – merk en type: ROCKWOOL TAUROX DUO ^{NP} Bitufilm – standaardafmetingen: 1250 mm x 600 mm – dikte: 100 mm – gewogen massa: 7,56 kg (MW).
- [11] Zelfborende schroeven – type: SFS IR2 – lengte: 80 mm (MW) of 140 mm (MW).

- [12] Verdeelplaatjes – type: SFS IF/IFT – afmetingen: 70 mm x 70 mm x 1 mm (MW).
- [13] Rotswol – driehoekige strook – lengte: 3000 mm – hoogte: 45 mm – breedte: 45 mm – volumemassa: 89 kg/m³ (MW).
- [14] Afdichting onderlaag – merk en type: DERBICOAT – breedte: 1100 mm – lengte: 3000 mm – dikte: 3 mm (MW) – gewicht: 3,5 kg/m².
- [15] Afdichting eindlaag – merk en type: DERBIGUM SP FR – breedte: 1100 mm – lengte: 3000 mm – dikte: 4 mm (MW) – gewicht: 4,2 kg/m².
- [16] Cellenbetonstenen – afmetingen: 600 mm x 250 mm – dikte: 100 mm.
- [17] Keramische wol – INSULFRAX.
- [18] Randprofiel – koudgewalst bandstaal, thermisch verzinkt (volgens de opdrachtgever) – type: CMC 1420 – afmetingen: 24 mm x 24 mm – dikte met verf: 0,41 mm (MW) – volgens de opdrachtgever aan beide zijden beschermd door een ovengedroogde epoxyprimer van 5µm en aan de zichtbare zijde afgewerkt met een polyesterlak van 20µm.
- [19] Splitplug – UPAT – EXN 5x26.

De profielen zijn volgens de opdrachtgever aan beide zijden beschermd door een ovengedroogde epoxyprimer van 5µm en aan de zichtbare zijde afgewerkt met een polyesterlak van 20µm.

- [20] Hoofdprofiel – T-profiel – type: CMC 850-30 – thermisch verzinkt (volgens de opdrachtgever) – type: CMC 850 – lengte: 1620 mm of 1360 mm – afmetingen: 38 mm x 24 mm – dikte: 0,4 mm.
- [21] Draagprofiel – T-profiel – type: CMC 854-30 – thermisch verzinkt (volgens de opdrachtgever) – lengte: 1200 mm – afmetingen: 38 mm x 24 mm – dikte: 0,4 mm.



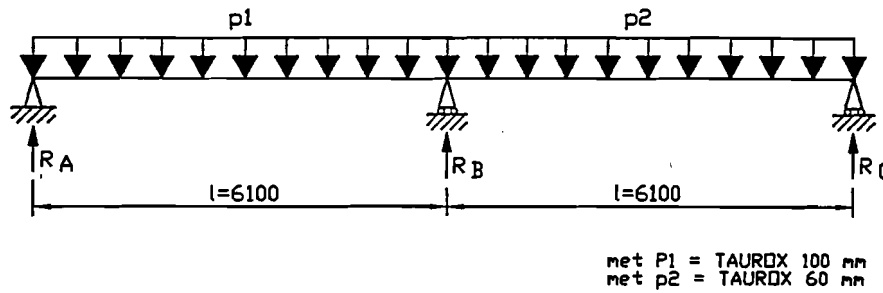
- [22] Draagprofiel – T-profiel – type: CMC 854-30 – thermisch verzinkt (volgens de opdrachtgever) – lengte: 582 mm – afmetingen: 38 mm x 24 mm – dikte: 0,4 mm.
- [23] Fire-break (uitzetelement) – lengte: 63 mm.
- [24] Snelophanger – type: CMC 11000 – bestaande uit:
- stalen draad – diameter: 4 mm (MW) – lengte: 400 mm (recht) (MW)
 - veerklem: buitenafmetingen: 45 mm x 30 mm x 40 mm – dikte: 0,8 mm (MW).
- [25] Plafondpanelen – fabrikant: ROCKFON – rotswol – met aan de zichtzijde een geverfd glasvlies (volgens de opdrachtgever) – afmetingen: 1192 mm x 592 mm x 25 mm – volumemassa: 90 kg/m³ (MW).

Berekeningsnota:

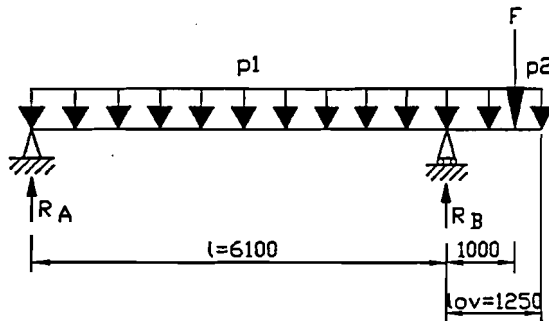
De bedoeling van de uitkraging is de volgende:

het moment in steunpunt B tijdens de proef moet hetzelfde zijn als het moment in het steunpunt B van een hyperstatisch systeem, bestaande uit twee overspanningen met een lengte van 6100 mm, onder een éénparig verdeelde belasting p_1 en p_2 , namelijk het eigen gewicht:

Hyperstatisch systeem:

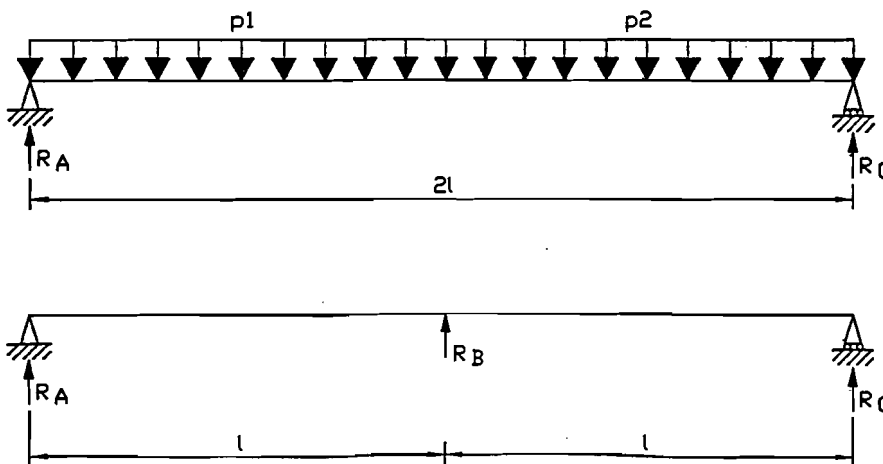


Dat gesimuleerd wordt door de volgende opstelling:



Berekening van het moment M_B in het hyperstatisch systeem:

het hyperstatisch systeem is te beschouwen als de superpositie van



Met de drie evenwichtsvergelijkingen:

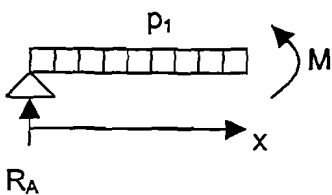
$$R_A + R_B + R_C = p_1 \ell + p_2 \ell \quad (1)$$

$$\begin{aligned} M_B &= R_A \ell - p_1 \ell^2 \frac{1}{2} & \Leftrightarrow R_C &= R_A - p_1 \ell \frac{1}{2} + p_2 \ell \frac{1}{2} \\ &= R_C \ell - p_2 \ell^2 \frac{1}{2} & & \end{aligned} \quad (2)$$

