

Nota betreffende het onderzoek naar de  
mogelijkheden van zandtransportmetingen  
met gemerkt zand (Ir J.N. Svasek)

**DELTADIENST**  
**WATERLOOPKUNDIGE AFDELING**

RAPPORT N<sup>o</sup> 12 1956

DDWT - BEN - 1956.12

Nota betreffende het onderzoek naar de mogelijkheden  
van zandtransportmetingen met gemerkt zand.

---

1. Probleemstelling.

Het doel van het bovengenoemde onderzoek is het vinden van een methode voor het verkrijgen van kwalitatieve en kwantitatieve gegevens over de zandbeweging op zee en in estuaria.

De klassieke meetmethoden zijn minder aangewezen omdat:

- a) zij in de brandingszône en in het algemeen bij storm niet kunnen worden toegepast; juist daar en dan treedt evenwel het grootste zandtransport op.
- b) het overigens meestal slechts mogelijk is de toestand op één bepaald punt op één bepaalde dag tegelijkertijd te bepalen; reductie van deze meetresultaten tot andere omstandigheden is moeilijk, zometoest onmogelijk.
- c) de klassieke methoden voor de opname van een groot gebied duur zijn.

In deze nota worden voor de zandtransportmetingen enkele methoden aangegeven die gebaseerd zijn op het merken van zand.

2. Het principe van de laatste methoden is:

In het te onderzoeken gebied wordt een hoeveelheid merkmateriaal aan het bodemzand toegevoegd (puntsgewijze of in raaien). Na verloop van tijd, afhankelijk van de grootte van het gebied, alsmede van de eigenschappen en de hoeveelheid van merkmateriaal, worden de plaats en de concentratie van deze indicator in het zand over het gehele gebied bepaald.

3. Eisen aan welke het merkmateriaal (indicator) moet voldoen:

3.1 Het merkmateriaal moet dezelfde transporteigenschappen hebben als het zand in het meetgebied en mag noch door stroom, noch door golfslag worden uitgezeefd. D.w.z. dat het moet voldoen aan de volgende voorwaarden;

3.1.1 het specifiek gewicht moet gelijk zijn aan dat van het zand.

3.1.2 de zeefkromme moet gelijk zijn aan die van het zand.

3.1.3 de aard van het korreloppervlak en de korrelvorm moet

-gelijk-

gelijk zijn aan die van het zand.

3.1.4 de hardheid van het merkmateriaal mag niet veel lager liggen dan die van het zand, in verband met de schurende werking bij het transport.

N.B. De eisen 3.1.1 en 3.1.2 zijn eventueel te combineren, daar bij de formules voor het zandtransport de factor  $\frac{d(\rho_z - \rho_w)}{\rho_w}$  als bepalende grootte voorkomt.

Hierin is:

$d$  = maatgevende korreldiameter,

$\rho_z$  = spec. gewicht van het zand,

$\rho_w$  = spec. gewicht van het water.

Deze factor blijft constant indien bij een hogere waarde van  $S_z$  een bijbehorende korreldiameter gekozen wordt.

Er zijn echter controle-metingen nodig om deze theorie te bevestigen.

- 3.2 De indicator moet bestendig zijn tegen de invloed van zee-water.
- 3.3 De concentratie van de indicator moet op eenvoudige wijze kunnen worden bepaald.
- 3.4 De indicator mag geen gevaar opleveren voor de volksgezondheid.
- 3.5 De indicator moet van zodanige aard zijn dat herhaalde metingen in het zelfde gebied mogelijk zijn.

4. Mogelijke methoden voor het merken van zand door het toevoegen van de volgende indicator:

- 4.1 Merkmateriaal van een bijzondere mineralogische samenstelling, b.v. een homogeen zand van glas of van een bepaald mineraal hetgeen niet of zeldzaam voorkomt in het meetgebied.

