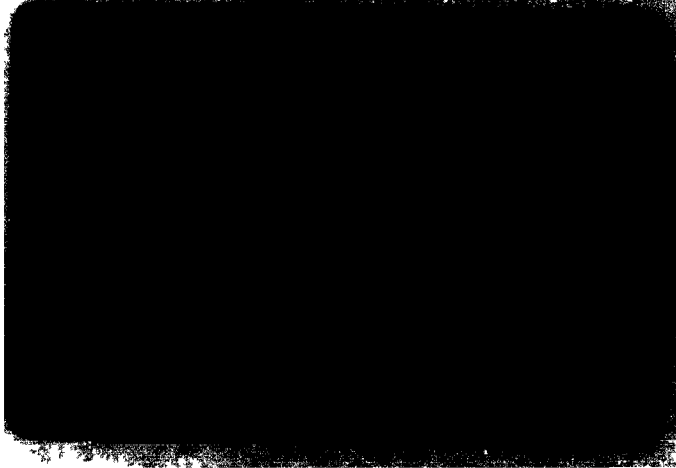


GEZONDHEIDSORGANISATIE

TNO



**RADIOLOGISCHE DIENST TNO
ARNHEM**

**Resultaten van het Euratom
vergelijkingprogramma van
persoonsdosimeters 1975**

Drs. H.W. Julius RD-I/7602-172

**RESULTATEN VAN HET EURATOM VERGELIJKINGSPROGRAMMA
VAN PERSONENDOSIMETERS 1975**

Drs. H.W. Julius

ED-I/7602-172

Inleiding

Onder auspiciën van Euratom worden, op initiatief van de Commissie van deskundigen voor personendosimetrie, vergelijkingsprogramma's voor individuele controlemiddelen georganiseerd met intervallen van enkele jaren. Aan het in 1975 uitgevoerde experiment werd deelgenomen door 29 verschillende instituten uit alle landen van de gemeenschap, die tezamen 40 verschillende dosimetriesystemen daarvoor inzetten.

Deze vergelijkingen hebben ten doel inzicht te verschaffen in de betrouwbaarheid van de in de landen van de Europese Gemeenschap gebruikte systemen voor protectiedosimetrie. Het is evident dat de resultaten in eerste instantie zijn bedoeld voor de verantwoordelijke leiders van de deelnemende dosimetriediensten, opdat zij daaruit kunnen besluiten of, en zo ja in welke zin, verbetering van de gehanteerde methode of techniek moet worden nagestreefd, en bij welk instituut zij daarom, trent mogelijk te rade zouden kunnen gaan. Echter, de wijze waarop in het verleden de resultaten door Euratom zijn gepresenteerd en de geheimzinnigheid waarmee de gegevens van de deelnemende instituten werd omkleed, degradeerde de onderneming tot een kostbare methode om matig relevante statistische gegevens te verzamelen. Gevreesd moet worden dat de resultaten niet veel zullen afwijken van de ervaringen bij analoge programma's door de PTB voor de Bondsrepubliek georganiseerd, waaruit bleek dat de "goede" instituten tenderden naar verbetering, terwijl de "slechte" in kwaliteit terugliepen.

Op aandrang van een aantal commissieleden-deelnemers ligt verbetering van de situatie in het verschiet: het ziet er naar uit dat het 1975 programma in een meer open sfeer door alle deelnemende instituten zal kunnen worden besproken tijdens een werkvergadering, in juli 1976 in Berlijn te houden. Het is te hopen dat zij tegen die tijd zullen zijn voorzien van een overzicht der uitkomsten van alle deelnemers (eventueel slechts door codenummers aangeduid), zodat ieder zijn positie in het totale "veld" zal kunnen beoordelen. Vooralsnog viel slechts de

leden van de Commissie deze eer te beurt.

Bestralingen

Deze werden uitgevoerd door 4 instituten, te weten:

1. G.S.F. (Wachsman)
Neuherberg, Bondsrepubliek Duitsland
2. R.I.V. (Somervil)
Bilthoven, Nederland
3. C.E.A. (Soudain)
Fontenay aux Roses, Frankrijk
4. P.T.B. (Reich)
Braunschweig, Bondsrepubliek Duitsland

Voor de bestralingen werd uitsluitend van fotonen gebruik gemaakt. Het was de deelnemers slechts bekend dat de doseringen zouden blijven binnen het dosisgebied van 0,05 tot 5 R en binnen het energiegebied tussen 30 keV en 1.25 MeV (^{60}Co). Naast enkelvoudige bestralingen zouden ook combinaties van röntgen- en cobaltstraling worden toegepast.

Ingezonden dosimeters

Bij alle voorgaande vergelijkingsprogramma's heeft de RD-TNO de filmbadge voor röntgen- en gamma straling ingezonden. De resultaten daarvan waren over de jaren heen vrij constant en bevredigend.

