

Rapport

Centrumplan Etten-Leur; CFD studie van de rookverspreiding
in de parkeergarage in geval van brand.

Rapportnummer G 3703-6 d.d. 25 februari 2002 *(gewijzigd 21 mei 2002)*

Opdrachtgever: BVR Bouw Roosendaal B.V.

Rapportnummer: G 3703-6

Datum: 25 februari 2002

Ref.: JM/DdB/MvM/G 3703-6-RA

Lid ONRI
ISO-9001 gecertificeerd

Adviesbureau
Peutz & Associés B.V.
Paletsingel 2, Postbus 696
2700 AR Zoetermeer
Tel. (079) 361 49 92
Fax (079) 361 49 85
zoetermeer@peutz.nl

Adviesbureau
Peutz & Associés B.V.
Lindenlaan 41, Molenhoek
Postbus 66, 6585 ZH Mook
Tel. (024) 388 00 77
Fax (024) 358 51 50
mook@peutz.nl

Peutz Consult GmbH
Kolberger Strasse 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Peutz & Associés S.A.R.L.
34 Rue de Paradis
75010 Paris
Tel. +33 1 452 305 00
Fax +33 1 452 305 04
peutz@club-internet.fr

Opdrachten worden aanvaard
en uitgevoerd volgens de
'Regeling van de verhouding
tussen opdrachtgever en
adviserend ingenieursbureau'
(RVOI-1998). Ingeschreven
KvK onder nummer 12028033.
BTW identificatienummer
NL004933837B01

Inhoud	pagina
1. INLEIDING	3
2. BEREKENINGSMETHODIEK	4
2.1. Simulatiemethode	4
2.2. Brandkarakteristieken	4
2.3. Beoordelingscriterium	4
3. PARKEERGARAGE EN VENTILATIESYSTEEM	6
4. BEREKENINGSRESULTATEN	7
4.1. Scenario I	7
4.2. Scenario II	7
4.3. Scenario III	8
4.4. Scenario IV	8
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE	9

1. INLEIDING

Door BVR Bouw Roosendaal B.V. wordt in het centrum van Etten-Leur een gedeelte van het Centrumplan ontwikkeld. Onderdeel van dit plan vormt een ondergrondse parkeergarage van ca. 25.000 m². Deze garage wordt uitgevoerd als één grote open ruimte. Teneinde de rookverspreiding in geval van een eventuele brand te beperken zal de garage door PSB voorzien worden van een (stuwdruk) ventilatiesysteem, zgn. virtuele rookcompartimentering. In opdracht van BVR is een beoordeling uitgevoerd van de te verwachten rookverspreiding in geval van brand in de garage. Daartoe zijn de luchtstromingen ten gevolge van het ventilatiesysteem en de brand berekend met behulp van CFD technieken (CFD=Computational Fluid Dynamics).

In voorliggende rapportage worden de resultaten van deze berekeningen gepresenteerd.

2. BEREKENINGSMETHODIEK

2.1. Simulatiemethode

De berekeningen zijn verricht met behulp van het Computational Fluid Dynamics (CFD)-pakket PHOENICS (versie 3.3). Dit pakket is gebaseerd op de zogenaamde eindige-volumen-methode. Bij deze methode wordt de geometrie waarin de te simuleren stroming plaatsvindt verdeeld in een eindig aantal volumecellen. Binnen een cel worden de condities constant worden verondersteld. De berekende stromingsgrootheden zijn de druk, drie snelheidscomponenten, de luchttemperatuur, de stralingstemperatuur, de rookdichtheid en de grootheden welke behoren tot het turbulentiemodel. Bij de modellering van de turbulentie is gebruik gemaakt van het zogenaamde k-ε model inclusief het buoyancy (thermische) effect op de turbulentie. De relaties tussen de stromingsgrootheden in de volumecellen en die in de aangrenzende volumecellen zijn voor elke volumecel vastgelegd door elementaire thermische- en mechanische differentievergelijkingen. Na toevoeging van de randvoorwaarden en warmte- of impulsbronnen wordt het stromingsprobleem op iteratieve wijze opgelost. Voor de warmte- en impulsoverdracht naar wanden wordt hierbij gebruik gemaakt van de standaard wandfuncties.

Voor het onderhavige project zijn instationaire (dynamische) berekeningen uitgevoerd. Dat wil zeggen dat ook de tijd gedurende de brand in verschillende rekenstappen is verdeeld, waardoor het ook het gedrag van het stromingsbeeld in de tijd is gesimuleerd.

2.2. Brandkarakteristieken

De berekeningen zijn verricht voor een standaard verloop van de autobrand. Het verloop van de brand is weergegeven in figuur 1. Het is gebaseerd op metingen van TNO [1]. Bij dit verloop wordt uitgegaan van een totale verbrandingswarmte van een auto van ca. 7 GJ en een piekvermogen ca. 6 MW.

Voor de rookproductie is uitgegaan van de waarden bepaald door TNO [1]. Bij de berekening wordt er van uitgegaan dat de rookproductie evenredig is met het brandvermogen.

Bij de berekening is uitgegaan van 1 auto die volledig uit brand. In de praktijk is overslag tussen auto's niet geheel uitgesloten. Een eventueel tweede brandende auto bereikt het maximale vermogen na ongeveer een half uur. Door de aanwezigheid van een branddetectie-installatie zal de brandweer tijdig gewaarschuwd worden. Naar verwachting zal tussen de 15 en 30 minuten (standaard brandverloop industriegebouw) water op het vuur zijn waardoor een eventueel tweede brandende auto niet tot ontwikkeling zal komen.

2.3. Beoordelingscriterium

Op basis van de rookproductie van de brand wordt in ieder punt in de garage de rookdichtheid en het verloop van de rookdichtheid in de tijd berekent. De resulterende

rookdichtheid kan worden omgerekend naar een 'zichtlengte' betrokken op lichtgevende voorwerpen, zoals een vluchtwegaanduiding [2]. Op deze wijze kan voor elke locatie in de parkeergarage worden bepaald over welke afstand dergelijke aanduidingen nog zijn te zien. Er geldt:

$$Z = \frac{8}{2,3 \cdot D}$$

waarin Z de zichtlengte [m] naar *lichtgevende* voorwerpen is en D de optische dichtheid. Indien de optische dichtheid in een bepaald deel van de garage bijvoorbeeld $0,12 \text{ m}^{-1}$ bedraagt is een 'uit'-bordje nog over een afstand van ca. 30 m zichtbaar.

Wat betreft het lokaliseren van een brand kan gesteld worden dat een brand over grotere afstanden zichtbaar is dan bijvoorbeeld een 'uit'-bordje doordat een brand over een groter oppervlak licht uit straalt. Uit oriënterende berekeningen blijkt dat de zichtlengte naar een brand 5 tot 10 x groter is.

De functie van het ventilatiesysteem is het zo veel mogelijk beperken van de rookverspreiding. Daarnaast is het in verband met repressie ook noodzakelijk dat de brand goed benaderbaar is door de brandweer. Aan deze eis wordt voldaan als de brandweer 'met de wind in de rug' de brand kan benaderen. Hierbij dient de brand goed te lokaliseren te zijn.

3. PARKEERGARAGE EN VENTILATIESYSTEEM

Voor de opbouw van de garage is uitgegaan van tekeningnr. 606/ECPA/100 gedateerd 21-05-2001 met als laatste wijzigingsdatum 20-11-2001. Een schematische weergave van de garage is weergegeven in figuur 2 en 3. De lengte van de garage is ca. 424 m, de breedte bedraagt ca. 64 m en de hoogte is ca. 2,6 m. Aan de oost- en de westzijde is de garage voorzien van een in/uitrit. Tussen as 20 en as 28 is in de garage aan de noordzijde van de garage een lob geprojecteerd met een oppervlak van ca. 800 m².

In de garage is een ventilatiesysteem geprojecteerd welk bestaat uit stuwdrukventilatoren en toe- en afvoer ventilatoren. De stuwdrukventilatoren dienen in geval van brand de rookverspreiding te beperken waarbij de toe- en afvoerventilatoren dienen voor het toevoeren van schone lucht of het afvoeren van met rook vervuilde lucht. Voor de positie van de stuwdrukventilatoren is uitgegaan van PSB tekeningnr. P1085100b gedateerd 23-10-2001.

De toe- en afvoer ventilatoren bevinden zich onder de oostelijk gelegen in/uitrit en hebben een gezamenlijke capaciteit van 375.000 m³/uur. Teneinde de rookverspreiding zo sterk mogelijk te beperken is de garage in zones verdeeld. De locatie van de brand wordt bepaald middels het branddetectiesysteem waarna de voor de betreffende zone aangewezen stuwdrukventilatoren in werking treden (e.e.a. conform de opgave van PSB). Indien de brand zich bevindt in de westelijke helft of de lob van de garage wordt schone lucht toegevoerd via ventilatoren onder de in/uitrit, de verontreinigde lucht wordt dan afgevoerd via de westelijk gelegen in/uitrit. Indien de brand zich bevindt in de oostelijke helft van de garage wordt vuile lucht afgevoerd via de onder de in/uitrit gelegen ventilatoren, schone lucht wordt in dat geval aangevoerd via de westelijk gelegen in/uitrit. De oostelijke in/uitrit wordt in geval van brand afgesloten met behulp van een rookscherm.

4. BEREKENINGSRESULTATEN

Voor drie maatgevende posities (zie figuur 2 en 3) is het verloop van de rookverspreiding berekend en beoordeeld. Er wordt vanuit gegaan dat een berekening op deze posities representatief is voor de gehele garage en dat voor de overige posities in de garage een vergelijkbare ventilatiestrategie gevolgd zal worden.

De bij de berekeningen gehanteerde ventilatieschema's zijn opgenomen in bijlage I (opgave PSB). Per scenario is in deze tabel aangegeven welke stuwdrukventilatoren in werking zijn. In tabel 1 is een samenvatting van de in het rapport opgenomen scenario's gegeven.

In de gepresenteerde figuren is steeds de zichtlengte op ongeveer hoofdhoogte weergegeven. Naast de figuren is in de legenda aangegeven bij welke kleur welke zichtlengte hoort. In de rode gebieden is de zichtlengte 30 m of meer.