Bezwaren:

- a) de mineralogische analyse, welke voor elk monster zou moeten worden uitgevoerd, is een tijroevende en kostbare aangelegenheid.
- b) de uiterste grens van de concentratie welke nog geconstateerd kan worden ligt zeer hoog; hierdoor zijn grote hoeveelheden merkmateriaal vereist, waardoor de methode buitengewoon duur kan worden.

-Natuurlijk-

4.2 Natuurlijk gekleurd zand als indicator.

Bezwaren:

- a) de methode vereist voor elk monster tijdrovend microscopisch onderzoek.
- b) zelfde als 4.1 b.

4.3 Kunstmatig gekleurd zand als indicator.

Bezwaren:

- a) zelfde als 4.2 a.
- b) zelfde als 4.1 b.
- c) het is moeilijk om de korrels een slijtvaste laag aan te brengen, zonder de transporteigenschappen te veranderen.

4.4 Merkmateriaal dat chemisch volkomen andere eigenschappen heeft en dus langs chemisch- of spectro-analytische weg aangetoond kan worden. B.v. lichtmetaal (aluminium, mangaanaluminium, etc)

Bezwaren:

- a) het analytisch onderzoek is duur.
- b) de corrosie in zeewater is groot, vooral in een schurend milieu; hierdoor ontstaat verlies aan merk-materiaal en veranderen de transporteigenschappen.

4.5 De indicator is een fluoriserende stof welke langs fotografische weg is aan te tonen.

Bezwaar:

- a) moet - technisch vraagt de methode veel tijd; vermoedelijk zijn lange belichtingstijden noodzakelijk terwijl de monsters een zorgvuldige behandeling vragen.

4.6 Merken met behulp van radioactieve isotopen.

De mogelijkheden en bezwaren hiervan worden nader besproken onder 5.

5. Merken van zand met behulp van radioactieve isotopen. Metingen met behulp van radioactieve indicatoren verkrijgen een steeds groter gebied van toepassing. Vooral de nauwkeurige en betrekkelijk eenvoudige meting van de radioactiviteit maakt deze methode aantrekkelijk. Ook het feit, dat een reeds verrichte meting na verloop van tijd, bij een geschikt gekozen halveringstijd, niet meer storend werkt voor een tweede meting, is een voordeel.

5.1 Mogelijkheden van merken.

-Radioactief-

5.1.1 Radioactief maken van natuurlijk zand in een cyclotron of in een reactor, is mogelijk indien de te gebruiken zandsort een dusdanig chemische samenstelling heeft dat door de bestraling een eenvoudige, geschikte vorm van radioactiviteit ontstaat.

D.L. Inman en E.D. Goldberg (2) hebben enkele zandsorten in een reactor aan straling blootgesteld en ontdekt dat St. Peter-sandstone een radioactiviteit verkregen had die indentiek was met de straling van fosfor  $P^{32}$ . Nadelen van deze methode zijn echter:

- a) de inhomogeniteit wat betreft de chemische samenstelling van de natuurlijke zandsorten.
- b) grote hoeveelheden te bestralen materiaal (met lage specifieke activiteit), waardoor een gelijkmatige bestralingsintensiteit niet gewaarborgd kan worden. Bovendien leidt een overbezetting van de reactor of van de cyclotron tot een zeer duur product.

5.1.2 In glas of plastic een element op te lossen dat door bestraling in een reactor of een cyclotron in een geschikte isotoop verandert. Reeds vóór de bestraling zou de drager van dit element de eigenschappen van zeezand moeten bezitten (zie par. 3). Een voordeel boven de voorgaande methode is dat een grote homogeniteit van het te bestralen materiaal bereikbaar is. Een bezwaar is het onder 5.1.1 b genoemde.

5.1.3 Element radioactief maken en dan oplossen in glas of plastic.

Deze methode heeft het voordeel dat het radioactieve isotoop gemaakt kan worden in relatief kleine hoeveelheden met hoge specifieke activiteit. Behalve dat bij dezelfde hoeveelheid activiteiten kleine hoeveelheid stof goedkoper is, dan een grote hoeveelheid, is de bestraling in een reactor van een kleine hoeveelheid gelijkmatiger. Een bezwaar is dat het verwerken van de radioactieve glas- of plasticmassa tot indicator bijzondere maatregelen vergt ter bescherming van de arbeiders en ter voorkoming van een radioactieve besmetting in de fabriek.