\Leftrightarrow

uit (1) en (2): $R_B = -2 R_A + 3/2 p_1 \ell + 1/2 p_2 \ell$

(3) Hoekverdraaiing $\alpha_{\text{Blinks}} = -\alpha_{\text{Brechts}}$



$$M(x) = R_A x - p_1 x^2 \frac{1}{2}$$

$$\frac{dV}{dx} = \alpha(x) = \frac{1}{2} R_A x^2 - \frac{1}{2} p_1 x^3 \frac{1}{3} + C_0$$

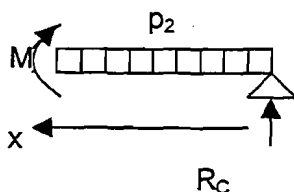
$$v(x) = \frac{1}{2} R_A x^3 \frac{1}{3} - \frac{1}{6} p_1 x^4 \frac{1}{4} + C_0 x + C_1$$

Met de verplaatsing of de doorbuiging zijnde voor $x = 0$, $x = \ell$:

$$V(x=0) \quad C_1 = 0$$

$$\begin{aligned} V(x=\ell) \quad \frac{1}{6} R_A \ell^3 - \frac{1}{24} p_1 \ell^4 + C_0 \ell &= 0 \\ \Leftrightarrow C_0 &= \frac{1}{24} p_1 \ell^3 - \frac{1}{6} R_A \ell^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \alpha_{\text{Blinks}}(x=\ell) &= \frac{1}{2} R_A \ell^2 - \frac{1}{2} p_1 \ell^3 \frac{1}{3} + \frac{1}{24} p_1 \ell^3 - \frac{1}{6} R_A \ell^2 \\ &= \frac{1}{3} R_A \ell^2 - \frac{1}{8} p_1 \ell^3 \end{aligned} \quad (4)$$



$$M(x) = R_C x - p_2 x^2 \frac{1}{2}$$

$$\frac{dV}{dx} = \sigma(x) = \frac{1}{2} R_C x^2 - \frac{1}{2} p_2 x^3 \cdot \frac{1}{3} + C_0$$

$$V(x) = \frac{1}{2} R_C x^3 \cdot \frac{1}{3} - \frac{1}{6} p_2 x^4 \cdot \frac{1}{4} + C_0 x + C_1$$

Met de verplaatsing of de doorbuiging nul zijnde voor $x = 0$:

$$V(x=0) \quad C_1 = 0$$

$$V(x=l) \quad \frac{1}{6} R_C l^3 - \frac{1}{24} p_2 l^4 + C_0 l = 0$$

$$\Leftrightarrow C_0 = \frac{1}{24} p_2 l^3 - \frac{1}{6} R_C l^2$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \sigma_{\text{Brechts}}(x=l) &= \frac{1}{2} R_C l^2 - \frac{1}{2} p_2 l^3 \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{24} p_2 l^3 - \frac{1}{6} R_C l^2 \\ &= \frac{1}{3} R_C l^2 - \frac{1}{8} p_2 l^3 \end{aligned} \quad (5)$$

$$(4) = (5): \quad \frac{1}{3} R_A l^2 - \frac{1}{8} p_1 l^3 = -(\frac{1}{3} R_C l^2 - \frac{1}{8} p_2 l^3)$$

$$\text{en } R_C = R_A - p_1 l \cdot \frac{1}{2} + p_2 l \cdot \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{3} R_A l^2 - \frac{1}{8} p_1 l^3 = -\frac{1}{3} (R_A - p_1 l \cdot \frac{1}{2} + p_2 l \cdot \frac{1}{2}) l^2 + \frac{1}{8} p_2 l^3$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{3} R_A l^2 - \frac{1}{8} p_1 l^3 = -\frac{1}{3} l^2 (R_A - p_1 l \cdot \frac{1}{2} + p_2 l \cdot \frac{1}{2}) + \frac{1}{8} p_2 l^3$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{3} R_A l^2 - \frac{1}{8} p_1 l^3 = -\frac{1}{3} l^2 R_A + \frac{1}{6} p_1 l^3 - \frac{1}{6} p_2 l^3 + \frac{1}{8} p_2 l^3$$

$$\Leftrightarrow R_A - \frac{3}{8} p_1 l = -R_A + \frac{1}{2} p_1 l - \frac{1}{2} p_2 l + \frac{3}{8} p_2 l$$

$$\Leftrightarrow 2 R_A = \frac{7}{8} p_1 l - \frac{1}{8} p_2 l$$

$$\Leftrightarrow R_A = \frac{7}{16} p_1 l - \frac{1}{16} p_2 l$$

$$R_C = -\frac{1}{16} p_1 l + \frac{7}{16} p_2 l$$

$$R_B = \frac{10}{16} p_1 l + \frac{10}{16} p_2 l$$

Het moment M_B in het hyperstatisch systeem is:

$$M_B = -\frac{1}{16} (p_1 + p_2) l^2 \quad (6)$$

Het moment M_B in de proefopstelling is:

$$\begin{aligned} M_B &= F \cdot 1 + \frac{1}{2} p_2 \cdot l_{ov}^2 \\ &= F \cdot 1 + \frac{1}{2} p_2 \cdot (1,25)^2 \end{aligned} \quad (7)$$

als we deze momenten M_B , (4) = (5) gelijkstellen kunnen wij de lijnlast F berekenen.

$$F = \frac{1}{16} (p_1 + p_2) (6,1)^2 - \frac{1}{2} p_2 \cdot (1,25)^2 \quad (8)$$

berekening van de belasting p_1 (in kg/m)

dakvloer in stalen plooiplaten (51,20 kg per stuk)

$$3 \text{ m} \times 9,1 \text{ kg/m}^2 = 27,3 \text{ kg/m}$$

bevestiging stalen plooiplaten 21 stuks \times 0,0091 kg / 7,5 m = 0,0255 kg/m

afdichten plooiplaten met rotswol (trapeziumvormig)

$$24 \text{ stuks} \times 0,130 \text{ kg} / 7,5 \text{ m} = 0,416 \text{ kg/m}$$

dakisolatie 100 mm Taurox bitufilm (er wordt extra gewicht geplaatst bij p_2 om p_1 te bereiken)

$$3 \text{ m} \times (16,8) \text{ kg/m}^2 = 50,4 \text{ kg/m}$$

bevestiging dakisolatieplaten 150 st. \times (0,0493) kg / 7,5 m = 0,986 kg/m

afdichting: onderlaag 3 m \times 3,5 kg/m² = 10,5 kg/m

eindlaag 2,96 m \times 4,2 kg/m² = 12,6 kg/m

plafond 3 m \times 2,9 kg/m² = 8,7 kg/m

$$\text{Totaal belasting } p_1 = 110,9 \text{ kg/m}$$

De berekening van de totale belasting p_2 is identiek aan bovenstaande berekening, maar de dakisolatie 60 mm Taurox bitufilm met een gewicht van 36 kg/m wordt in rekening gebracht. Zodoende bedraagt de **totale belasting p_2 96,5 kg/m**.