Aangezien het in de bedoeling ligt deze filmbadge in de toekomst te vervangen door een op TLD gebaseerde dosimeter, en aangezien de proefmodellen daarvan in een voldoende ver gevorderd stadium van ontwikkeling verkeerden, werd besloten gebruik te maken van de gelegenheid deze nieuwe dosimeter te onderwerpen aan een vergelijkende test met andere systemen.

Ook andere instituten hebben blijkbaar een dergelijke overweging laten gelden, zoals bleek tijdens een vergadering van de Commissie, tijdens

welke een aantal deelnemers zich bekend maakte onder vermelding van de ingezonden dosimeters. Sommige daarvan bleken méér dan één type dosimeter ter bestraling te hebben aangeboden.

De TLD-badge van de RD-TNO (zie fig. 1) bevatte vier LiF TLD-100 Harshaw ribbons ("chips") ($1/8 \times 1/8 \times 0.035$ inch), elk voorzien van een filter, en wel:

1. open window (30 mg/cm^2 plastic)
2. 3 mm plastic filter
3. 2 mm Aluminium filter
4. 1 mm Tin filter

Deze opzet komt overeen met die, zoals gedacht voor de toekomstige "discriminerende" dosimeter. Deze combinatie biedt de mogelijkheid om, behalve de dosis, ook de effectieve energie van de straling te bepalen. Voor dit laatste werd gebruik gemaakt van de vier bij de filters behorende energie-responsie curven (fig. 2)

Aangezien bekend was dat ook combinaties van stralingskwaliteiten zouden worden gebruikt, is een poging gewaagd deze op te sporen en te ontleden. Voor twee van de vier getallen is dit redelijk gelukt.

Meetresultaten RD-TNO

In tabel I zijn de meetresultaten van de TNO TLD-badge vermeld, tezamen met de (achteraf medegedeelde) werkelijke bestralingsgegevens. Beide zijn opgegeven in R. (Weliswaar was door Euratom verzocht de doses uit te drukken "as the dose equivalent (= absorbed dose in water)", doch het was onwaarschijnlijk dat de bestralende instituten de eenheid rad of rem zouden hanteren.

Inderdaad bleken zij de eenheid voor exposie te hebben gebruikt. Van de door de RD aan Euratom gemelde waarden in R en rad zijn in Tabel I slechts de eerste opgenomen.

Behalve door de wijze waarop de resultaten in Tabel I zijn gecondenseerd - namelijk door gemiddelde waarden en standaardafwijkingen -, is nog een andere wijze van interpretatie te overwegen: Aangezien doses in de buurt van de detectiedrempel (hier $\pm 5 \text{ mR}$) zich minder nauwkeu-

rig laten bepalen dan hogere doses, en omdat de nauwkeurigheid van hogere doses van groter belang is, kan men een gewogen gemiddelde responsie bepalen:

$$\frac{\sum_{i=1}^{20} D_i V_i}{\sum_{i=1}^{20} D_i} = 0,99$$

waarin D_i = de werkelijke exposie

V_i = $\frac{\text{gemeten}}{\text{werkelijke}}$ exposie

Tabel I Overzicht van bestralingen en meetresultaten van de RD-TMO

Bestr. door	BESTRALING		MEETRESULTAAT		V^*	$\Delta(Z)$
	Kwaliteit	Exposie (mR)	Kwaliteit	Exposie (mR)		
GSF	60 keV	1.700	40 keV	1.650	0.97	- 3
	60 keV	120	40 keV	115	0.96	- 4
	Co	91	250 keV	81	0.89	-11
	60 keV + Co	370 + 700	140 keV	965	0.90	-10
			<40 keV + 250 keV	350 + 650>		
	Co	2.680	250 keV	2.310	0.86	-14
				0.92	- 8	
RIV	Co	4.020	Co	4.040	1.00	0
	110 keV + Co	800 + 1.630	150 keV	2.150	0.88	-12
			<90 keV + Co	750 + 1.400>		
	Co	70	Co	70	1.00	0
	110 keV	120	90 keV	117	0.98	- 2
	110 keV	1.800	90 keV	1.720	0.96	- 4
				0.96	- 4	
CEA	Co	75	Co	77	1.03	+ 3
	Co	3.000	Co	3.000	1.00	0
	161 keV	100	Cs	120	1.20	+20
	161 keV	2.000	Cs	2.180	1.09	+ 9
	161 keV + Co	1.000 + 1.500	Co	2.730	1.09	+ 9
					1.08	+ 8
PTB	300 keV	1.600	Cs	1.680	1.05	+ 5
	Co	4.260	Co	4.330	1.02	+ 2
	Co	87	200 keV	82	0.94	- 6
	300 keV	125	Cs	134	1.07	+ 7
	300 keV + Co	720 + 1.640	Co	2.450	1.04	+ 4
					1.02	+ 2
<p>gemiddeld: $V_I = 1.00$ standaarddeviatie: $S_I = 0.08$ gemiddeld zonder twee uiterste waarden: $V_{II} = 0.99$ standaarddeviatie: $S_{II} = 0.06$</p>						