#### 5.1.4 Radioactieve isotoop inbouwen in een zeoliet

(ionenwisselaar). De zeolieten zijn natuurlijke en synthetische aluminiumsilicaten, die in hun kristalrooster eenwaardige (Na +) of tweewaardige (Ca ++)  
ionen opgesloten hebben, doch deze worden, zodra er gelegenheid is, vervangen door meerwaardige ionen (b.v. Al <sup>+++</sup> of zeldzame aarden). Deze omwisseling heeft uiteraard plaats in een milieu, waarin zich de bovengenoemde meerwaardige ionen bevinden. Men kan nu de juiste isotoop in die zeoliet inbouwen, welke aan de voorwaarden van het transport voldoet. Hierbij heeft een synthetische zeoliet tegenover de natuurlijke het voordeel van een homogene bouw, dus van een gelijkmatige verdeling van de opgenomen radioactieve stof over de korrels. Behalve het feit dat men kleine hoeveelheden radioactieve stof met hoge specifieke activiteit kan gebruiken, biedt ook de mogelijkheid van het verkrijgen van radioactieve isotopen van zeldzame aarden (Ce, Y, Tm) als afvalproducten bij de splijting van de "brandstof" U<sup>235</sup> in de kernreactor (fission-products) voordelen. Deze afvalproducten zijn de goedkoopste van de te verkrijgen radioactieve stoffen.

#### 5.1.5 Radioactieve isotoop afzetten op de oppervlakte van de zandkorrels.

Deze methode komt neer op een eenvoudige chemische behandeling van het zeezand. In het Laboratoire National de Engenharia Civil in Portugal heeft men radioactief zand gemaakt door uit zilvernitraat radioactief zilver (Ag<sup>110</sup>) op de zandkorrels neer te slaan (3). Uit de proeven bleek dat 70 % van het zilver uit de oplossing inderdaad op de zandkorrels terecht kwam. Ag<sup>110</sup> is echter betrekkelijk duur. Een ander groot nadeel is dat tijdens het transport van de zandkorrels over de zeebodem een schurende werking op het oppervlak wordt uitgeoefend, waardoor de indicator gedeeltelijk of geheel kan verdwijnen.

5.2 De keuze van het toe te passen radioactieve isotoop hangt af van de volgende factoren:

5.2.1 Volksgezondheid.

Het toezicht op al het werk met radioactieve isotopen berust bij de Isotopen Commissie van de Kon. Ned. Akademie van Wetenschappen, die tevens de beveiligingsmaatregelen voorschrijft. Het is belangrijk reeds bij de voorstudie zich rekenschap te geven van de voornaamste eisen betreffende de veiligheid, daar deze de keuze van de werkmethode mede bepalen.

a) de halveringstijd mag niet te lang zijn. Al zouden de proeven in afgelegen gebieden uitgevoerd worden dan kan de radioactieve stof toch op het strand terecht komen. Daarom moet in het badseizoen de specifieke activiteit van de individuele korrels tot een ongevaarlijk niveau gedaald zijn. De keuze van de halveringstijd hangt hiermede samen.

b) concentraties van radioactief materiaal moeten worden vermeden. Deze eis correspondeert met die voor de transporteigenschappen.

c) de voorbereidende werkzaamheden, waarbij de radioactieve isotoop reeds aanwezig is, moeten kort en eenvoudig zijn.

5.2.2 De aard en de energie van de stralen is mede bepalend voor de keuze van de isotoop.

$\alpha$ -stralen hebben een zeer klein doordringingsvermogen (kleine range) en zijn in verband daarmee ongeschikt voor de metingen.