Tabel 1 Overzicht scenario's

	Positie brand	Ventilatie-richting	Ventilatieschema (Bijlage 1)	Lob aanwezig	'Lekkage' oostelijk gelegen inrit [m ²]
Scenario I	I	West	I	Ja	Ca. 1
Scenario II	II	Oost	II	Nee	Ca. 1
Scenario III	III	West	III	Ja	Geen
Scenario IV	II	Oost	IV	Ja	Ca. 2

4.1. Scenario I

In scenario I ontstaat brand in het westelijke deel van de garage, de ventilatie-richting is overeenkomstig. De positie van de brand is in figuur 2 gemarkeerd als I (tussen as 28 en 29) en met een pijl in figuur 4. Bij de berekeningen aan dit scenario is tevens verondersteld dat, bijvoorbeeld door de blokkade van een auto, het rookscherm de oostelijke inrit niet volledig afschermt. Bij de modellering is er van uit gegaan dat nog ca. 1 m² van de inrit als een vorm van lekkage open is. De in de garage te verwachten zichtlengtes na 10, 20, 30 en 40 minuten zijn weergegeven in respectievelijk figuur 4, 5, 6 en 7.

In de figuren is te zien dat de rook vrijwel geheel stroomafwaarts afgevoerd wordt. De brand is het hevigst rond de 20 minuten (zie brandverloop figuur 1). Ook op dat moment is de brand te lokaliseren en vrijwel rookvrij te benaderen.

4.2. Scenario II

In scenario II ontstaat brand in het oostelijke deel van de garage, de ventilatie-richting is overeenkomstig. De positie van de brand is in figuur 3 gemarkeerd als II (tussen as 34 en 35) en met een pijl in figuur 8. In dit scenario maakt de lob geen onderdeel uit van de berekening. In de eindvariant voor ventilatie in oostelijke richting (scenario IV) maakt de lob wel onderdeel uit van de berekening.

Bij de modellering is er van uit gegaan dat nog ca. 1 m² van de inrit als een vorm van lekkage open is. Uit de berekeningen blijkt dat door deze opening 5 m³/s van de in totaal

100 m³/s lucht aangevoerd wordt. De invloed van deze 'lekkage' op het totale stromingsbeeld is verwaarloosbaar.

N.B.: Zie ook scenario IV voor een variant met een grotere 'lekkage'.

In de figuren (figuur 8, 9, 10 en 11) is te zien dat de rook vrijwel geheel stroomafwaarts afgevoerd wordt. Gedurende het gehele brandverloop is de brand te lokaliseren en rookvrij te benaderen.

4.3. Scenario III

In scenario III ontstaat brand in de noordelijk gelegen lob in de garage. De ventilatierichting is van oost naar west en de positie van de brand is in figuur 2 gemarkeerd als III en met een pijl in figuur 12.

Uit de berekeningen (zie figuur 12, 13 en 14) blijkt dat de rook vanuit de lob goed afgevoerd wordt en dat de rookverspreiding in de garage zelf beperkt blijft. De brand is in ieder geval vanaf één toegang tot de lob te benaderen. Binnen de lob zijn de zichtlengtes kort waardoor de brand binnen de lob naar verwachting minder eenvoudig te lokaliseren zal zijn. Echter gezien het geringe oppervlak van de lob is dat onzes inziens een toelaatbare situatie.

4.4. Scenario IV

Scenario IV is in principe identiek aan scenario II. In overleg met de brandweer is echter gerekend met een grotere lekkage (nu 2 m²) ter plaatse van het rookscherm. Tevens maakt de lob onderdeel uit van de berekening. Uit de berekeningen blijkt dat door deze opening 9,5 m³/s van de in totaal 100 m³/s lucht aangevoerd wordt. De invloed van deze 'lekkage' op het totale stromingsbeeld is gering. Naast de mate van lekkage is op verzoek van de brandweer getracht de rookverspreiding in de garage verder te beperken (ten opzichte van scenario II). Dit is gerealiseerd door een aanpassing van het stuwdrukventilatieschema. In het noordelijke deel van de garage blazen nu 4 extra stuwdrukventilatoren op half toeren in oostelijke richting. In de figuren (zie figuur 15,16, 17 en 18) is te zien dat de rook vrijwel geheel stroomafwaarts afgevoerd wordt. Gedurende het gehele brandverloop is de brand te lokaliseren en rookvrij te benaderen. De aanpassingen in het stuwdrukventilatieschema blijken effectief in het verder beperken van de rookverspreiding (vgl. scenario II).

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Door BVR Bouw Roosendaal B.V. wordt in het centrum van Etten-Leur een parkeergarage gerealiseerd met een oppervlak van ca. 25.000 m². Onderdeel van deze garage vormt het door PSB ontworpen stuwdrukventilatiesysteem. Dit ventilatiesysteem wordt onder andere in de garage geprojecteerd teneinde in geval van brand de rookverspreiding te beperken en een goede repressie mogelijk te maken.

Door Adviesbureau Peutz is de werking van dit ventilatiesysteem onderzocht middels CFD berekeningen. Met behulp van deze berekeningen is de rookverspreiding in geval van brand, met inachtnaam van het geprojecteerde stuwdrukventilatiesysteem, zichtbaar gemaakt.

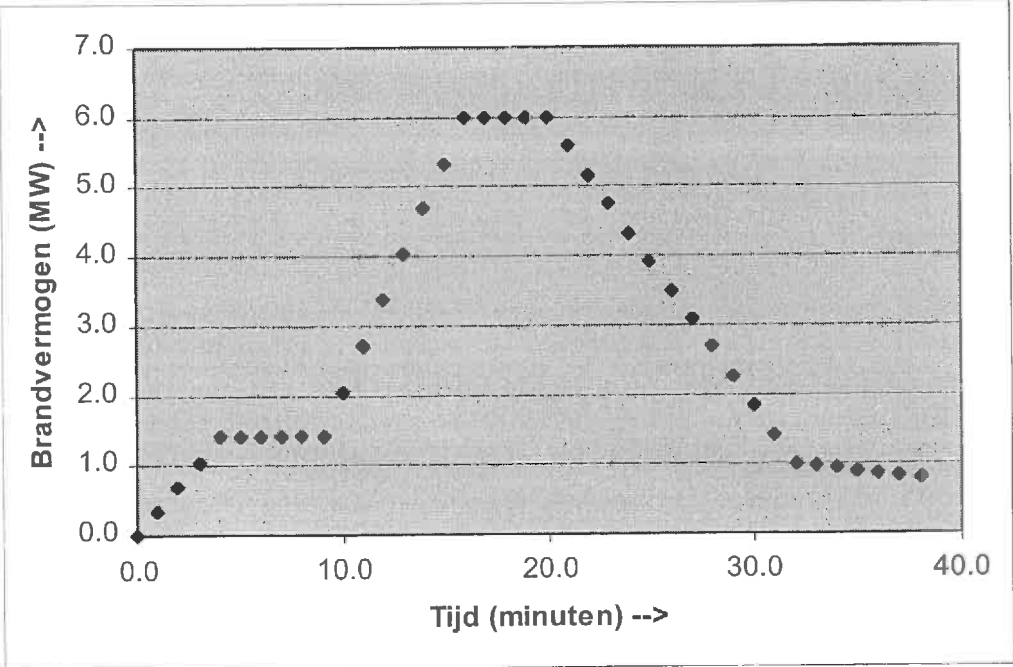
Er is voor drie maatgevende posities (in de westelijke helft, de oostelijke helft (2 varianten) en de lob aan de noordzijde van de garage) een CFD berekening uitgevoerd en beoordeeld. Een berekening op deze posities is representatief voor de gehele garage terwijl voor de overige posities in de garage een vergelijkbare ventilatiestrategie gevolgd zal dienen te worden.

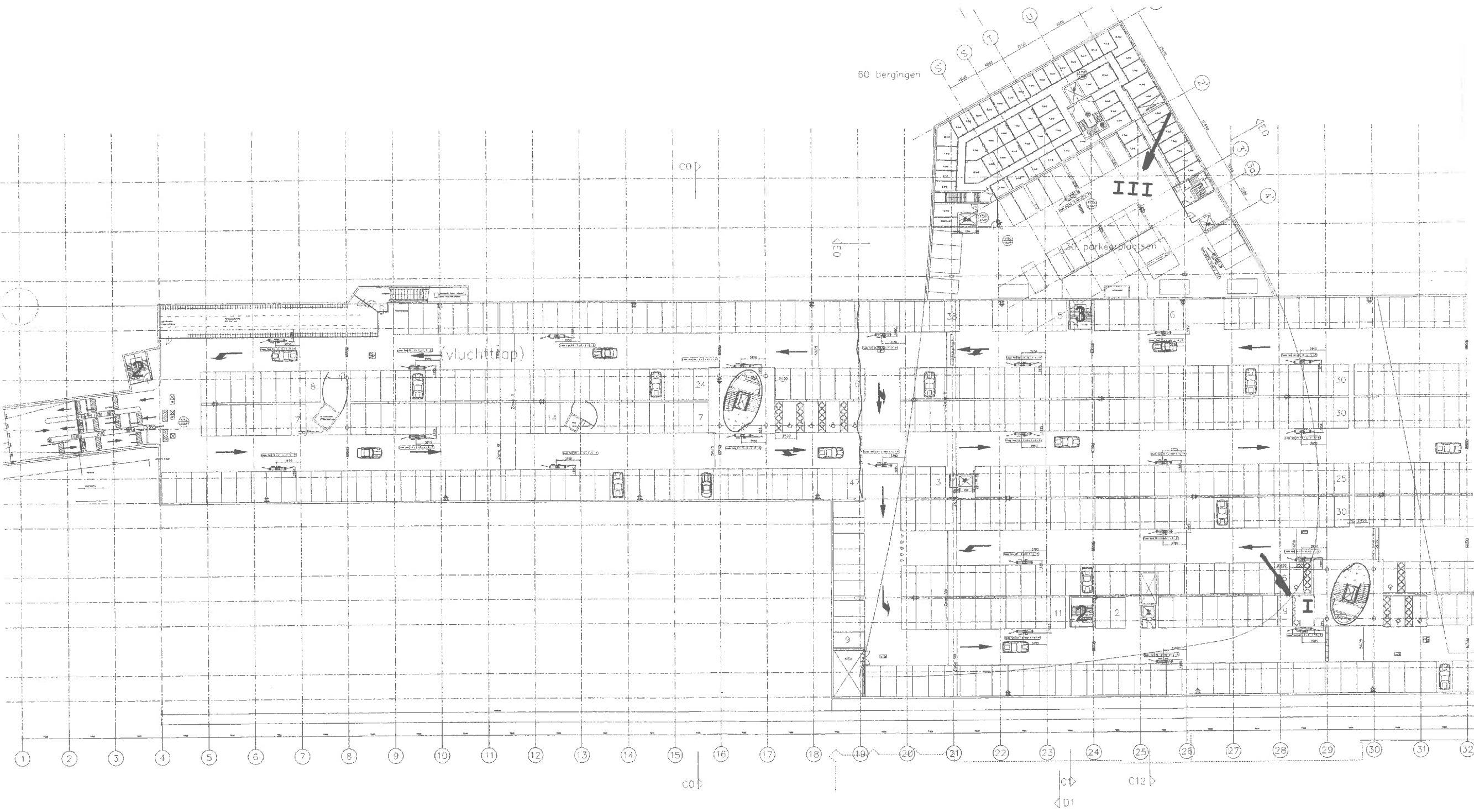
De berekeningen wijzen uit dat voor alle drie de posities het stuwdrukventilatiesysteem in staat is de rookverspreiding beperkt te houden. In geval van brand in de lob van de garage is de brand tenminste vanuit één toegang rookvrij te benaderen. Binnen de lob zijn de zichtlengtes zodanig kort dat de brand binnen de lob moeilijk nader te lokaliseren valt. Gezien de geringe afmetingen van dit deel van de garage is dit onzes inziens een toelaatbare situatie. Voor de overige beoordeelde situaties wijzen de berekeningen uit dat de rookverspreiding in de garage beperkt wordt, de brand vrijwel volledig rookvrij te benaderen valt en dat de brand goed te lokaliseren is waardoor een goede repressie mogelijk is. Op basis hiervan wordt gesteld dat de installatie zoals bij de berekeningen beoordeeld onzes inziens voldoet aan de gestelde eisen