* V = verhouding gemeten exposie/werkelijke exposie

Tabel 2: Overzicht meetresultaten alle deelnemers

Source		Dose rate mR/h	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
GIP Nisoben	⁶⁰ Co	87	1.04	1.20	1.08	0.79	1.08	0.79	0.97	1.10	0.80	1.15	0.96	0.99	0.96	0.92	0.99	1.08	1.01	0.96	0.89	0.92	1.07	0.86	
	"	2 680	1.05	1.09	1.05	0.82	1.08	1.07	0.97	1.00	1.08	0.86	0.93	0.98	0.95	0.95	0.92	0.95	1.09	0.96	0.86	0.86	1.05	1.07	
	60 kV	120	1.22	1.39	1.48	1.00	1.20	1.06	0.93	1.35	1.25	0.75	0.65	1.07	0.87	1.08	1.17	1.00	1.22	1.20	0.96	1.02	1.19	0.84	
	"	1 700	1.53	1.49	0.82	1.21	1.25	1.71	1.03	1.39	1.18	0.75	0.80	1.03	0.82	1.39	1.18	1.16	1.10	1.82	0.87	0.81	1.29	0.85	
	⁶⁰ Co + 110 kV	1 630 720 2 350	1.36	0.94	0.99	1.05	1.20	1.13	1.16	1.11	0.48	0.76	0.29	1.10	0.93	0.91	1.31	0.92	0.39	0.28	0.90	0.55	0.77	1.27	
BT Bilthoven	⁶⁰ Co	70	1.04	1.34	0.89	0.50	1.19	1.00	0.86	0.93	0.86	1.00	1.19	1.02	0.88	1.04	0.82	0.89	0.74	1.00	0.74	1.04	0.86	0.86	
	"	4 620	1.05	1.02	1.17	0.86	1.05	1.02	0.99	0.99	1.00	0.83	1.30	2.26	1.02	0.92	1.17	1.04	1.91	1.74	0.98	1.17	1.13	0.91	
	110 kV	120	2.03	2.00	1.91	1.79	1.32	0.97	1.13	0.99	1.39	0.83	0.75	1.08	1.05	0.83	0.83	1.07	0.73	1.36	0.94	0.75	0.87	0.83	
	"	1 800	2.28	2.03	1.68	2.14	1.52	1.27	1.23	1.15	0.53	0.79	0.34	1.00	0.93	1.00	0.86	0.90	0.27	1.00	0.88	0.60	0.84	1.63	
	⁶⁰ Co + 110 kV	1 630 720 2 350	1.52	1.14	1.16	1.37	1.02	1.03	1.06	0.99	0.53	0.79	0.34	1.00	0.93	1.00	0.86	0.90	0.27	1.00	0.88	0.60	0.84	1.63	
CEA Clouart	⁶⁰ Co	75	1.11	1.39	-	0.83	0.97	0.82	1.03	1.04	0.93	0.93	1.11	1.01	0.96	0.24	1.07	0.90	0.97	0.69	1.03	0.59	1.11	0.83	
	"	3 000	1.02	1.04	0.83	0.84	0.75	0.94	0.97	0.96	1.6	1.00	1.25	1.09	1.01	1.20	1.10	1.15	1.25	1.19	1.20	1.02	0.82	0.81	
	161 keV	100	1.46	1.35	1.15	0.94	1.46	0.93	1.11	1.00	1.55	0.86	1.30	1.08	1.03	0.98	1.10	1.07	1.43	1.18	1.09	1.35	1.20	1.31	
	"	2 000	1.29	1.19	1.04	0.91	1.21	1.11	1.12	1.19	1.12	-	0.83	1.00	0.95	0.96	1.00	0.44	1.17	1.01	1.09	1.12	1.04	1.25	
	⁶⁰ Co + 161 keV	1 500 1 000 2 500	1.15	1.06	0.92	0.89	0.93	1.04	1.08	0.99	0.80	0.83	0.96	1.03	1.03	0.92	0.90	1.08	0.72	0.94	1.08	1.38	1.38	0.80	
FZ Braunschweig	⁶⁰ Co	87	1.05	1.32	0.96	0.90	1.22	0.84	0.93	0.99	0.94	0.87	0.66	1.01	0.97	0.89	0.94	0.91	1.17	1.00	1.02	1.05	0.99	1.20	
	"	4 260	1.05	1.04	1.03	0.86	1.02	0.98	1.04	1.00	1.36	0.96	0.83	1.11	0.96	1.08	0.83	1.13	1.13	1.17	1.07	1.50	1.57	1.02	
	300 kV	125	1.25	1.33	1.03	0.83	1.42	0.87	1.02	1.08	1.19	0.81	0.78	1.08	0.94	0.94	0.94	1.07	1.30	1.08	1.05	1.03	1.04	1.27	
	"	1 600	1.24	1.09	1.04	0.90	1.26	1.10	1.14	1.11	0.98	0.83	0.67	1.01	0.93	0.89	0.89	0.79	1.24	0.97	1.04	1.10	0.92	1.19	
	⁶⁰ Co + 300 kV	1 620 720 2 340	1.14	1.04	0.98	0.83	1.03	1.06	1.09	0.99	1.05	0.87	0.84	1.04	0.95	0.95	1.01	0.96	1.09	1.09	1.00	1.05	1.11	1.22	
			VI	1.30	1.27	1.12	0.94	1.20	1.04	1.04	1.05	0.29	0.10	0.29	0.07	0.06	0.21	0.13	0.16	0.35	0.21	0.08	0.74	0.21	0.87
			SI	0.34	0.30	0.22	0.23	0.24	0.19	0.09	0.13	1.09	0.88	0.90	1.03	0.95	0.96	1.01	0.98	1.08	1.09	0.99	1.05	1.14	0.81
			VII	1.20	1.19	1.04	0.91	1.15	0.99	1.03	1.03	0.24	0.10	0.24	0.04	0.05	0.09	0.11	0.09	0.25	0.23	0.06	0.20	0.24	0.82
			SII	0.17	0.16	0.15	0.17	0.19	0.10	0.08	0.07														