$\beta$ -stralen met hoge energie ( $E > 1$  MeV) zijn bij meting in laboratorium bruikbaar; bij een lagere energie dan 1 MeV wordt de zelfabsorptie en absorptie in de meetopstelling te hoog om redelijke resultaten te verkrijgen. Directe meting in zee is echter met een  $\beta$ -teller niet praktisch uitvoerbaar in verband met een grote absorptie in het zeewater en in het zand zelf.

$\gamma$ -stralen hebben een groot doordringingsvermogen en zijn dus bruikbaar voor metingen, zowel in zee als in

laboratorium, doch worden door een normale Geiger-Müller-teller slechts voor 1 % geteld. Een speciale  $\gamma$ -teller (scintillatie-teller) heeft een efficiency van  $\pm 60$  %, is echter belangrijk duurder.

5.2.3 De chemische eigenschappen van de te gebruiken isotoop hangen samen met de keuze van de methode, i.v.m. de reeds eerder genoemde voorwaarden (zie 3.2;3.4;5).

5.2.4 De wijze van ontstaan van de isotoop bepaalt in hoge mate de kosten van de proeven. Men kan een radioactief isotoop maken door bestraling van een element in een cyclotron of in een reactor. De duur van de bestraling en de hoeveelheid van het te bestralen materiaal en dus de kosten zijn afhankelijk van de werkbare doorsnede van de atomen (1), die bij verschillende elementen zeer uiteenloopt. Voor een grote productie is behandeling in een reactor het meest economische, doch de transportkosten van een reactor in Engeland of Noorwegen kunnen belangrijk zijn.\*) De goedkoopste isotopen zijn afkomstig uit de afval van de kernreactors en zijn ontstaan door het uiteenvallen van  $U^{235}$  (fission-products). Het zijn isotopen met atoomgetal 29 - 63, doch niet allen komen in dezelfde hoeveelheden voor.

### 5.3 Metingen m.b.v. tellers in laboratorium.

Voor de zandtransportmetingen komen de volgende typen van tellers in aanmerking:

5.3.1 "Bakjesteller" (fig.1). Hierin kunnen monsters tot max. 0,3 cc gemeten worden.

5.3.2 Vloeïstofteller van Veall (fig.2). Hierbij is de teller ingesmolten in de binnenste van de twee concentrische glazen cylinders. Het monster (vloeïstof)

\*) In Nederland is reeds een cyclotron aanwezig (Philips - Roxane te Amsterdam) en een andere in aanbouw (T.H. te Delft); voorts bestaan er vorgevorderde plannen voor de bouw van een reactor (KEMA te Arnhem).



wordt tussen de wanden aangebracht.

- 5.3.3 Dompteller. Dit is een buisvormige teller, die in een bakje met het monster wordt gestoken. Is de wand van de dompteller zeer dun, dan telt hij ook  $\beta$ -stralen; anders is deze teller alleen geschikt voor  $\gamma$ -stralen.
- 5.3.4 Holle teller (fig.3). Deze teller heeft een holle binnenelectrode, waarin het monster (in een dunwandige reageerbuis) ingebracht kan worden. De gevoeligheid is in verband met de gunstige geometrie van de opstelling zeer hoog. Vooral voor het tellen van  $\gamma$ -stralen is dit belangrijk.
- 5.3.5 Doorstroomteller. Dit is een variant op de holle teller, die een mogelijkheid biedt een vloeistof (en ook zand) continu door de teller heen te voeren.
- 5.3.6 Scintillatie-teller. Deze teller is speciaal voor de metingen van  $\gamma$ -stralen bestemd en werkt volgens een ander principe dan de vorige tellers. De teller is in normale uitvoering ongeveer tweemaal zo duur dan de Geiger-Müller-teller; holle- en doorstroomtellers van dit type zijn verkrijgbaar, maar kosten vele malen meer dan dezelfde varianten van de Geiger-Müller-teller.
- 5.4 Zwartingsmetingen. Deze metingen berusten op de in werking van radioactieve stralen op fotografisch filmpapier. Ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek met  $X$ -stralen is bij Kodak de "no screen  $X$ -ray film" ontwikkeld die voor straling bijzonder gevoelig is. Het is mogelijk (2) na inwerking van 24 - 48 uur een herkenbare zwarting op de film te constateren en de haarden van de radioactiviteit (de indicator-korrels) te herkennen. Eventuele toepassing van deze methode voor de zandtransportmeting kan echter pas na uitgebreide proefnemingen in overweging worden genomen.
- 5.5 Metingen in zee.  
De meetinstallatie voor de directe metingen is verplaatsbaar en de eigen teller kan vanaf een schip op de zeebodem neergelaten worden.  
Doordat rechtstreeks de specifieke activiteit van de bodem