Indien we ook de instortbeveiligingsankers en het meetstatief mee in rekening brengen bekomen we:

bijkomend gewicht van één instort-beveiligingsanker $P = 1 \text{ kg}$

bijkomend gewicht van één meetstatief $S = 4,457 \text{ kg}$

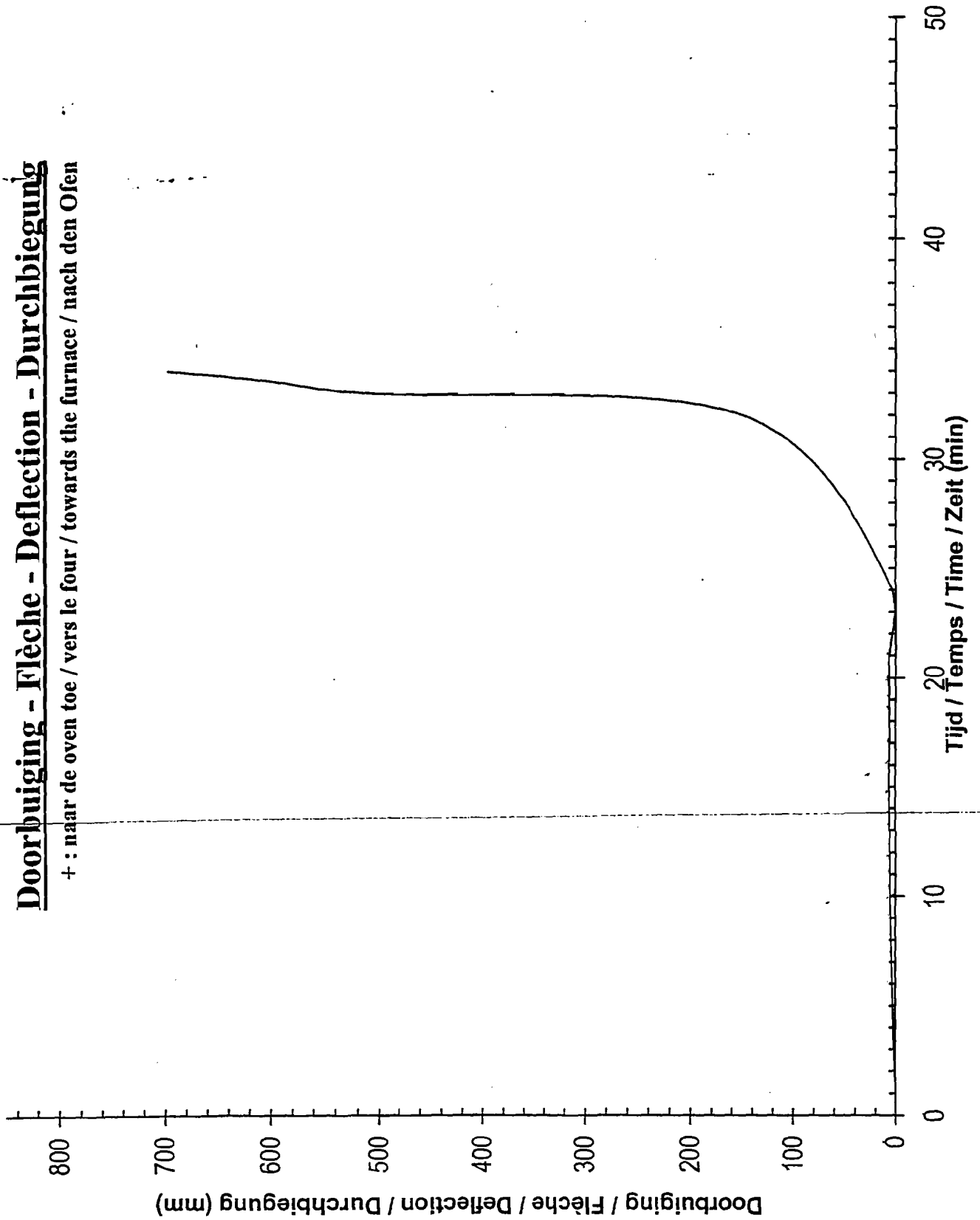
$$(8) \quad F = 1/16 (p_1 + p_2)(6,1)^2 - 1/2 p_2(1,25)^2 + P \cdot 1,25 + \frac{1}{2} (P + S) \cdot 3,00 + P \cdot 4,75$$

$$F = 1/16(110,9 + 96,5) \cdot (6,1)^2 + 1 \cdot 1,25 + \frac{1}{2} (5,457) \cdot 3,00 + 1 \cdot 4,75 - \frac{1}{2} 96,5 \cdot (1,25)^2$$