Source		Dose rate mR/h	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
GIP Nisoben	⁶⁰ Co	87	1.22	1.17	1.16	0.85	0.98	2.27	1.16	0.72	0.96	0.91	0.66	1.08	1.20	1.20	0.96	1.08	1.11	1.03	
	"	2 680	1.13	0.74	1.19	1.20	0.94	1.30	0.83	0.75	1.14	1.08	0.94	1.17	1.17	0.93	0.78	1.09	0.96	0.96	
	60 kV	120	1.92	1.22	0.79	1.31	0.85	2.52	1.51	0.87	0.59	1.08	1.91	0.52	1.65	1.65	0.27	1.13	0.99	1.06	
	"	1 700	0.70	0.86	0.95	1.00	0.88	0.48	1.21	0.82	1.09	1.09	0.67	0.39	1.00	1.07	0.92	0.94	1.04	0.98	
	⁶⁰ Co + 110 kV	1 630 720 2 350	1.22	1.12	0.96	1.19	0.69	1.46	1.01	0.78	1.10	0.93	1.22	0.98	1.32	0.81	0.78	0.96	0.70	1.09	
BT Bilthoven	⁶⁰ Co	70	1.26	1.07	1.00	0.77	0.95	0.89	0.92	0.74	1.04	1.07	0.67	1.04	1.26	1.26	1.36	0.82	0.64	1.00	
	"	4 620	0.98	0.91	1.11	1.21	0.90	0.95	0.89	-	0.97	0.82	1.08	0.83	0.93	0.98	0.91	1.01	0.92	0.95	
	110 kV	120	1.94	1.34	2.37	2.40	0.75	4.30	1.52	0.87	1.07	1.13	2.00	1.09	1.50	1.65	1.04	1.00	1.04	0.92	
	"	1 800	1.30	1.05	1.77	1.78	0.82	2.24	1.02	-	1.08	1.11	1.83	1.16	1.50	1.27	1.04	1.04	1.20	0.95	
	⁶⁰ Co + 110 kV	1 630 720 2 350	1.07	0.94	1.37	1.32	0.74	1.31	0.62	0.84	1.11	0.86	0.76	1.03	1.11	1.11	0.94	0.83	0.88	0.88	
CEA Clouart	⁶⁰ Co	75	1.11	1.14	1.25	0.81	0.89	2.22	1.22	0.69	-	1.11	0.76	1.18	1.18	1.18	1.11	1.11	0.72	1.07	
	"	3 000	0.94	0.83	0.97	1.10	0.93	1.09	0.57	0.70	0.98	1.13	0.91	1.04	1.02	0.92	1.01	1.09	0.89	0.93	
	161 keV	100	1.17	1.15	1.50	1.22	0.90	2.14	1.72	0.73	1.21	1.07	0.94	1.30	1.44	1.04	1.56	1.44	0.90	0.90	
	"	2 000	1.11	0.82	1.23	1.34	0.97	1.38	1.03	0.73	1.12	0.26	0.90	1.20	1.38	0.94	1.20	1.04	1.10	0.98	
	⁶⁰ Co + 161 keV	1 500 1 000 2 500	1.02	0.95	1.07	1.04	0.52	1.12	0.74	0.69	1.02	0.82	1.06	1.08	1.15	0.83	1.00	1.02	1.00	0.92	
FZ Braunschweig	⁶⁰ Co	87	1.50	1.29	0.93	0.85	1.03	1.92	1.04	0.72	1.02	0.92	0.72	1.02	1.20	1.32	1.20	1.22	0.74	1.02	
	"	4 260	0.94	1.06	1.06	0.93	1.03	0.93	0.55	-	1.07	1.02	0.92	1.03	1.03	0.95	0.98	1.03	0.73	1.06	
	300 kV	125	1.23	1.13	0.75	1.25	1.04	1.58	1.02	0.75	1.23	1.20	0.75	1.42	1.23	1.00	0.83	0.83	1.04	0.99	
	"	1 600	1.03	1.03	0.91	1.22	1.00	1.39	0.73	0.74	1.20	1.00	1.08	1.17	1.20	0.79	1.07	0.94	1.11	1.02	
	⁶⁰ Co + 300 kV	1 620 720 2 340	1.05	0.97	0.96	1.01	0.94	1.23	0.60	0.73	1.02	0.98	0.96	1.11	1.11	0.93	1.09	1.10	0.96	0.96	
			VI	1.15	1.05	1.17	1.20	0.91	1.04	0.92	0.76	1.04	1.01	1.04	1.05	1.25	1.09	1.03	1.04	0.94	0.98
			SI	0.17	0.17	0.37	0.37	0.1	0.84	0.35	0.06	0.08	0.11	0.41	0.24	0.18	0.25	0.17	0.13	0.13	0.06
			VII	1.12	1.02	1.08	1.12	0.89	1.44	0.76	0.77	1.06	1.01	0.94	1.05	1.20	1.03	1.02	1.00	0.75	0.98
			SII	0.16	0.14	0.23	0.23	0.03	0.51	0.30	0.04	0.07	0.07	0.23	0.15	0.13	0.17	0.14	0.19	0.12	0.04