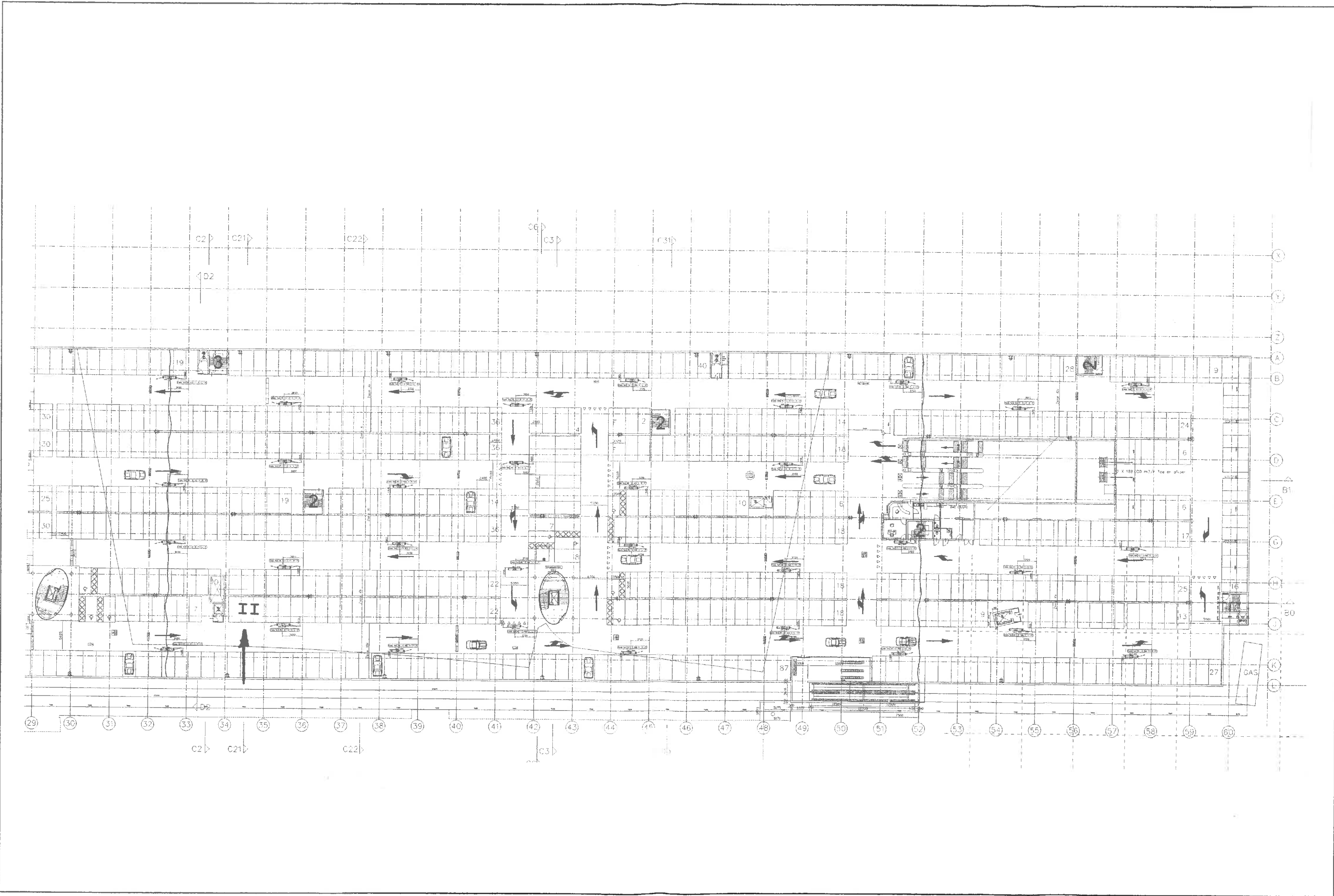
Dit rapport bestaat uit:
9 pagina('s), 18 figuren en
bijlage I, 1 pagina.