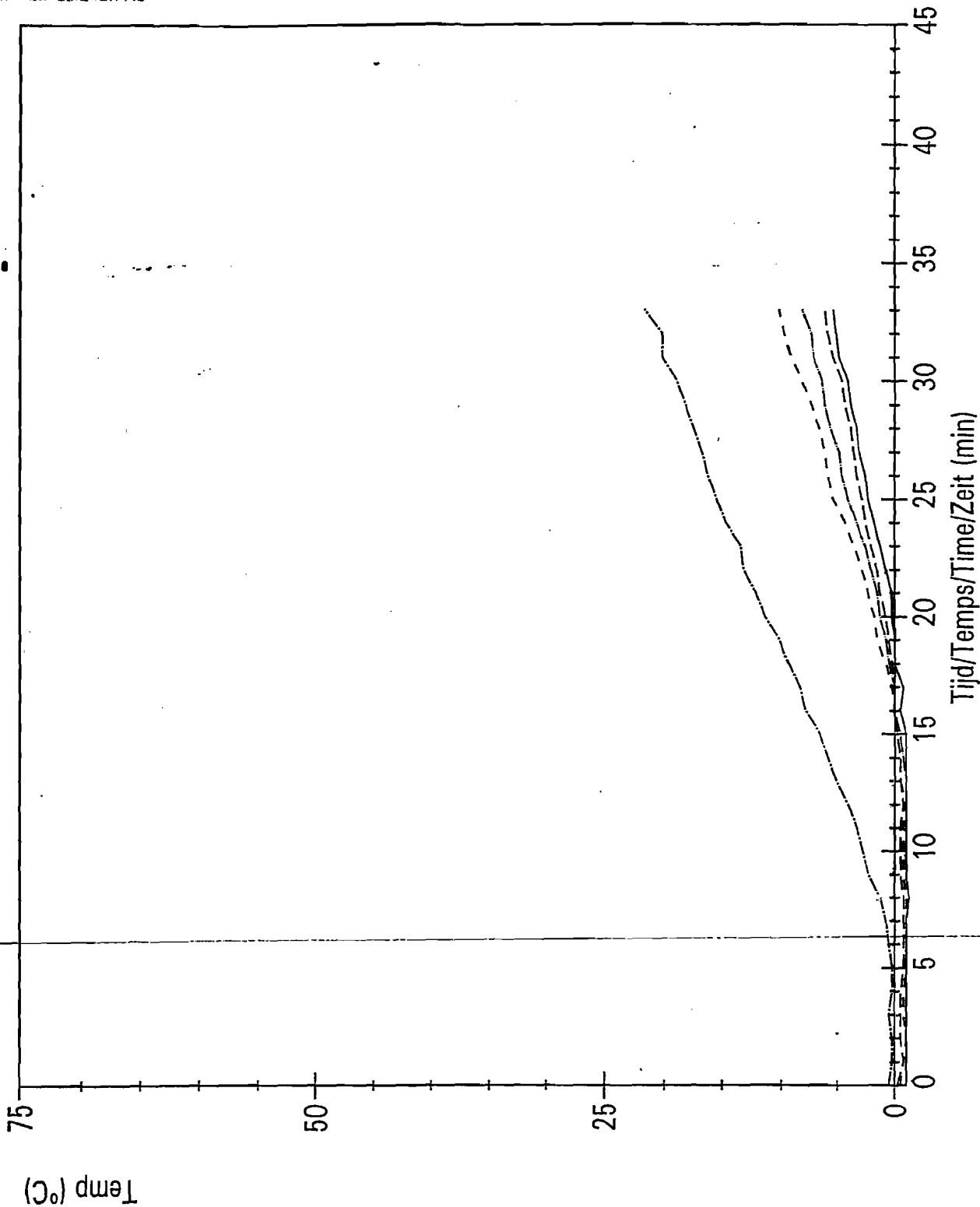
$$F = 421 \text{ kg}$$

Doorbuiging - Flèche - Deflection - Durchbiegung

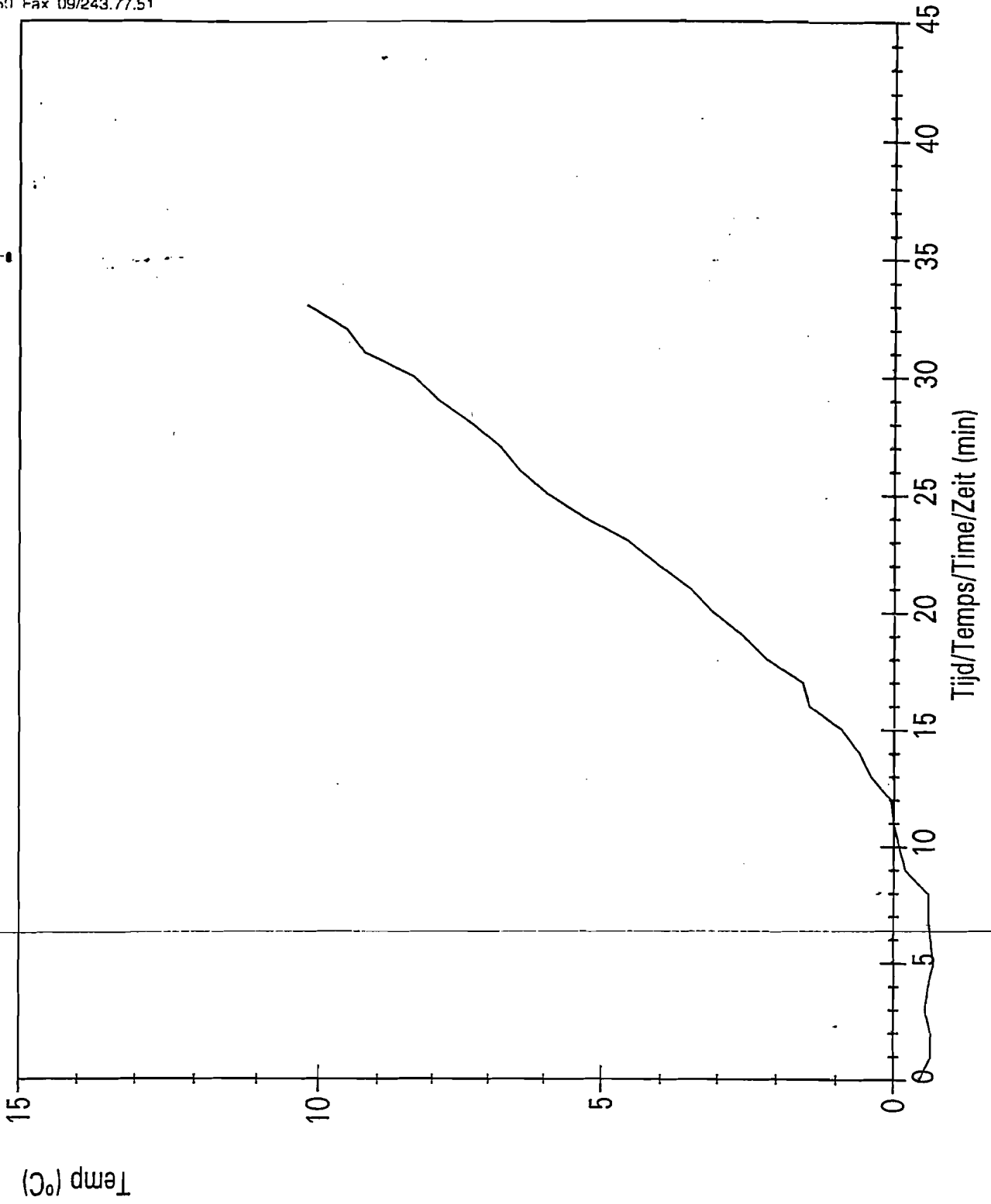
+ : naar de oven toe / vers le four / towards the furnace / nach den Ofen