Vergelijking met de overige deelnemers

- Het totaaloverzicht van meetresultaten is weergegeven in Tabel 2. De RD-TNO draagt codenummer 69. Van alle deelnemers werden de waarden V_I , S_I , V_{II} en S_{II} (zoals gedefinieerd in Tabel I) bepaald, betrokken op alle $4 \times 5 = 20$ bestraling. De gemiddelden over alle deelnemers en de extremen zijn samengevat in Tabel 3.

Tabel 3

$\bar{V}_I(\text{min})$	$\langle \bar{V}_I \rangle_{40}$	$\bar{V}_I(\text{max})$	$S_I(\text{min})$	$\langle S_I \rangle_{40}$	$S_I(\text{max})$
0.76	1.07	1.64	0.06	0.23	0.84
$\bar{V}_{II}(\text{min})$	$\langle \bar{V}_{II} \rangle_{40}$	$\bar{V}_{II}(\text{max})$	$S_{II}(\text{min})$	$\langle S_{II} \rangle_{40}$	$S_{II}(\text{max})$
0.77	1.04	1.44	0.05	0.16	0.52

- \bar{V}_I en/of \bar{V}_{II} mogen worden beschouwd als een maat voor het — gemiddeld — correct zijn van de callibratie van een instituut. Voor diverse instituten schuilen daarin zeker nog problemen. Afwijkingen naar boven komen blijkbaar veelvuldiger voor en zijn groter dan die naar beneden, hetgeen nog blijkt over een middeling over de 40 instituten: $\langle V_I \rangle_{40} = 1.07$ en $\langle V_{II} \rangle_{40} = 1.04$
- De standaarddeviaties (S), maat voor de consistentie der waarnemingen binnen één instituut, laten zeker nog te wensen over.
- Calibratieniveau en consistentie samen (hoewel niet sterk gecorreleerd, zie fig. 3) lijken een zekere indicatie in te houden voor de kwaliteit van een dosimetriesysteem. Kiest men voor de grootheden \bar{V}_I en S_I de — overigens arbitraire — criteria van respectievelijk 5% en 10%, dan voldoen daaraan van de 40 dosimeters:

$$0.95 < \bar{V}_I < 1.05 : 13 \text{ dosimeters}$$

$$S_I < 0.10 : 6 \text{ dosimeters}$$

Slechts vier dosimetriesystemen (i.c. 57, 62, 69 en 90) voldoen gelijktijdig aan beide criteria. De TNO TLD-badge behoort tot deze groep.

- Het is niet bekend in hoeverre de vier bestralingsinstituten vooraf afspraken maakten ten aanzien van de spectrale breedte van de toegepaste stralingskwaliteiten. Zeker werden de deelnemers geen gegevens (zoals filtering) daaromtrent verschaft. Aangezien de breedte van het spectrum invloed kan hebben op het meetresultaat (vooral bij sterk E-afhankelijk detector materiaal), is voor elk der vier bestralingsinstituten de gemiddelde waarde van V_I bepaald (zie tabel 4). De afwijkende uitkomst voor het RIV (1.12) wordt voornamelijk bepaald door de bestralingen bij 110 kV, waarvoor de doses in veel gevallen te hoog werden gewaardeerd.