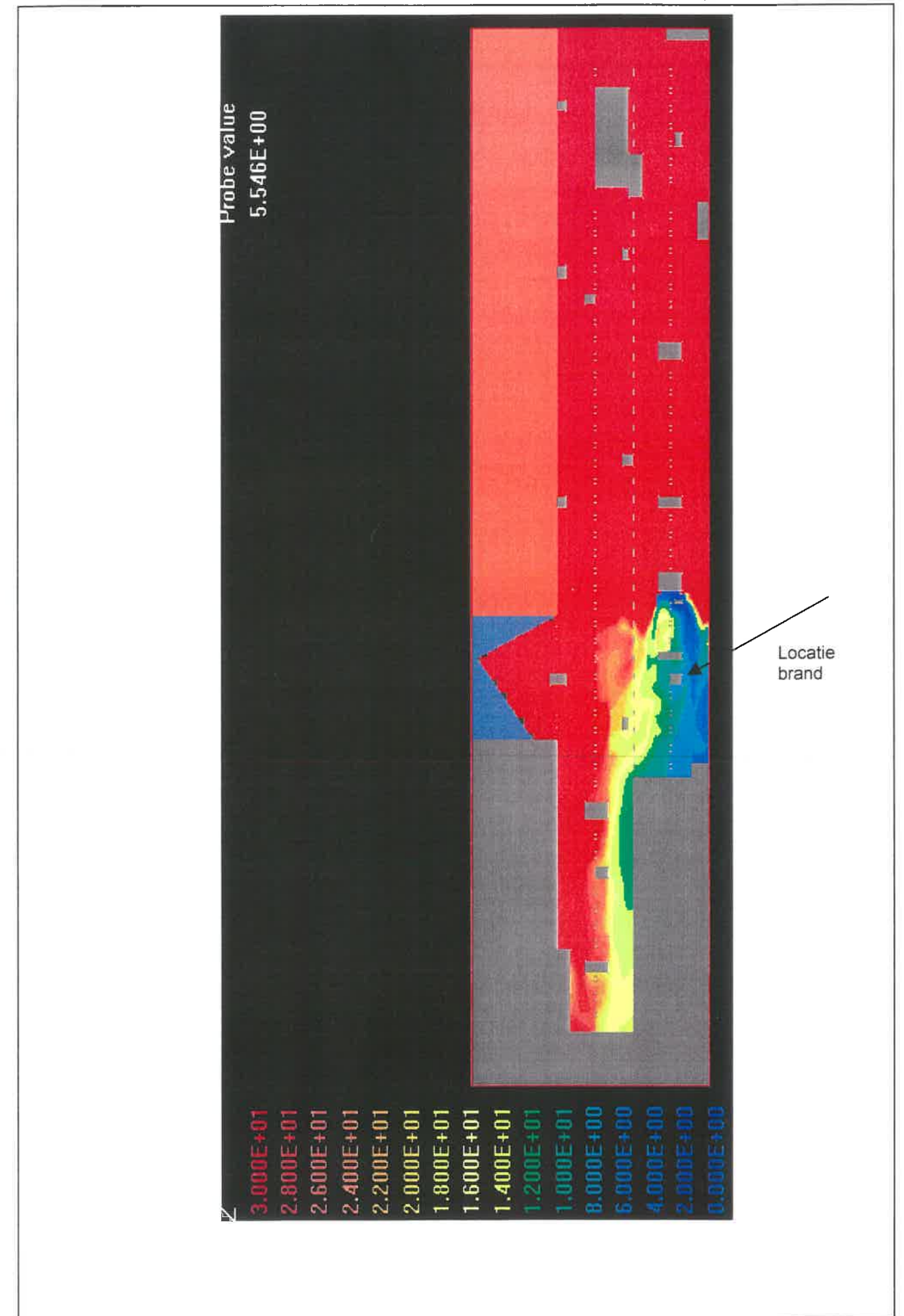
Mook,

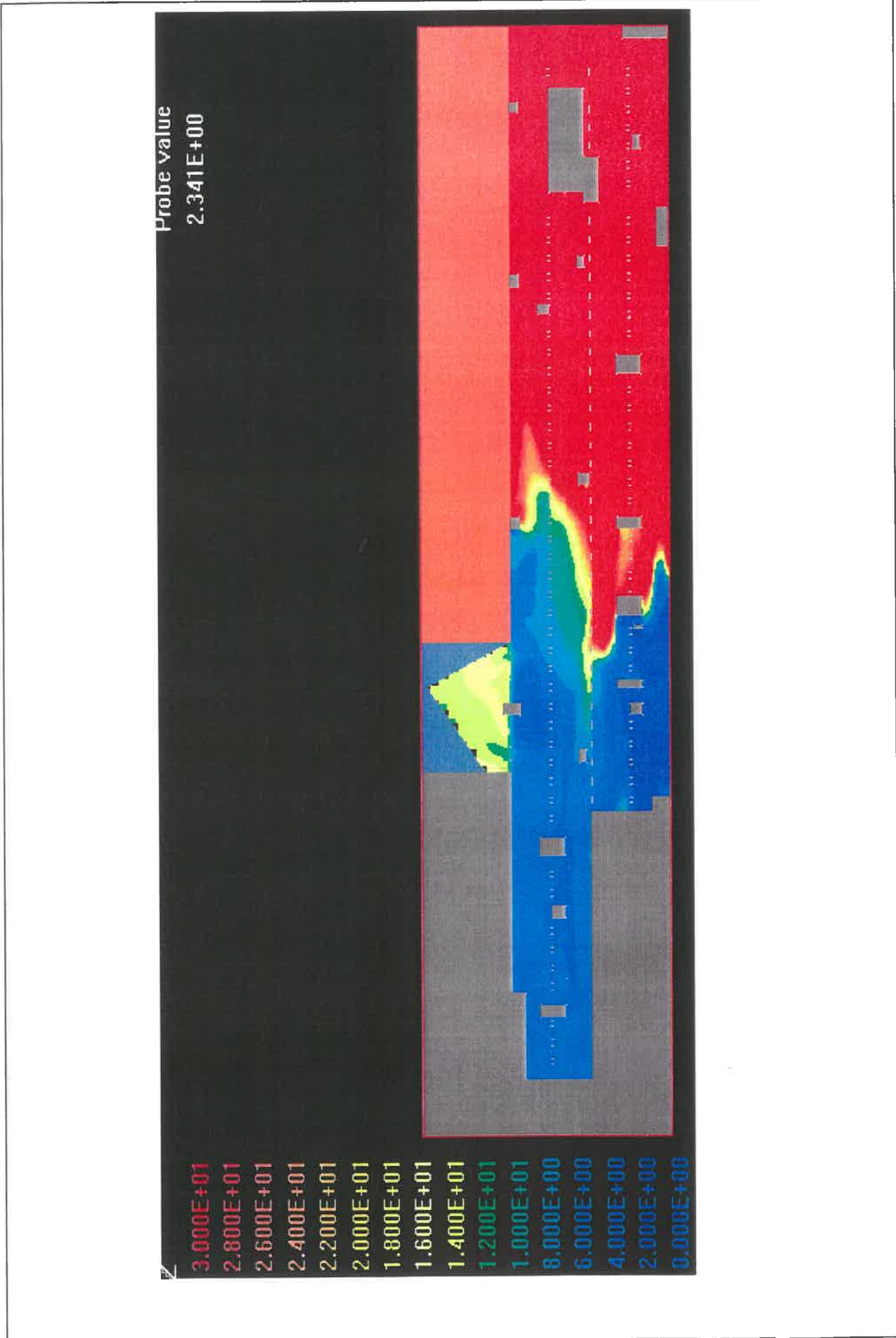






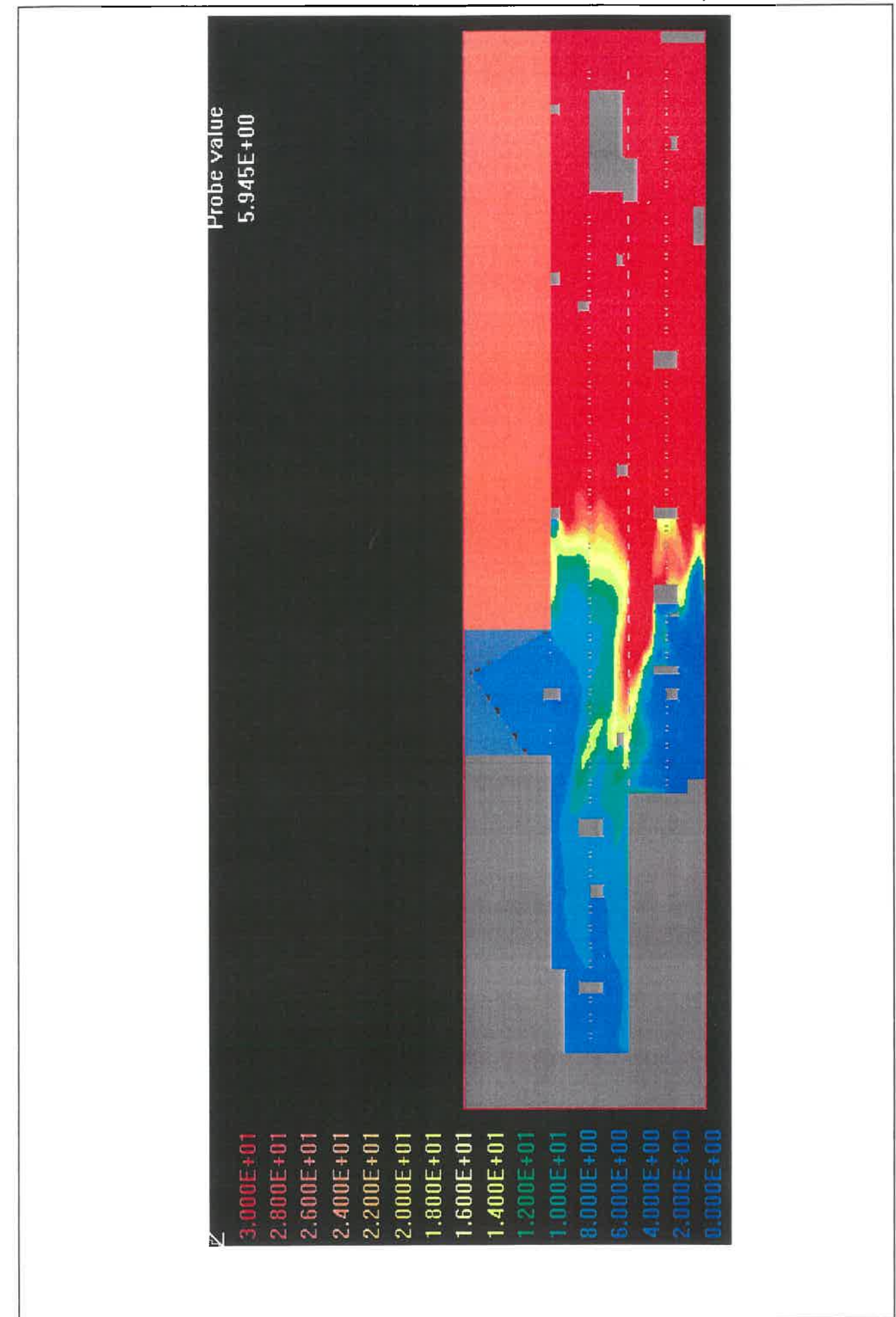


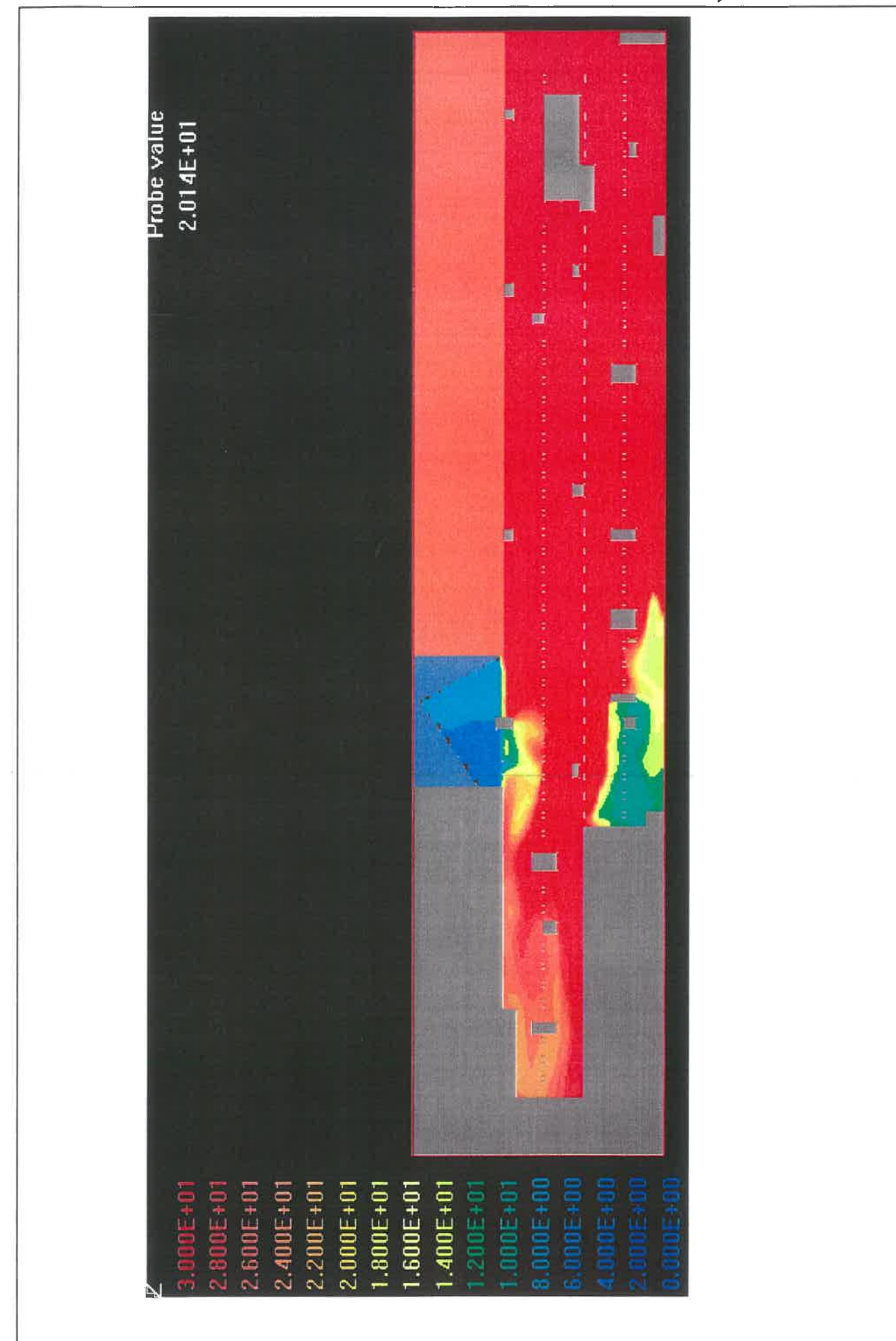


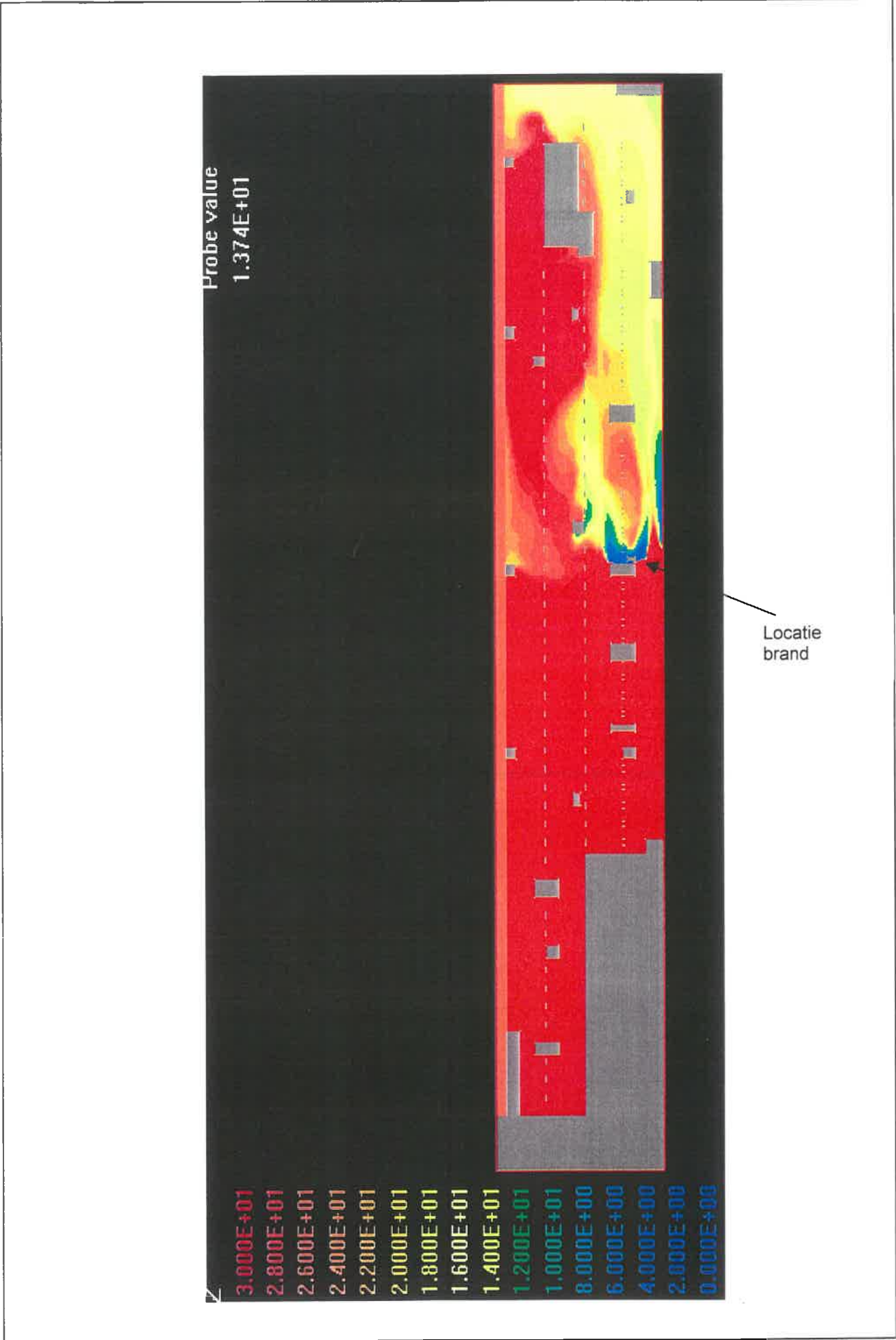


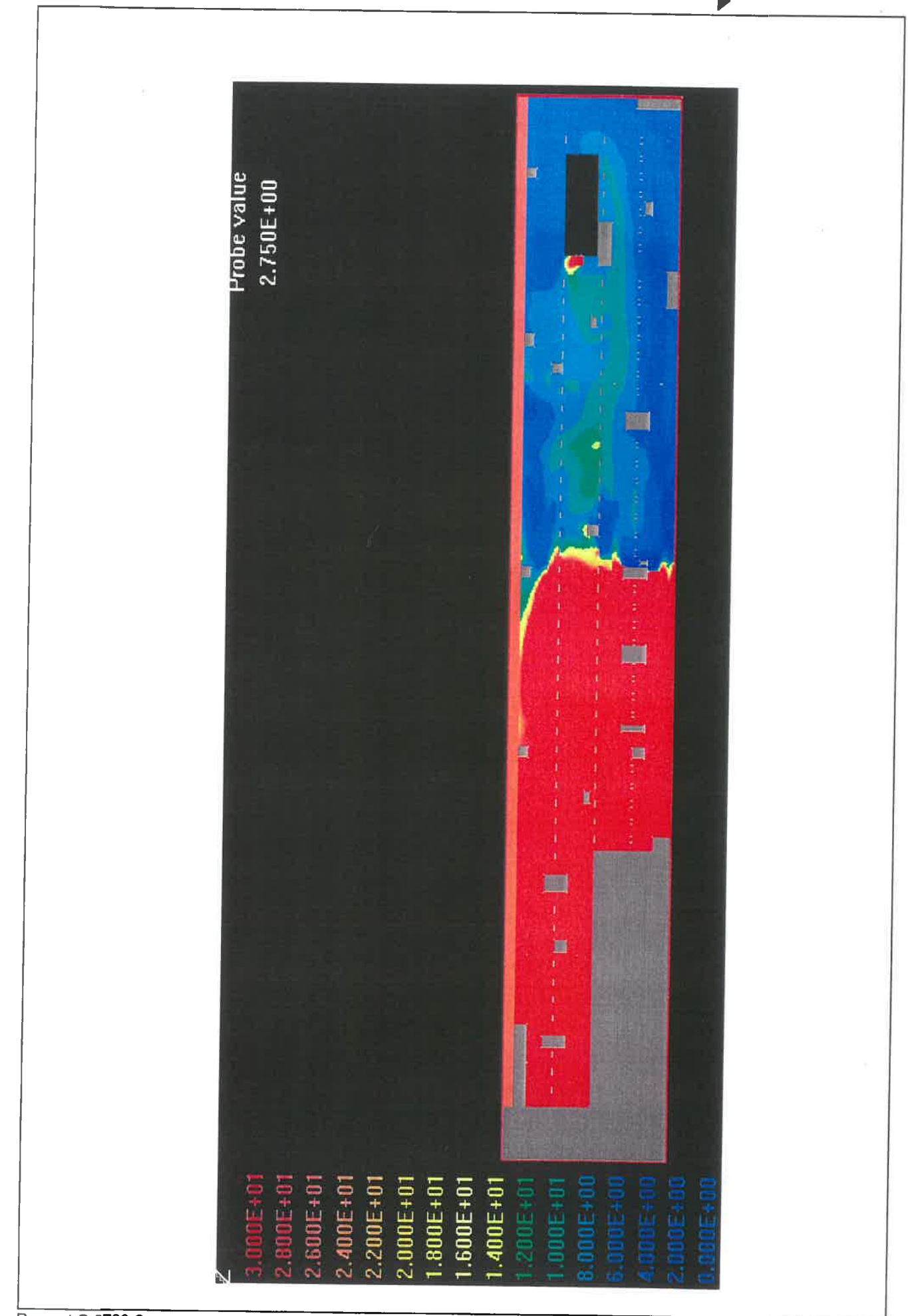
Rapport G 3703-6

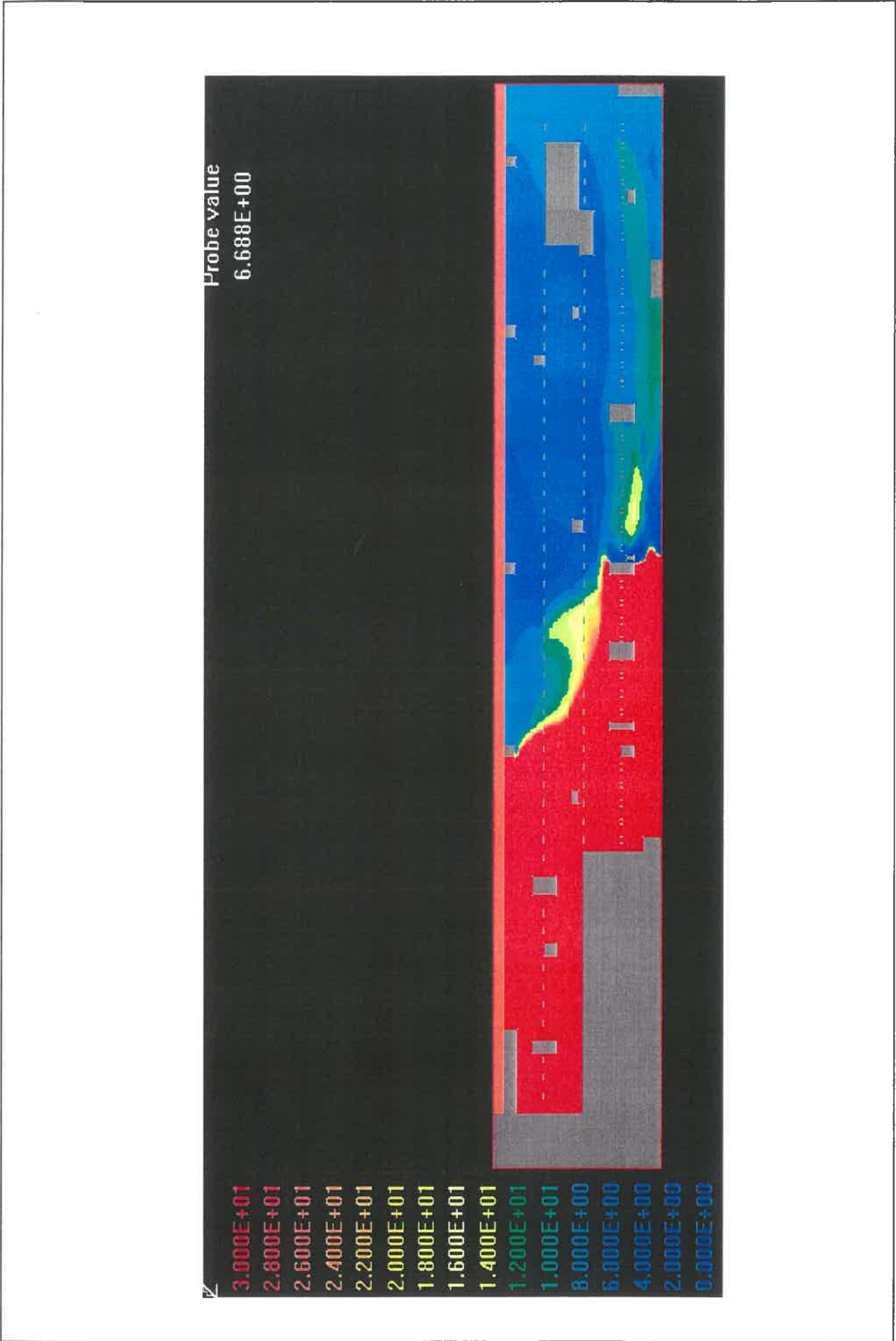
Figuur 5

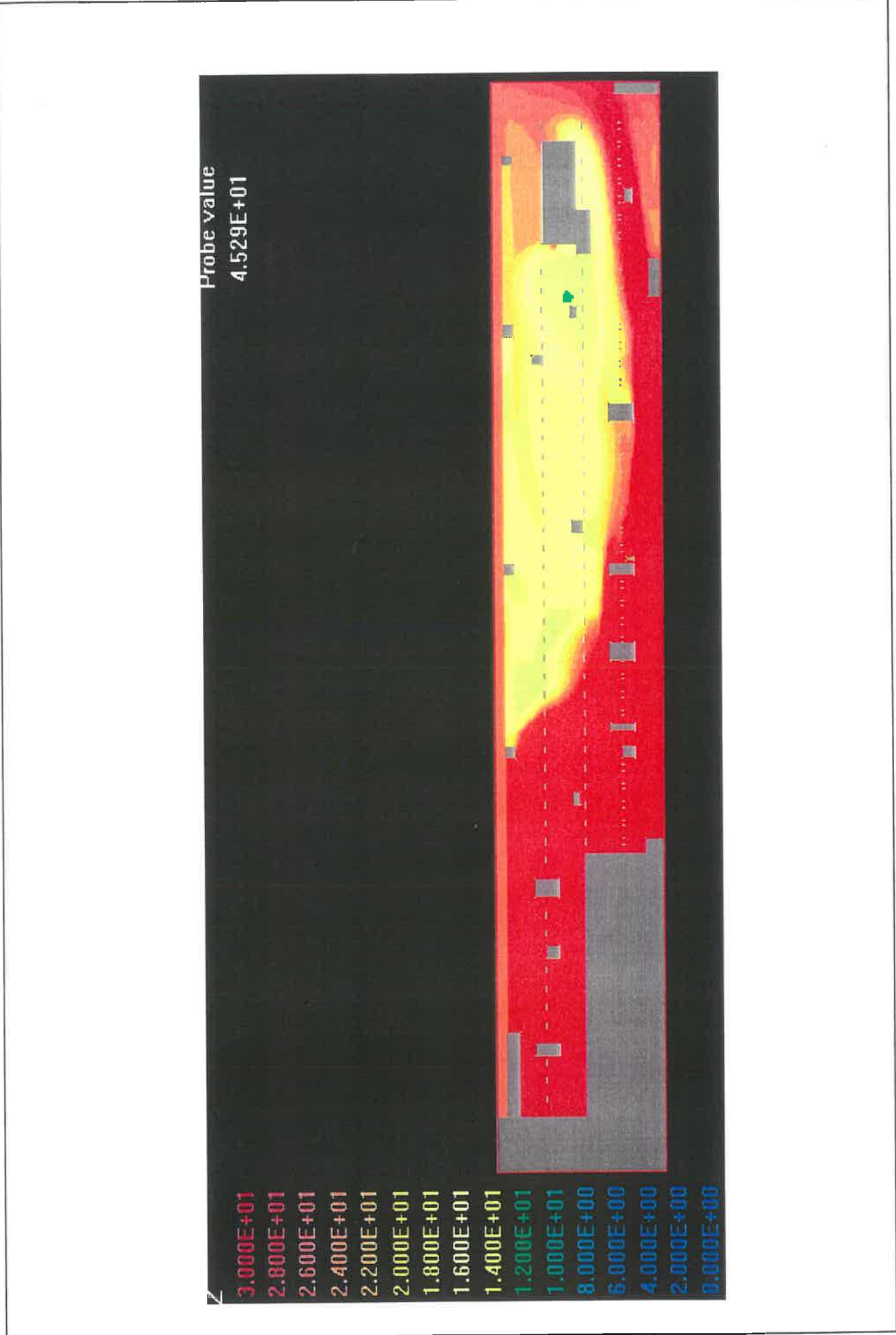