aan boord van het meetschip bepaald wordt, kan het begrenzen van het te meten gebied zeer eenvoudig geschieden. Bovendien kan het tijdrovende monsteronderzoek in het laboratorium slechts tot het ijken van de directe metingen beperkt blijven.

Een nadeel van de directe methode is een geringer meetnauwkeurigheid in het algemeen. Bovendien geeft deze methode geen inzicht in de verdeling van de actieve korrels over de verticaal.

Een onderscheid tussen de gemeten activiteit van meerdere indicator-korrels, die dieper dan de zeebodem liggen en die van enkele korrels, die zich op de zeebodem bevinden, wordt niet gegeven.

Het laatste kan ondervangen worden door het bovengenoemde aanvullende laboratoriumonderzoek of door een nog te ontwikkelen directe meetmethode.

De meetinstrumenten zullen ontwikkeld moeten worden. Men kan echter reeds nu het mogelijke principe van de tellers aangeven:

#### 5.5.1 Geiger-Müller-teller met enkele grote tellereenheden in serie.

Wil men met de directe meetmethode tot een redelijk meetbereik komen, dan moet het telvolume groot zijn. Dit is te bereiken door enkele tellerbuizen van het grootste volume, dat geleverd kan worden in serie in één meetinstrument te plaatsen.

Een nadeel van het vergroten van het meetvolume is de daarmee gepaard gaande verhoging van het nul-effect (back-ground), d.i. de invloed van de natuurlijke radioactiviteit van het milieu en van de cosmische straling.

Het belangrijkste is echter, dat de gevoeligheid van de Geiger-Müller-teller voor de  $\gamma$ -stralen zeer laag is (efficiency 1 à 2 %).

#### 5.5.2 Scintilatie-teller met enkele normale eenheden of met één grote eenheid.

De scintilatie-teller is een speciaal meetinstrument voor  $\gamma$ -straling. De efficiency is bijzonder hoog ( $\pm 60\%$ ) maar daardoor ook het nul-effect. Doch de proeven

hebben uitgewezen, dat een normale scintilatieteller (PW 4111 van Philips) ongeveer twintigmaal gevoeliger is dan de grootste Geiger-Müller-teller (type 18506 van Philips).

Een vergrote scintilatieteller kan door Philips ontwikkeld worden, doch de kosten hiervan stijgen zeer progressief met de toename van het meetvolume.

De proeven moeten uitwijzen of men met één of met meerdere normale scintilatie-tellers zou moeten werken of dat één vergrote scintilatie-teller gebouwd zou moeten worden.

## 6. Nodige proeven.

### 6.1 Merkmateriaal.

Uit de voor- en nadelen van de verschillende indicatie-methoden blijkt, dat de radioactieve indicatoren de voorkeur verdienen. De beste, d.w.z. de meest betrouwbare, gemakkelijk te verkrijgen en daarbij niet te dure indicator kan zonder laboratoriumproeven niet aangewezen worden.

Het is daarom wenselijk ten minste twee van de vijf onder 5.1 genoemde mogelijkheden te onderzoeken, te weten: 5.1.2 en 5.1.4.