—A

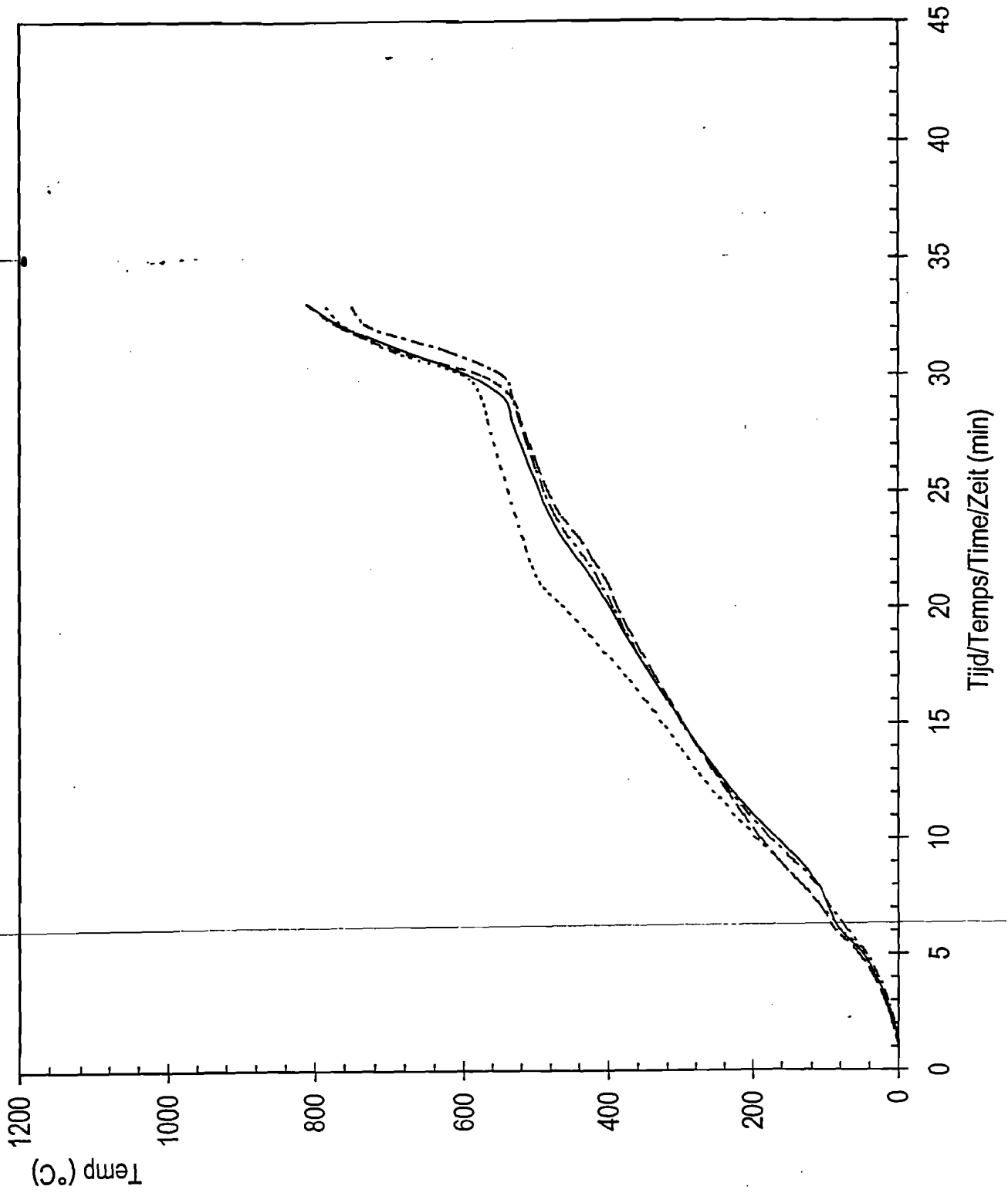


Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen
— nr. 1
- - nr. 2
- - - nr. 3
- · - nr. 4
- - - - nr. 5



Gemiddelde
 temp. stijging
 Augmentation de
 la temp. moyenne
 Mean temp. rise
 Mittlere Temp.
 Erhöhung

— nr. 1-5



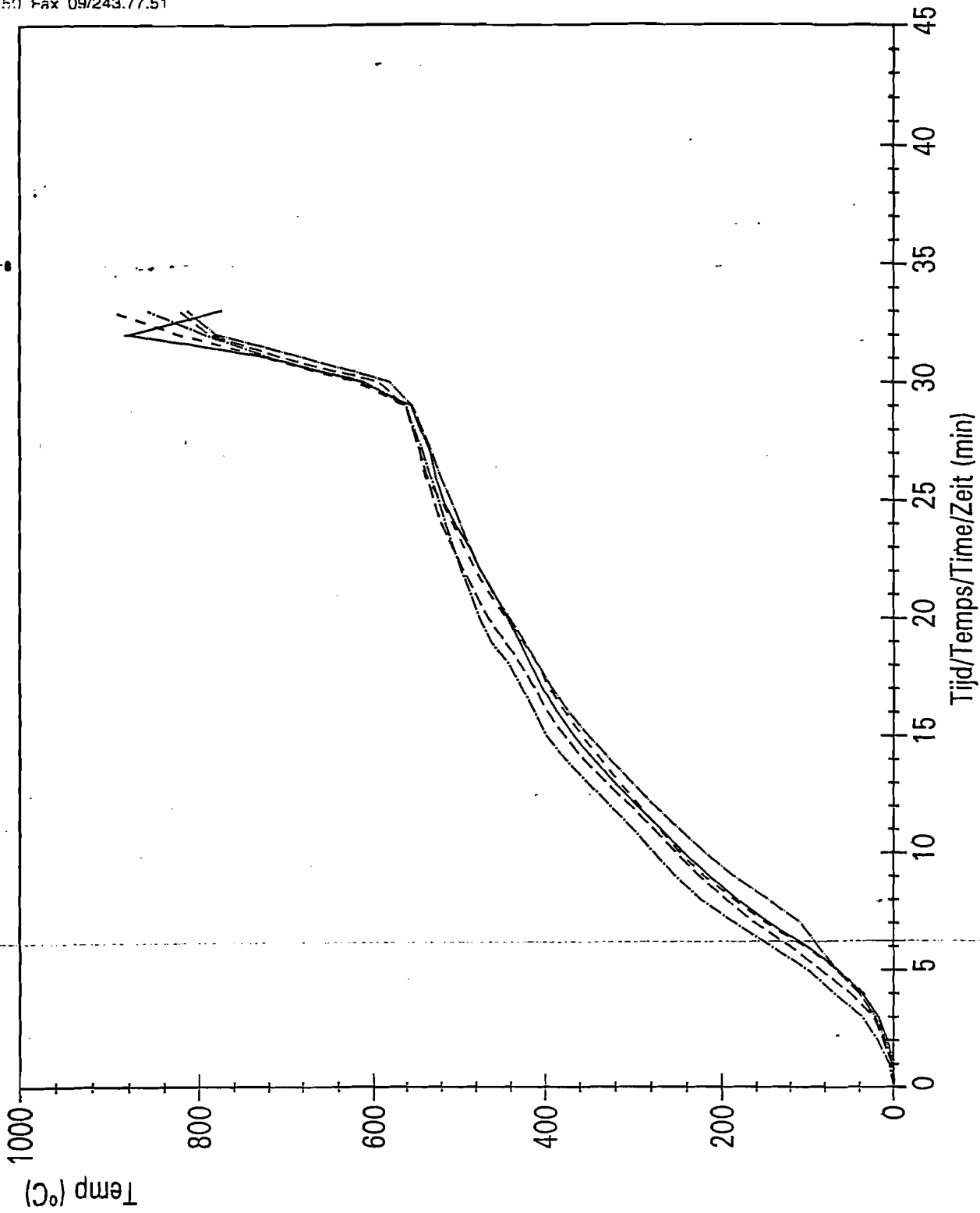
Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen

— Nr. 6

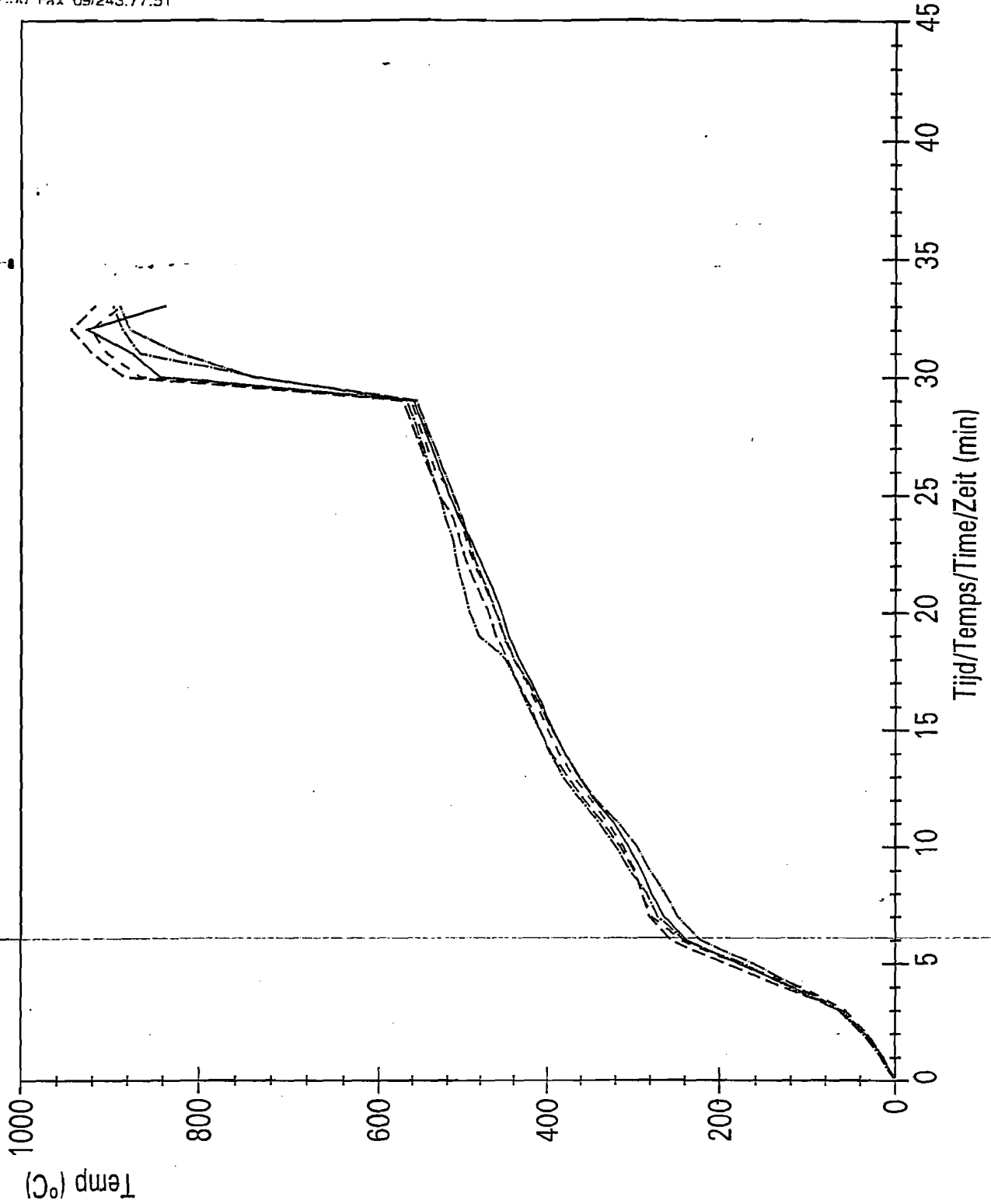
- - - Nr. 7

..... Nr. 8

- · - · - Nr. 9



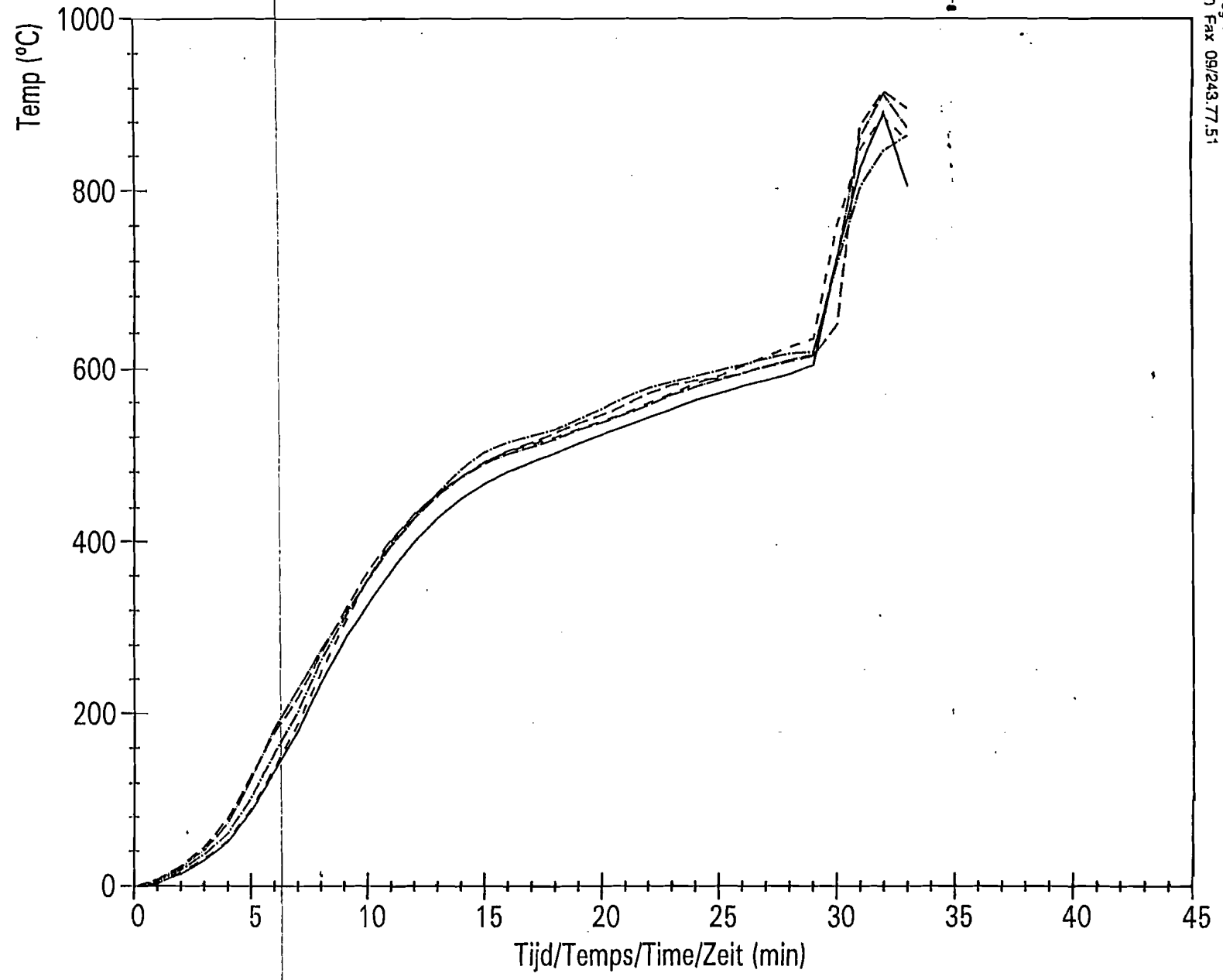
Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen
— nr. 11
- - nr. 12
- - nr. 13
- - nr. 14
- - nr. 15