Tabel 4

	$\langle \bar{V}_I \rangle_{40} \pm s$
GSF	1.06 \pm 0.19
RIV	1.12 \pm 0.25
CEA	1.06 \pm 0.15
PTB	1.04 \pm 0.13

- Uit de waarnemingen van de individuele detectoren van de TNO TLD-badges kon worden afgeleid dat er verschil bestaat tussen de Co-bronnen van het RIV en de analoge bronnen van de drie andere instituten. Die van het RIV lijkt het "zuiverst", dat wil zeggen het meest vrij van secundaire - uit de collimator vrijgemaakte - electronen. Deze laatste worden waargenomen door de TL-detector achter het open venster, waardoor dáár een relatief lagere responsie (gevolg van gebrek aan secundair electronen evenwicht bij 1.25 MeV) wordt gemaskeerd. Dit verschijnsel zou tevens kunnen verklaren waarom wij in sommige gevallen ^{60}Co bestralingen hebben aangezien voor orthovolt röntgenstraling.
- De extreme "individuele" waarnemingen wijken een factor 4 af van de werkelijke exposie ($V = 4.34$ en $V = 0.24$)
- Het gewogen gemiddelde werd, ter vergelijking van de TNO resultaten, uitgerekend voor de vier deelnemers 57, 62, 69 en 90 (zie Tabel 5).
Naar onze indruk verkeert deelnemer 62 hier in de gunstigste positie.

Tabel 5 Gewogen gemiddelden

	(57)	(62)	(69)	(90)
GSF	1.02	1.02	0.90	0.99
RIV	1.06	1.01	0.96	0.93
CEA	1.05	1.00	1.05	0.96
PTB	1.07	1.07	1.03	1.02
Tot.	1.05	1.03	0.99	0.98

Nabeschuwing

In bovenstaande is een poging gedaan tot interpretatie van de meetresultaten van het Euratom vergelijkingsprogramma. Aangezien voor persoonlijke controlemiddelen nauwelijks objectieve criteria bestaan, kan men slechts vergelijkenderwijs te werk gaan. Op grond van health physics overwegingen zijn de meetresultaten van de meeste deelnemers zeker aanvaardbaar. Van een aantal instituten - waaronder de RD-TNO - mogen de resultaten stellig zeer goed worden genoemd. Het is ons bekend dat zij alle werden bereikt met TLD methoden, wat nog eens een aanwijzing inhoudt dat (afgezien van specifieke gunstige eigenschappen van de filmbadge) op grond van nauwkeurigheid aan TLD de voorkeur moet worden gegeven. Het lijkt noch mogelijk, nog zinvol te streven naar grotere perfectie.

Fig. 1a

Ontwerp TNO TLD
personenbadge

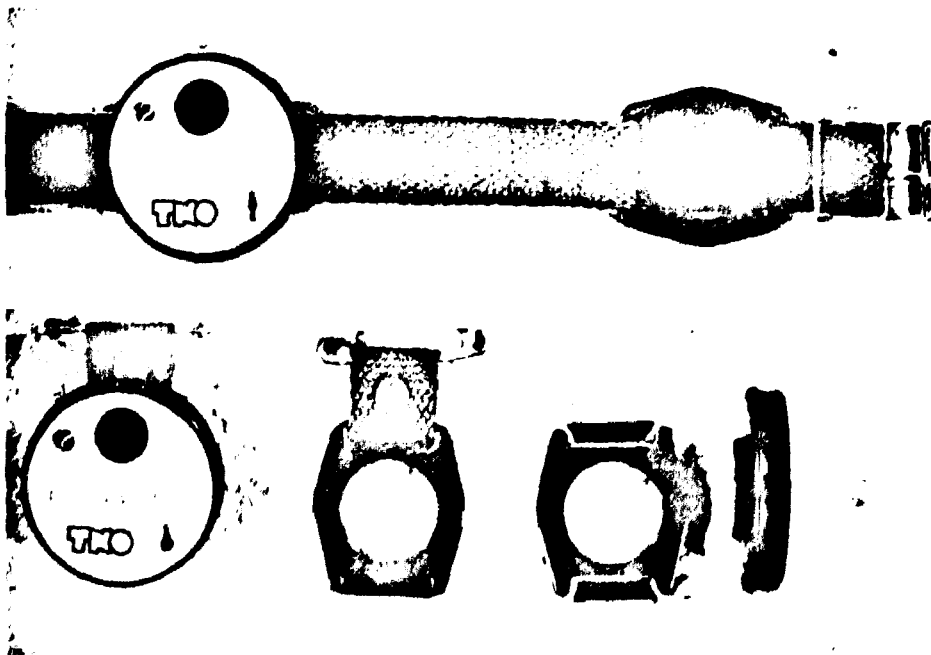
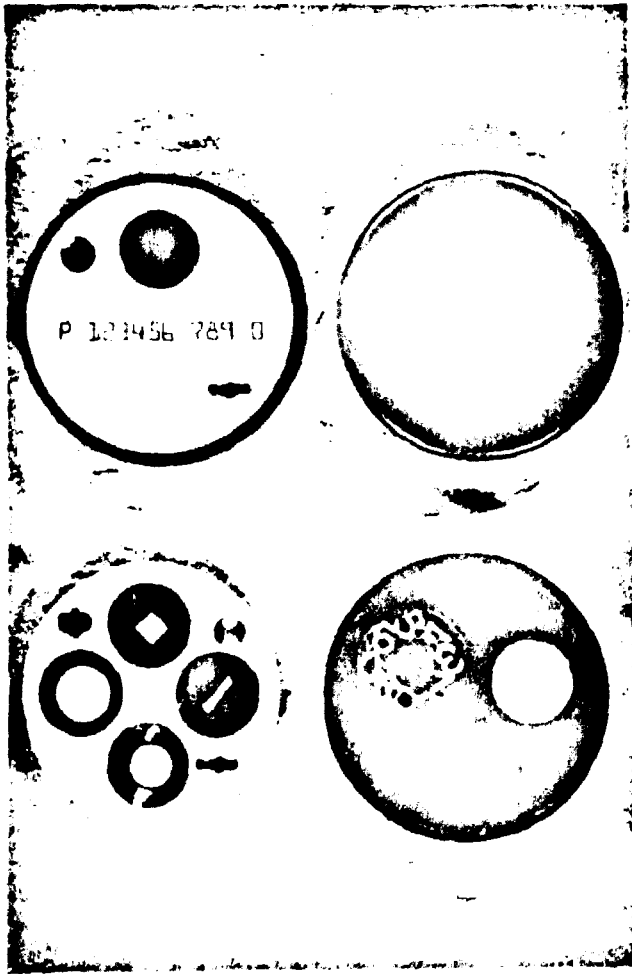