6.1.1 Het onderzoek van zeolieten (5.1.2) bestaat uit:

- a) bepalen van S.G.,
- b) hardheidsproeven,
- c) opnamenproeven voor de verschillende radioactieve isotopen,
- d) contrôle op de invloed van het zeewater op de ionenwisseling,
- e) proefmeting in laboratorium,
- f) proefmeting in zee.

6.1.2 Het beproeven van de methode 5.1.4 bestaat uit:

- a) het vervaardigen van glasparels met opgeloste, niet radioactieve scandium,
- b) het bestralen van de glasparels in de kernreactor,
- c) contrôleproeven op de radioactiviteit,
- d) proefmeting in laboratorium,
- e) proefmeting in zee.

## 6.2 Instrumenten:

6.2.1 De onderwateropnemer van de meetapparatuur voor radioactiviteit moet een zodanige vorm hebben, dat hij bij een relatieve stroomsnelheid van 1 à 2 m/sec met een snelheid van 0,5 à 1 m/sec t.o.v. de bodem door een vaartuig kan worden gesleept zonder dat hij de bodem verlaat.

De horizontale afstand tussen de plaats van de opnemer en de plaats van het vaartuig moet zo klein mogelijk zijn met het oog op de spanningsverliezen in de kabel.

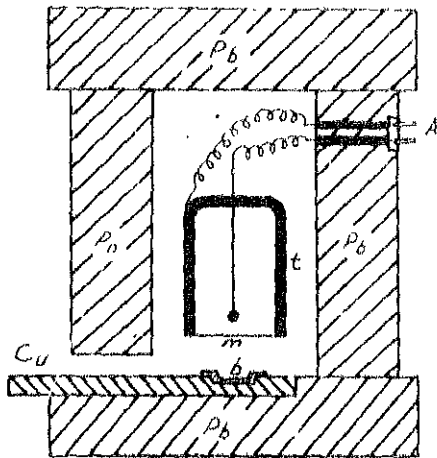
De opnemer moet dus een hydraulisch juiste vorm hebben, die slechts proefondervindelijk kan worden bepaald.

6.2.2 De inrichting voor het plaatsen van het merkmateriaal op de zeebodem moet ontwikkeld worden. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van buitenlandse ervaringen (zie literatuur).

6.2.3 Hoewel de constructie van de mengbak voor ionenuitwisseling vermoedelijk betrekkelijk eenvoudig kan worden gehouden, zullen enkele problemen, vooral betreffende de gelijkmatigheid van de ionenuitwisseling, nog opgelost moeten worden.

Literatuur.

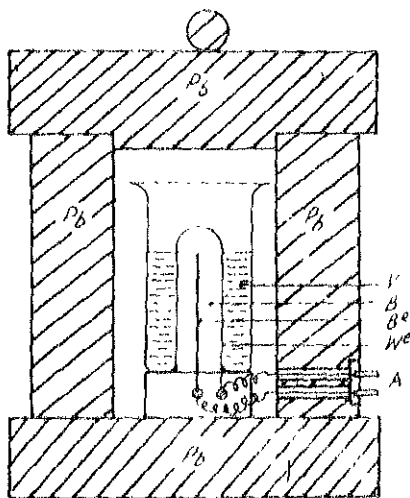
1. Edward D. Goldberg en Douglas L. Inman; Neutron-irradiated quartz as a tracer of sand movements; Scripps institution of oceanography, new series no. 761, mei 1955.
2. A. Gibert; Essai sur la possibilité d'employer Ag 110 dans l'étude du transport du sable par la mer; Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lissabon, okt. 1954.
3. J.L. Putman, D.B. Smith, R.M. Welles, F. Allen en G. Rowan; Thames siltation investigation - Preliminary experiment on the use of radioactive tracers for indicating mud movements; Atomic energy research establishment. Harwell en Hydraulics research station. D.S.I.R. Wallingford, dec. 1954.
4. Richard Hours, Wladimir D. Westeroff, Vcevolod Romanovsky en Pierre Pruvost; Utilisation d'un traceur radioactif dans l'étude de l'évolution d'une plage; Académie des sciences, mei 1955.
5. Shizuo Inose en Naofumi Shiraishi; Measurement of littoral drift by radio-isotopes; Harbour construction section, National Hokkaido Development Bureau, Japan, jan. 1956.