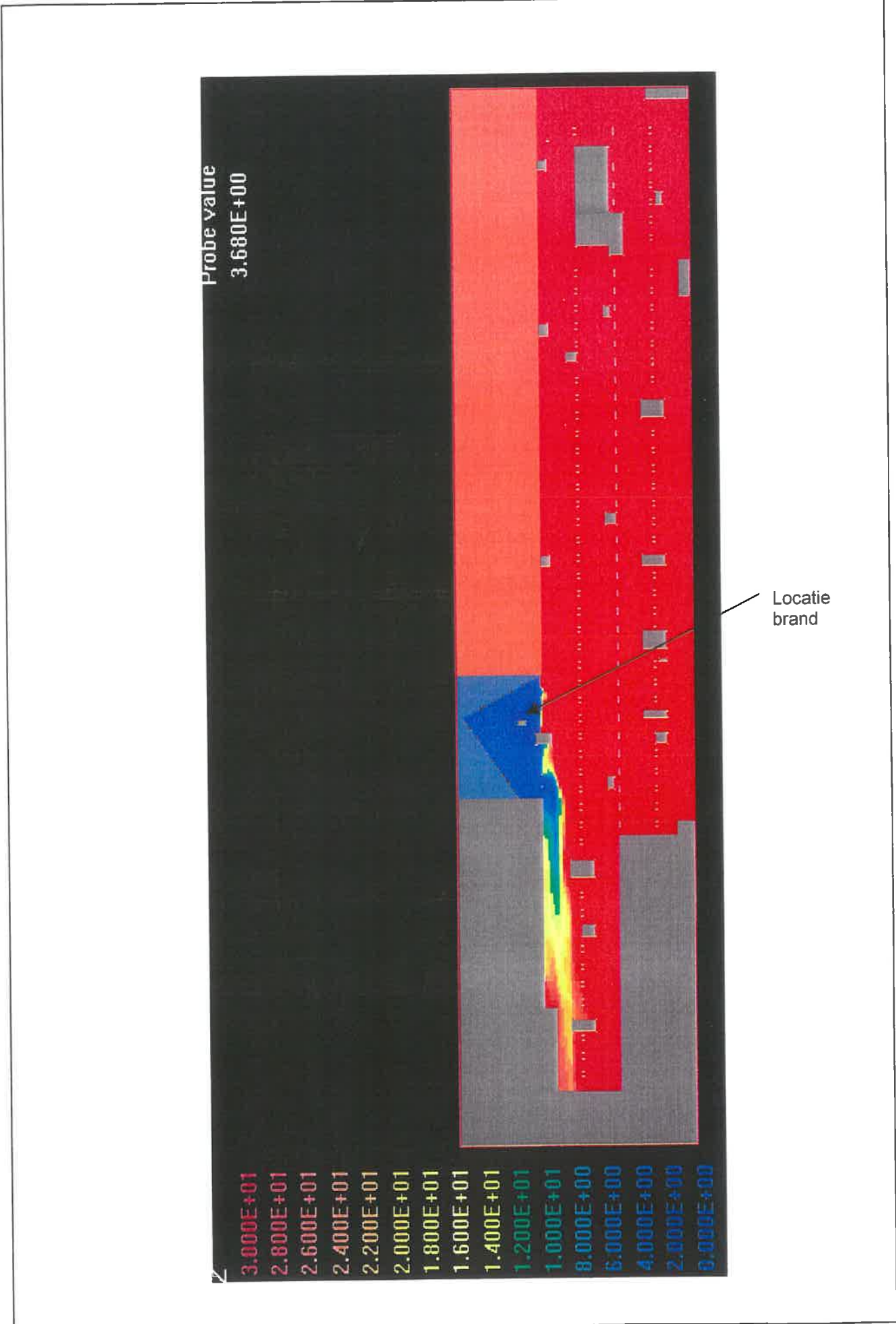


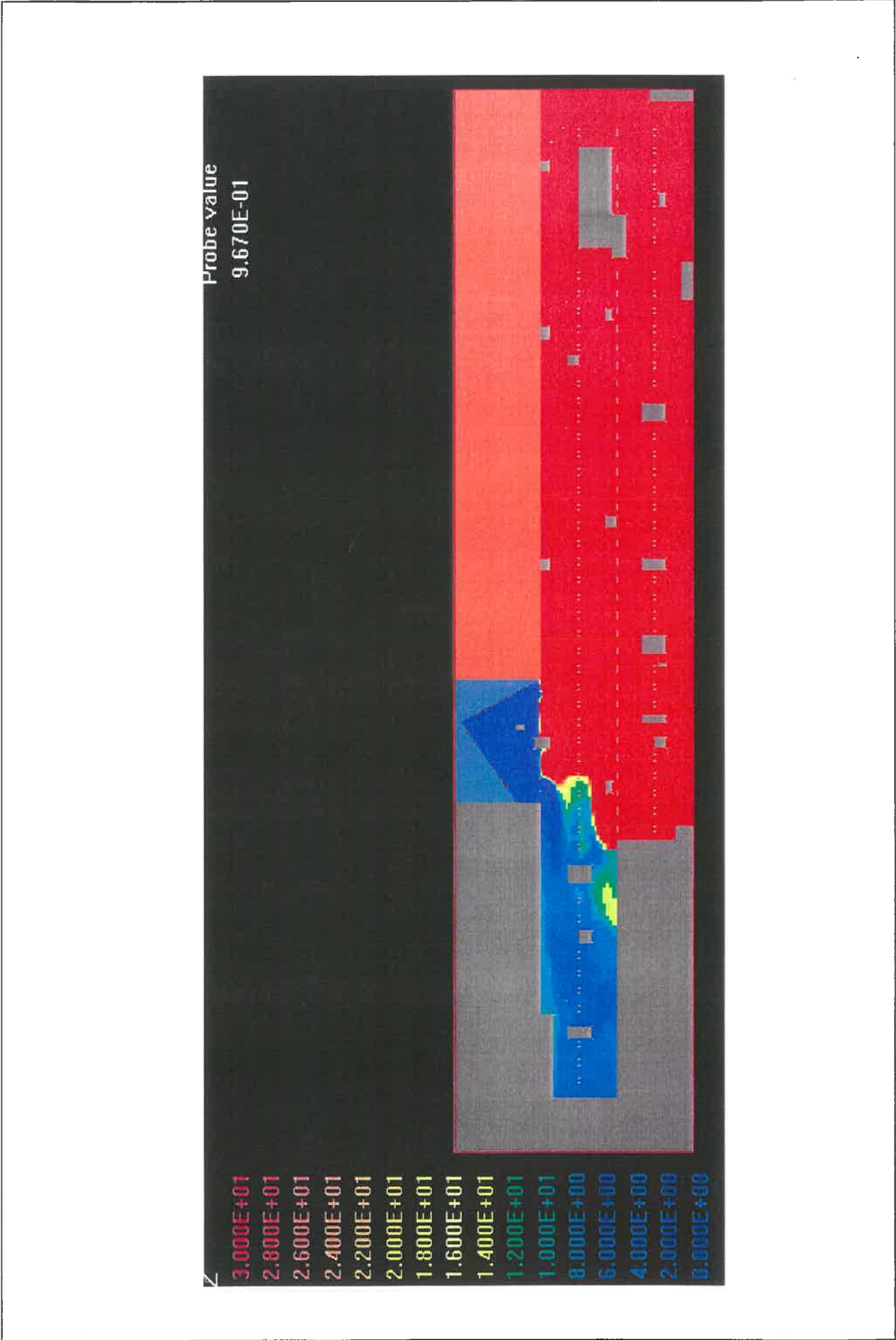


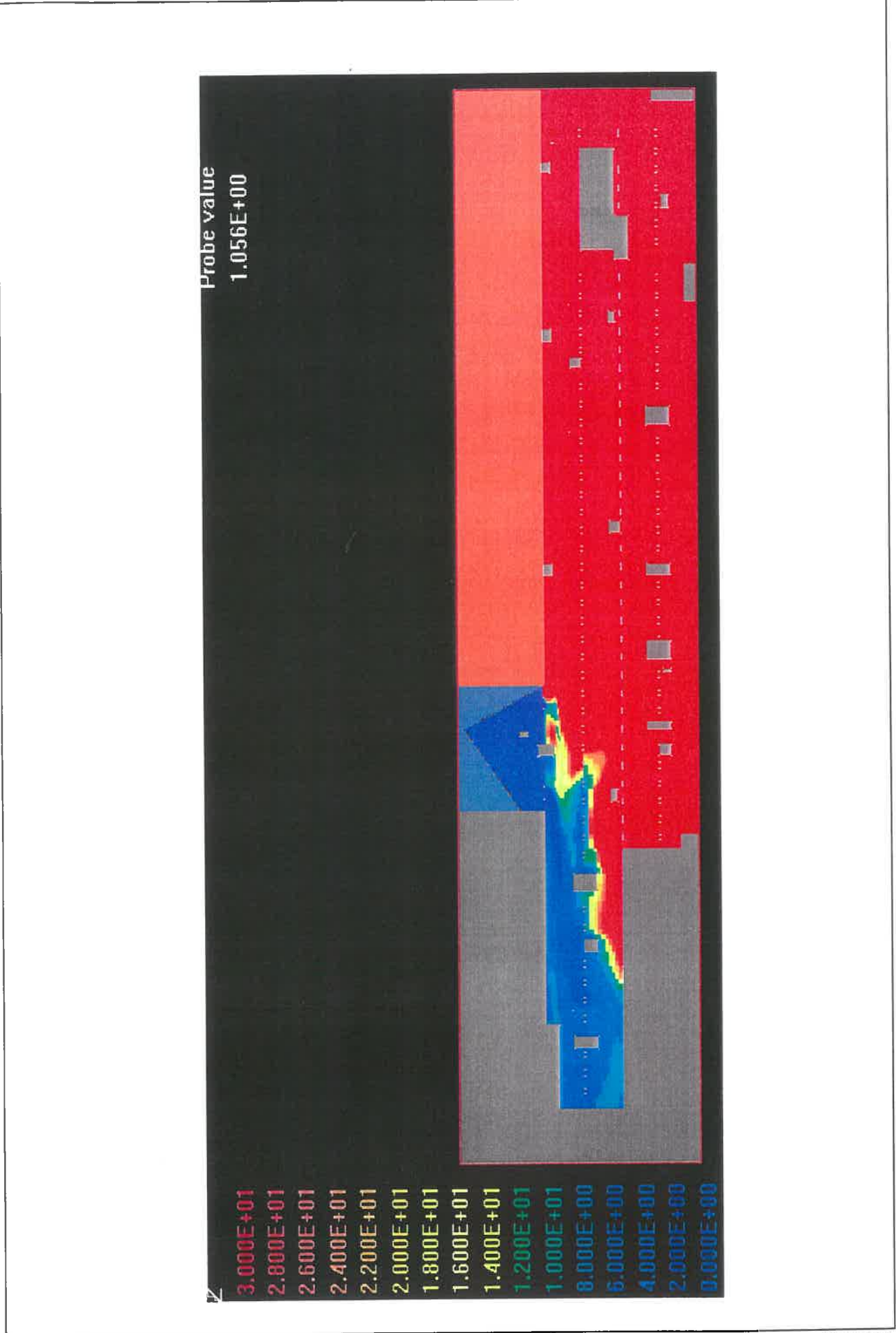


Rapport G 3703-6

Figuur 11

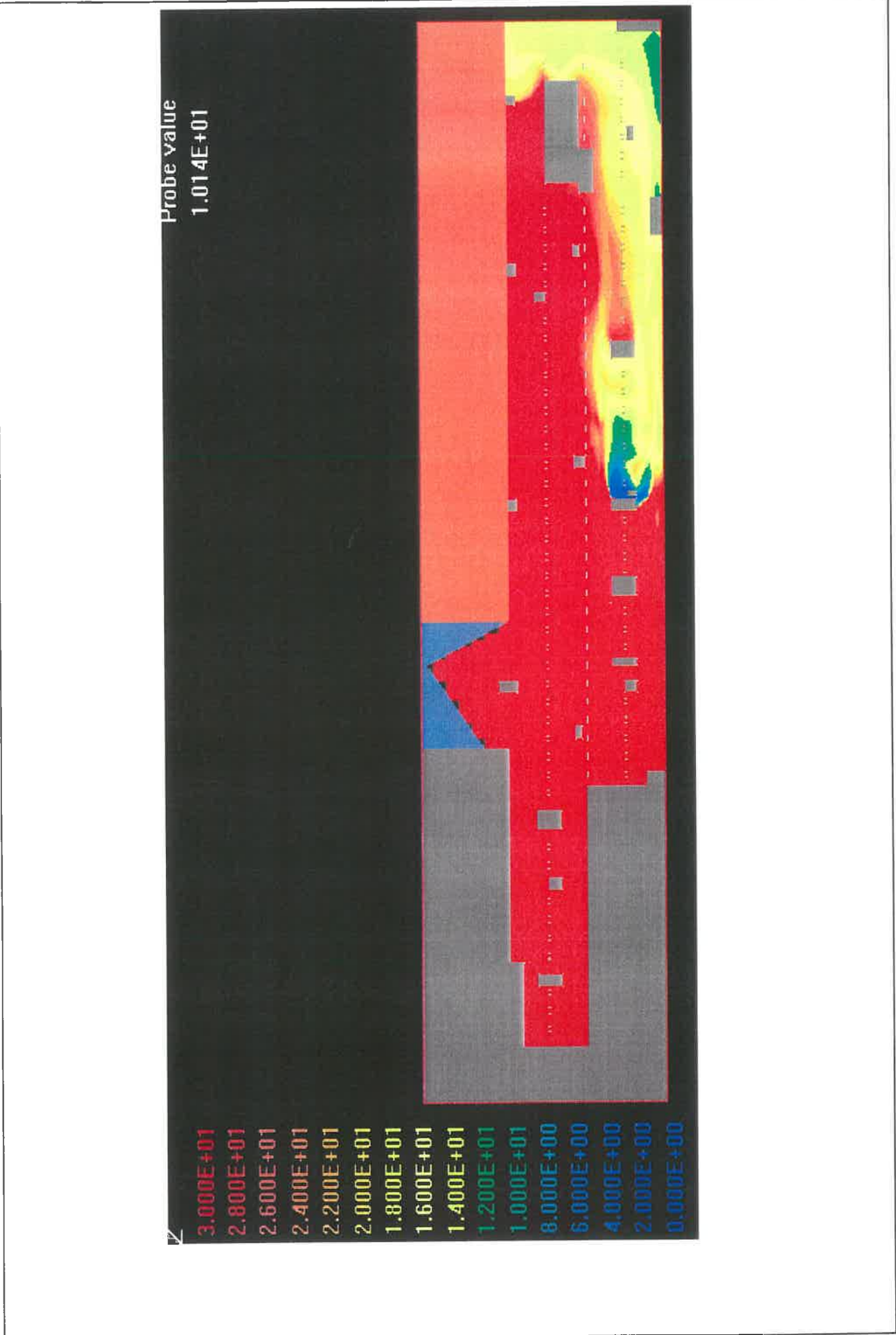


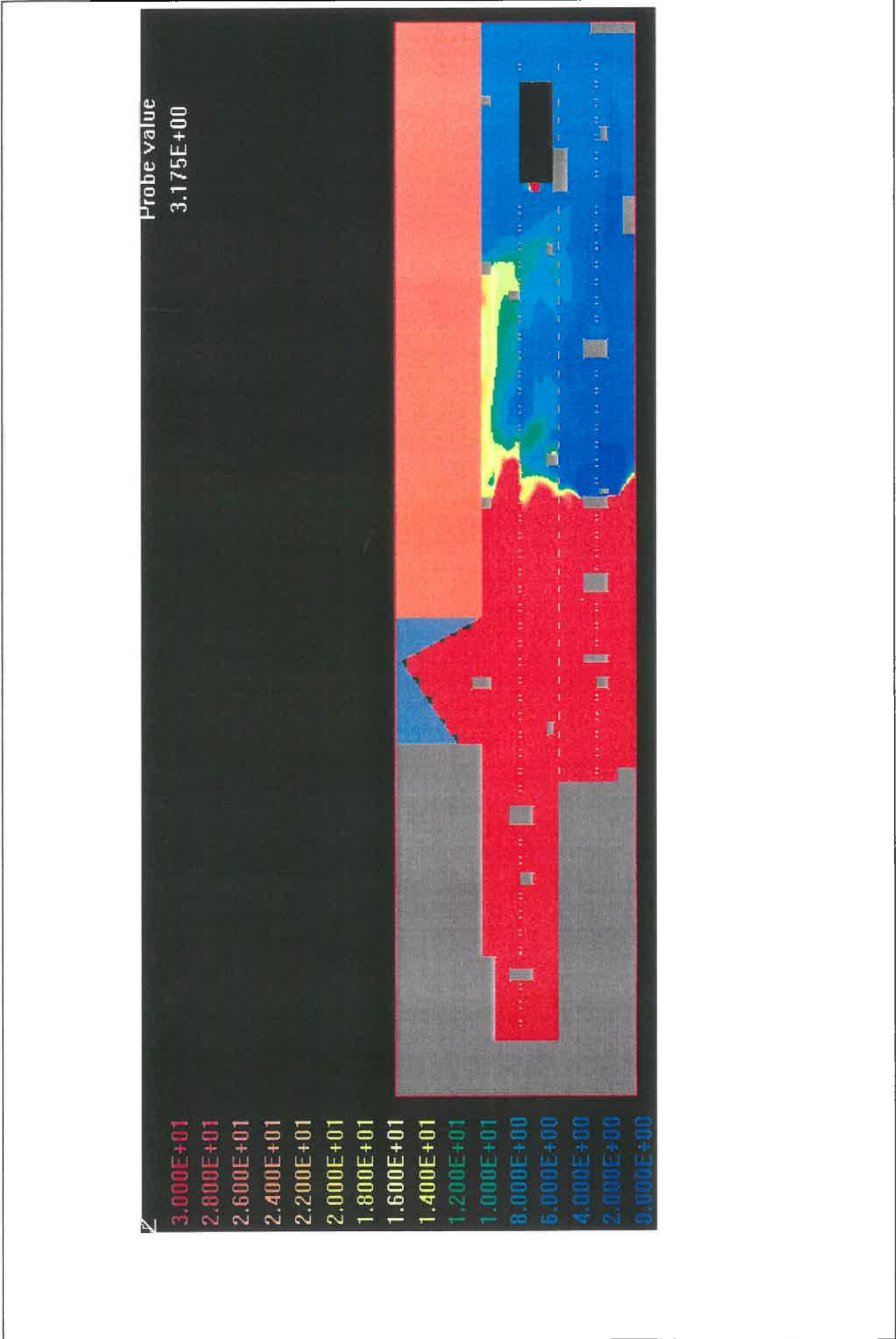


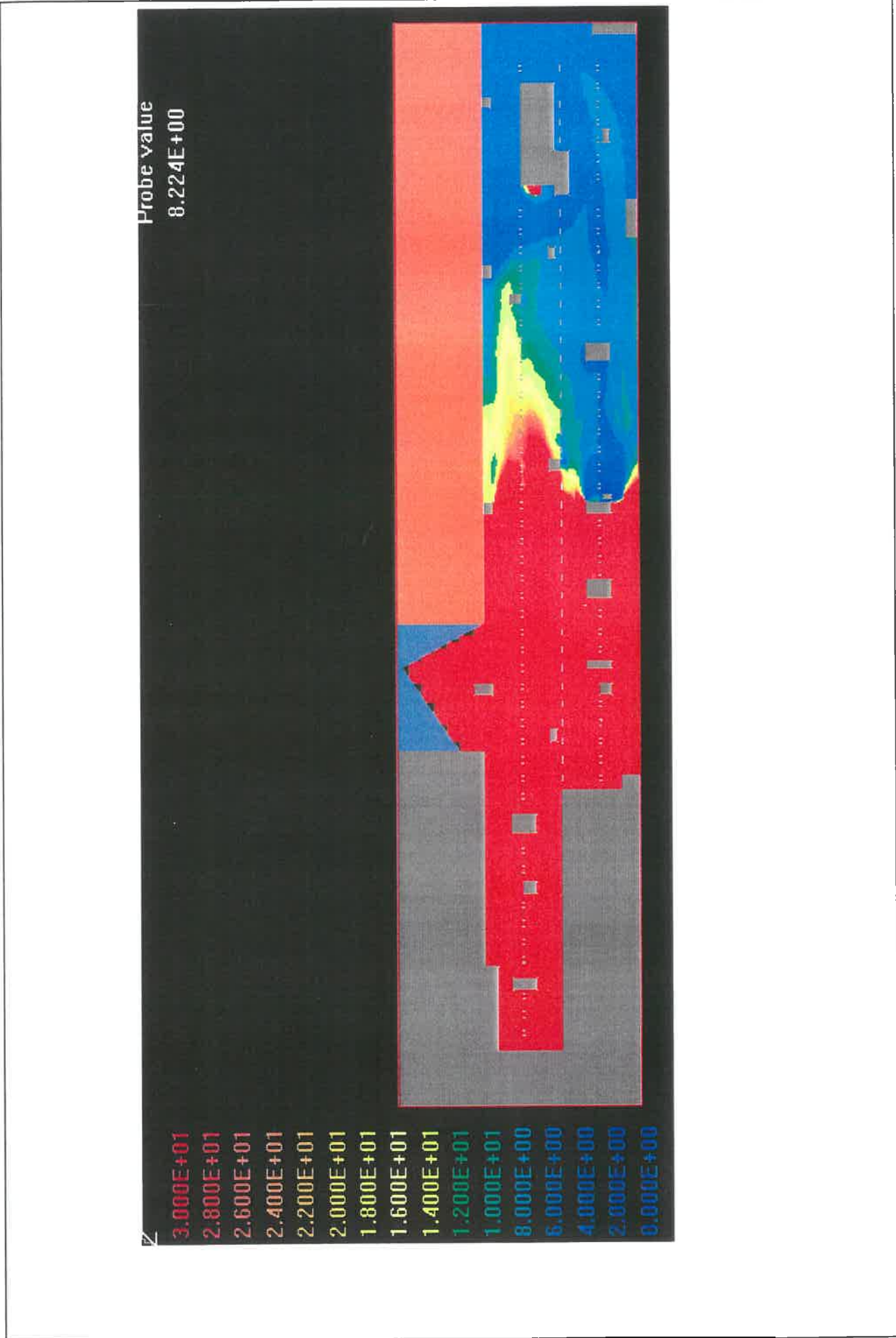


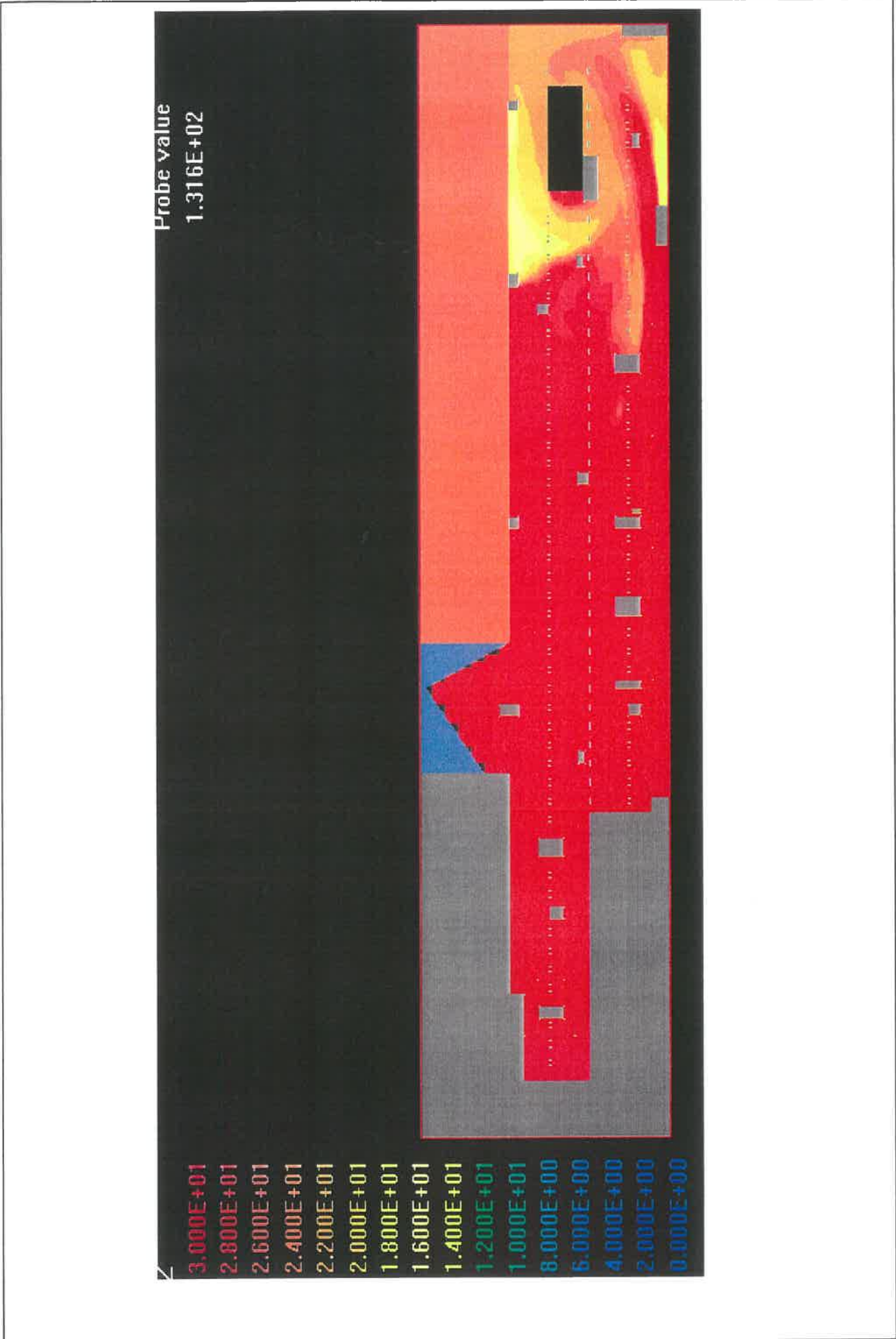
Rapport G 3703-6

Figuur 14











Tabel 1 Schakelschema stuwdrukventilatoren