Fig. 1b

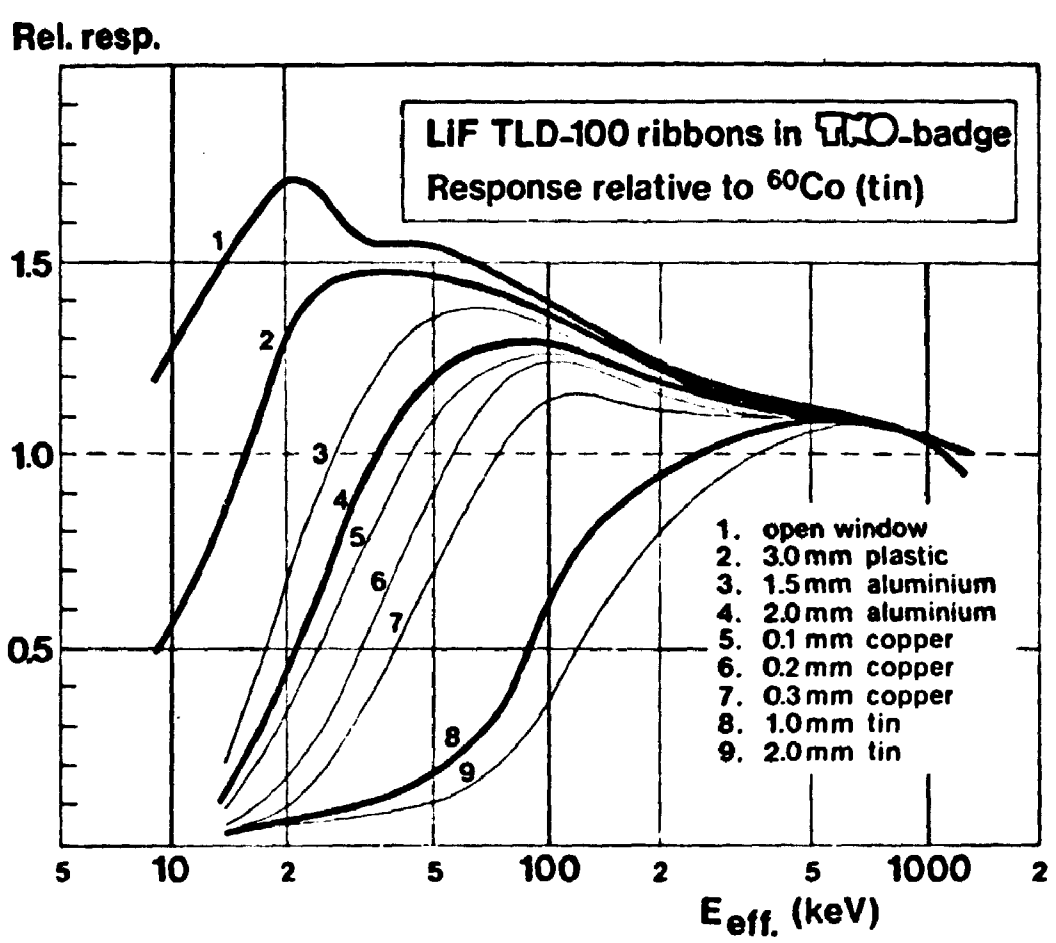


Fig. 2: Energie responsiecurven

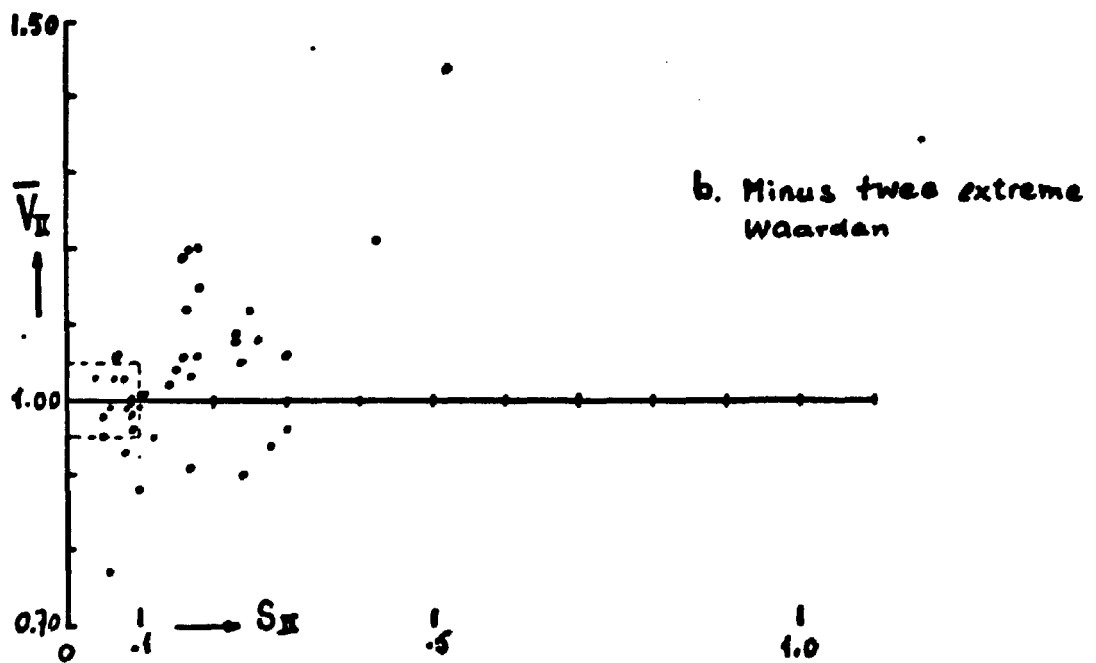