OPSTELLING VAN TELLER EN PREPARAAT  
(GEIGER-MÜLLER TELLER)

VERKLARING:

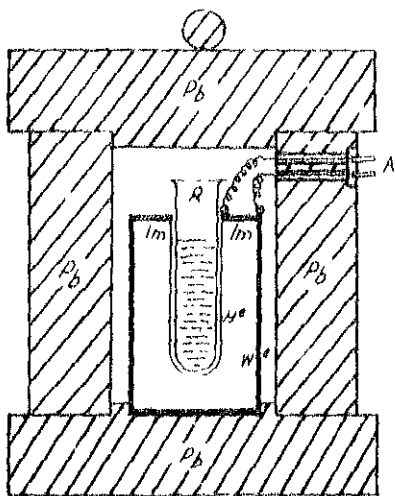
- $pb$  = LODEN HUIS
  - $t$  = METALEN KLOK VANDE TELLER
  - $m$  = MICA MEMBRAAM VAN DE TELLER
  - $b$  = ALUMINIUM BAKJE
  - $Cu$  = KOPEREN SCHUIF, WAARIN HET BAKJE PAST
  - $A$  = SPANNINGSPOOL
- BOVEN DE SCHUIF IS EEN OPENING VAN ENKELE MILLIMETERS HOOG IN HET LODEN HUIS, OM PREPARATEN GEMAKKELIJK IN EN UIT TE KUNNEN SCHUIVEN.



OPSTELLING VAN TELLER EN PREPARAAT  
(TELLER VAN VEALL)

VERKLARING:

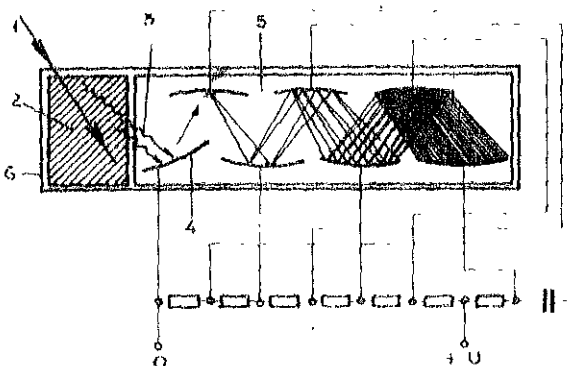
- $pb$  = LODEN HUIS MET AFNEEMBAAR DEKSEL
- $V$  = TE METEN VLOEISTOF
- $B$  = BUISTELLER VAN VEALL
- $Be$  = BINNENELECTRODE
- $We$  = WANDELECTRODE
- $A$  = SPANNINGSPOOL



OPSTELLING VAN TELLER EN PREPARAAT  
(HOLLE TELLER)

VERKLARING:

- $pb$  = LODEN HUIS MET AFNEEMBAAR DEKSEL
- $R$  = REAGEERBUIS MET TE METEN VLOEISTOF
- $He$  = HOLLE ELECTRODE
- $We$  = WAND ELECTRODE
- $Im$  = ISOLATIE MATERIAAL
- $A$  = SPANNINGSPOOL



SCHEMA SCINTILLATIETELLER

- 1 STRALINGSQUANT ( $\gamma$ )
- 2 SCINTILLATIEKRISTAL
- 3 LICHTQUANT
- 4 FOTOKATHODE
- 5 FOTOMULTIPLIER
- 6 LICHTDICHT OMHULSEL REFLEKTOR

**TELLERS VOOR  
RADIO-ACTIEVE  
STRALEN**  
RIJKSWATERSTAAT  
DELTADIENST  
Waterloopk. Afd.

get.	gez.
1/10/50	1/3