(alleen de in werking tredende stuwdrukventilatoren zijn in de tabel opgenomen)

Scenario I		Scenario II		Scenario III		Scenario IV	
Nummer	Af buighoek horizontaal	Nummer	Af buighoek horizontaal	Nummer	Af buighoek horizontaal	Nummer	Af buighoek horizontaal
18	Ca. 5°	1	Ca. 5°	1	Ca. 5°	1	Ca. 5°
19	Ca. 5°	2	Ca. 5°	2	Ca. 5°	2	Ca. 5°
20	Ca. 5°	3	Ca. 5°	3	Ca. 5°	3	Ca. 5°
21	Ca. 5°	18	Ca. 5°	4	Ca. 5°	18	Ca. 5°
22	Ca. 5°	19	Ca. 5°	5	Ca. 5°	19	Ca. 5°
23	Ca. 5°	20	Ca. 5°	6	Ca. 5°	20	Ca. 5°
32	Ca. 5°	33	Ca. 5°	7	Ca. 5°	33	Ca. 5°
33	Ca. 5°	34	Ca. 5°	8	Ca. 5°	34	Ca. 5°
34	Ca. 5°	35	Ca. 5°	9	Ca. 5°	35	Ca. 5°
35	Ca. 5°	37	Ca. 5°	10	Ca. 5°	37	Ca. 5°
36	Ca. 5°	39	Ca. 5°	12	Ca. 5°	39	Ca. 5°
44	Ca. -5°	45	Ca. -5°	14	Ca. 5°	45	Ca. -5°
45	Ca. -5°	46	Ca. 7,5°	16	Ca. 5°	46	Ca. 7,5°
46	Ca. 5°	47	Ca. -5°	17	Ca. 5°	47	Ca. -5°
47	Ca. -5°	49	Ca. 5°	56	Ca. 5°	49	Ca. 5°
48	Ca. 5°	51	Ca. 5°	57	Ca. 5°	51	Ca. 5°
						8	Ca. 5°
						(half toeren)	
						9	Ca. 5°
						(half toeren)	
						25	Ca. 5°
						(half toeren)	
						26	Ca. 5°
						(half toeren)	

Positieve afbuighoeken zijn gericht naar de rijbaan toe, negatieve afbuighoeken zijn van de rijbaan af gericht