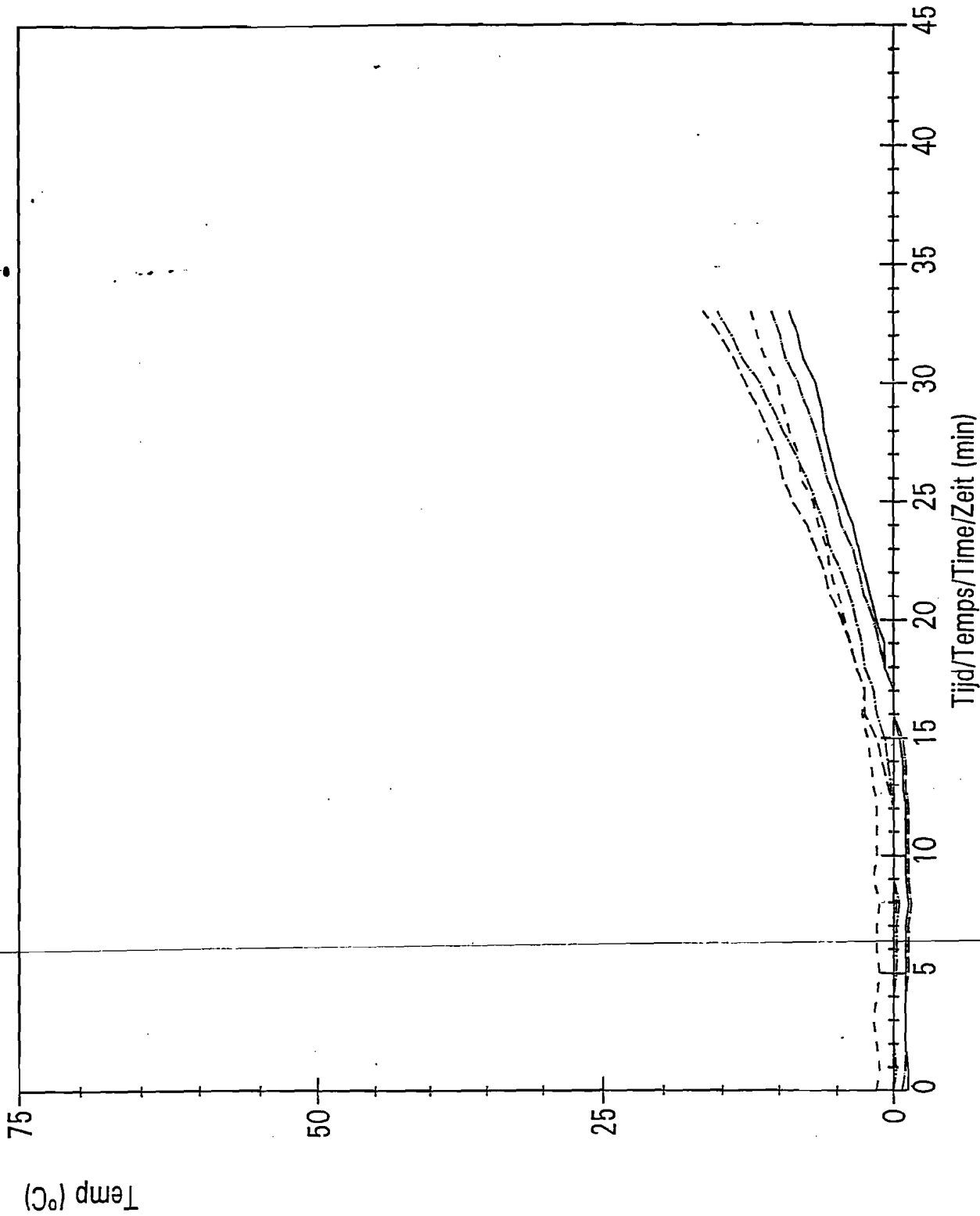


Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen
— nr. 16
- - - nr. 17
- - - nr. 18
- - - nr. 19
- - - nr. 20

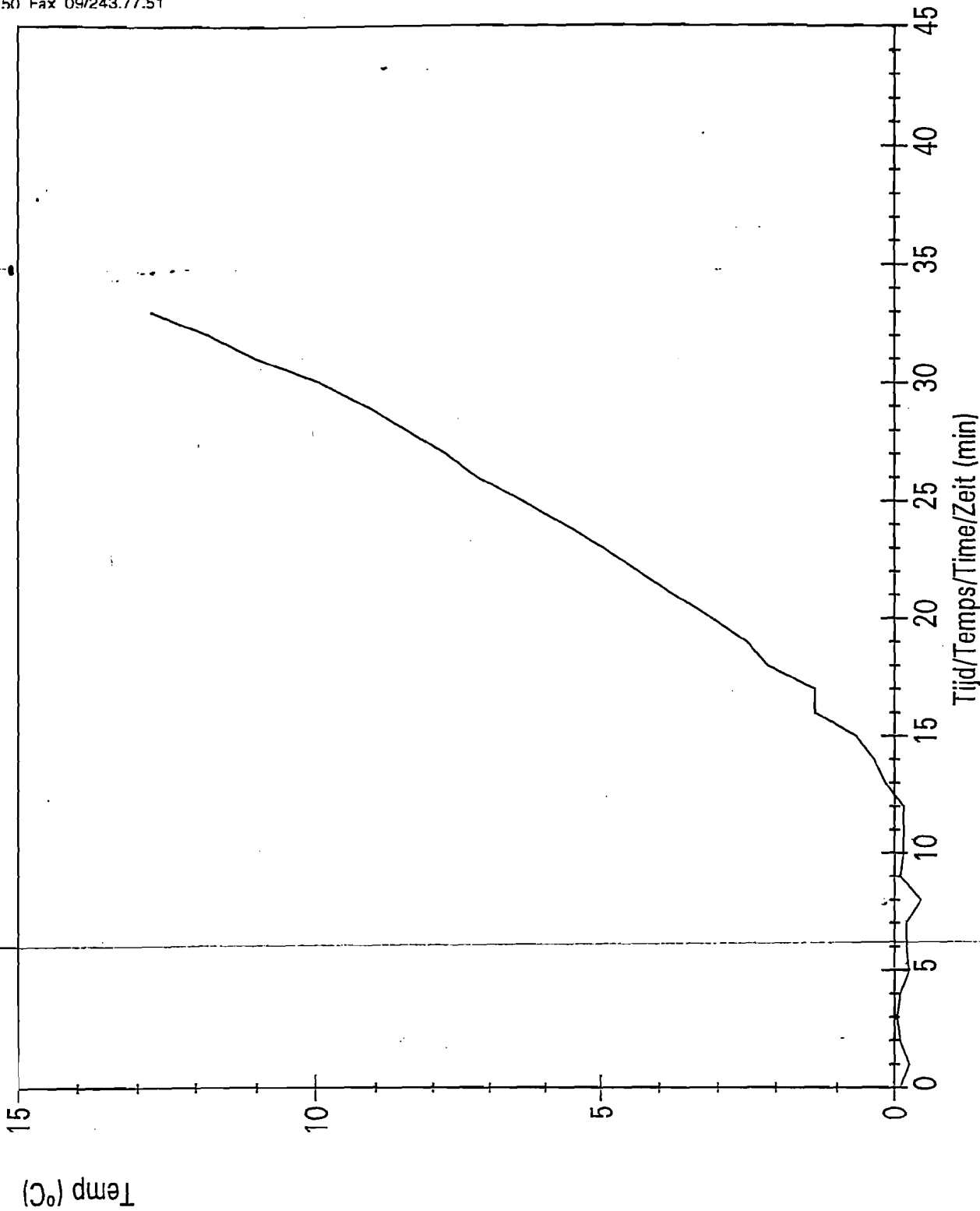
Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen