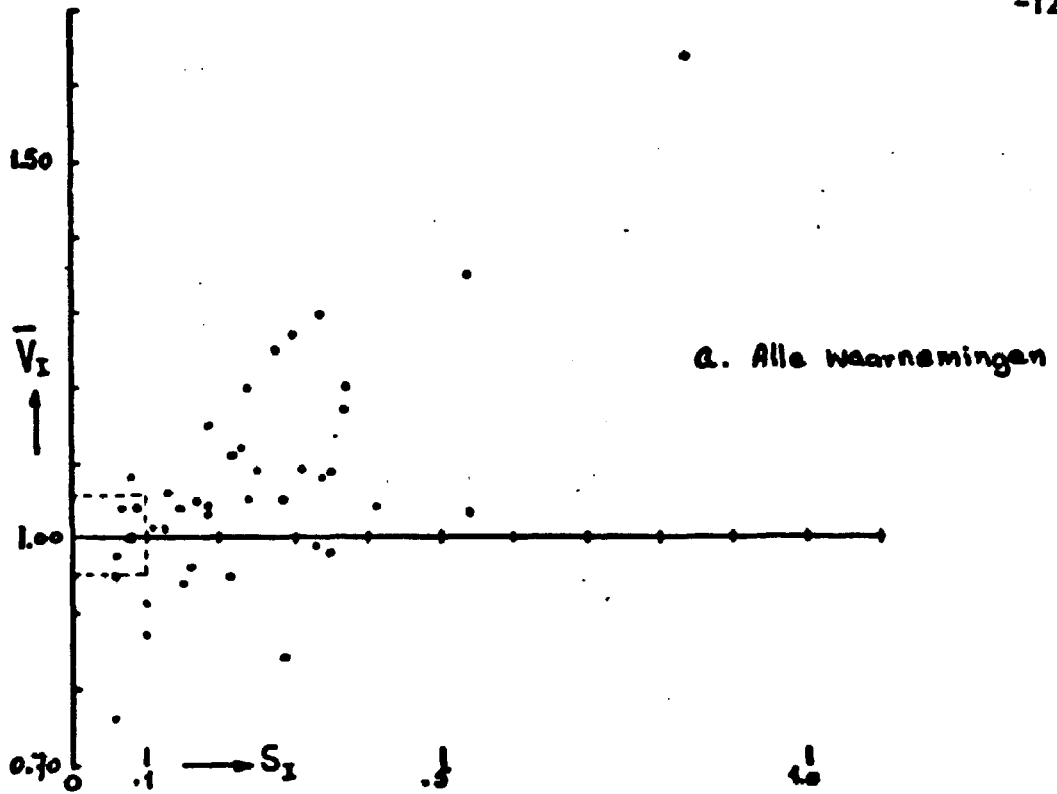


Fig. 3 Verband tussen gemiddeld Calibratieniveau (\bar{V}) en standaardafwijking (S) voor alle deelnemers.