- nr. 21
- - - nr. 22
- - - nr. 23
- - - nr. 24
- · - nr. 25



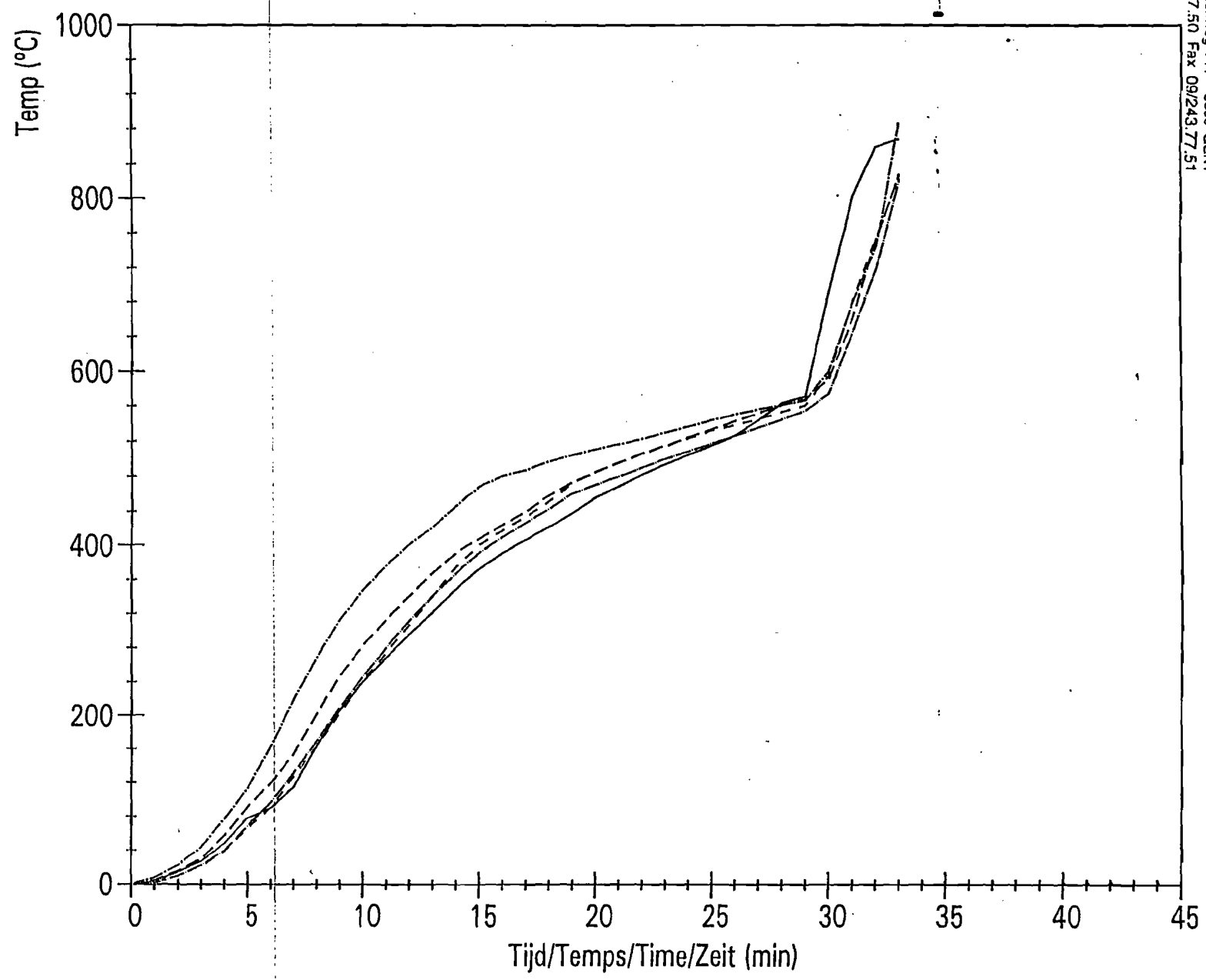


- Thermokoppels
- Thermocouples
- Thermocouples
- Thermoelementen
- nr. 26
- - - nr. 27
- - - nr. 28
- - - nr. 29
- - - nr. 30



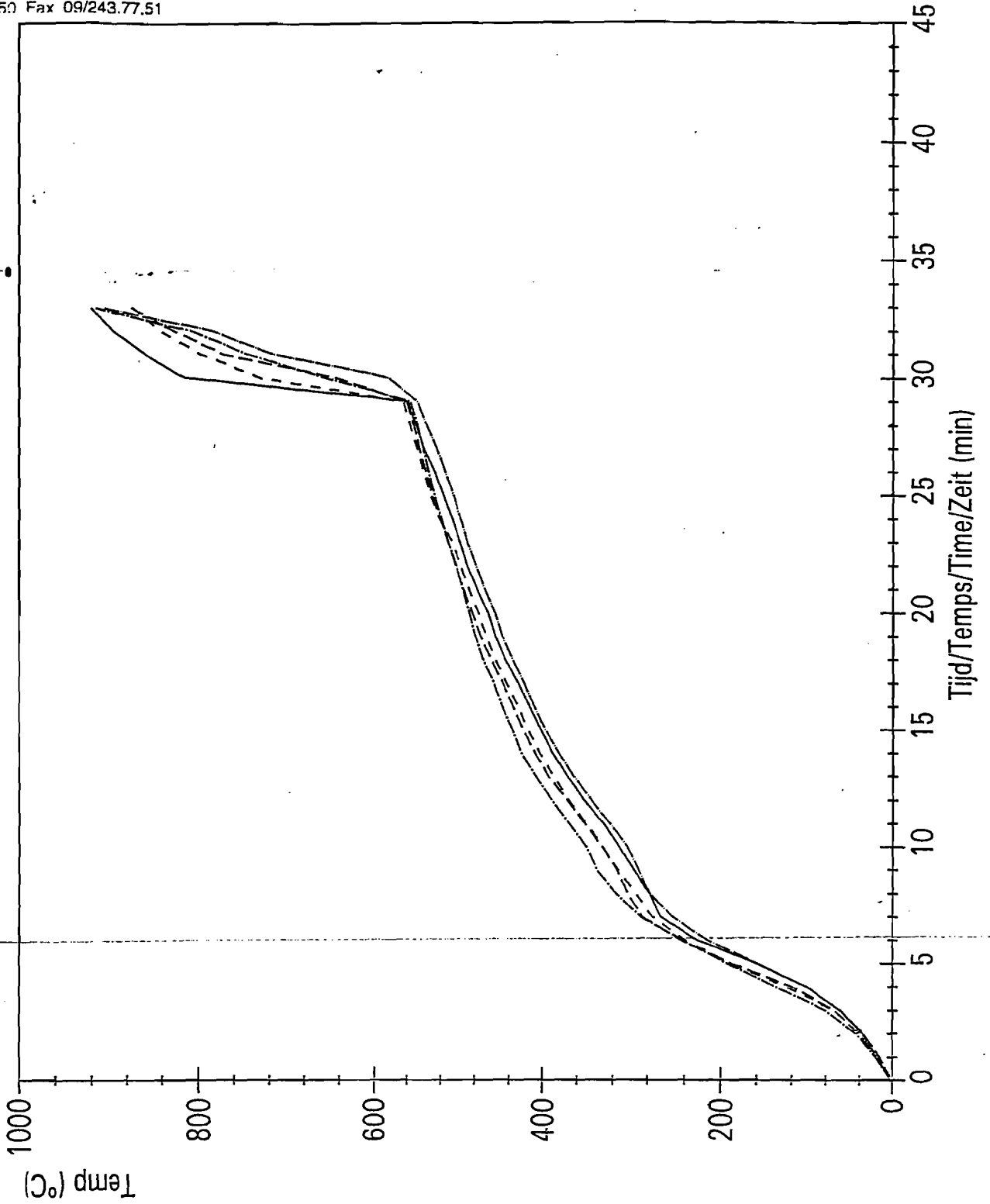
Gemiddelde
temp. stijging
Augmentation de
la temp. moyenne
Mean temp. rise
Mittlere Temp.
Erhöhung

— nr. 26-30



Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen

- nr. 31
- - - nr. 32
- - - nr. 33
- - - nr. 34
- - - nr. 35



Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen
— nr. 36
- - nr. 37
- - nr. 38
- - nr. 39
- - nr. 40

Thermokoppels
Thermocouples
Thermocouples
Thermoelementen

- nr. 41
- - - nr. 42
- - - nr. 43
- - - nr. 44
- - - nr. 45

