

NN31545.0790

januari 1974

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**BIBLIOTHEEK DE HAAFF**

Droevendaalsesteeg 3a

Postbus 241

6700 AE Wageningen

EEN HYDROLOGISCH STUWMODEL VOOR

DEMONSTRATIE DOELEINDEN

ing. J.G.S. de Wilde

BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-  
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een  
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende  
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen  
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onder-  
zoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut  
in aanmerking



0000 0460 2070

1-891378

## I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. BESCHRIJVING VAN HET MODEL	2
3. POMBEREKENING EN LEIDINGBEPALING	6
4. DE GROOTTE VAN DE H-FLUME	9
5. DE Q-H KROMME	11
6. DE GROOTTE VAN HET VERZAMELRESERVOIR	12
7. BEVEILIGING TEGEN OVERSTROMING	13
8. CONCLUSIE	14
LITERATUUR	15

## INLEIDING

De aanleiding tot de ontwikkeling van een demonstratiemodel was de tuinbouwtentoonstelling Floriade 1972. Door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding was toegezegd dat zij een inzending voor deze manifestatie zou verzorgen die verband hield met het onderzoeksterrein waarop het Instituut zich beweegt.

Daar de voorlopige opdracht midden januari 1972 werd gegeven was er voor de ontwikkeling en montage nog slecht 2½ maand beschikbaar, aangezien de Floriade begin april geopend zou worden.

Na enig wikken en wegen, waarbij vooral gelet diende te worden op de korte nog beschikbare tijd en het laag houden van de kosten, werd uiteindelijk gekozen voor een met de praktijk overeenkomend model van een afvoermeetinrichting. Hierbij werd als eis gesteld dat het geheel vooral eenvoudig moest zijn en dus toegankelijk voor een breed publiek.

Een belangrijk middel waarvan de waterbeheersing zich bedient is de stuw, waardoor de waterspiegel in open waterlopen kunstmatig wordt geregeld en waarmee een hoeveelheid water wordt vastgehouden. Een dergelijk belangrijk onderdeel zonder meer geplaatst in een slootprofiel met stromend water zou echter weinig attractief zijn. Waterbeheersing betekent naast het reguleren echter ook het nauwkeurig kennen van de kwantiteit.

Voor het bepalen van de doorstromende hoeveelheid water per tijds-eenheid (debiet) maakt men doorgaans gebruik van een afvoermeetinrichting. Dit is een bijzondere vorm van een vaste (niet regelbare) stuw. Een meetstuw in combinatie met een peilschrijver, waarop de waterhoogte kan worden afgelezen terwijl door middel van een grafiek de afvoer uit de afgelezen waterhoogte is te bepalen, zou een model

met een educatieve functie op kunnen leveren.

Om nu tot een realistisch geheel te komen werd gekozen voor een systeem waarbij uit een regenwolk water valt dat via een drainagestelsel gebracht wordt naar een sloot, waarin de debietbepaling plaats heeft. Via een verzamelreservoir, wordt het water weer opgepompt en teruggevoerd naar de regenwolk. De totale kosten van een dergelijk model zijn f 3200,- exclusief BTW. Hierbij komen dan nog de kosten van de opbouw die kunnen worden begroot op f 1000,- exclusief BTW.

Omdat gebleken is, dat het nogal eens voorkomt dat gevraagd wordt naar dergelijke educatieve hydrologische modellen wordt in deze nota een beschrijving van dit model gegeven. Hierna wordt een aantal technische details behandeld die niet alleen van belang zijn voor het onderhavige model doch ook voor het ontwerpen van andere modellen. Bovendien kunnen deze gegevens gebruikt worden voor het ontwerpen van laboratorium- of veldmeetopstellingen.

## 2. BESCHRIJVING VAN HET MODEL

De meetstuw zelf vormt het belangrijkste onderdeel van het model. Bij de keuze van de soort dienen we te letten op de volgende punten:

- a. De stuw moet een opvallende constructie zijn. De kleur en de grootte kunnen hiertoe bijdragen.
- b. Het water mag bij doorstroming niet teveel geluid veroorzaken. De opstuwing mag dus niet te groot zijn.
- c. Het geheel moet redelijk nauwkeurig werken en de stuw moet eenvoudig te vervaardigen zijn.
- d. Hij moet eenvoudig te reinigen zijn.
- e. Hij moet uit esthetisch oogpunt strak gelijnd worden uitgevoerd.
- f. Hij moet gemaakt kunnen worden van materiaal dat een goede weerstand heeft tegen corrosie, bijvoorbeeld aluminiumplaat.
- g. De te regelen peilverhoging moet in de stuw goed zichtbaar zijn.

Rekening houdende met deze punten dringt zich dan de meetgoot op. Van deze meetgoten zou vooral het type H-flume uitstekend voldoen.

Dit type wordt ook voor kleine afvoeren nauwkeurig beschreven (FIELD MANUAL, 1962).

In de inleiding werd reeds aangegeven uit welke onderdelen het model zou worden samengesteld. De vormgeving van het geheel is nu aan de orde. Vooral bij het bepalen van de afmetingen dient gelet te worden op een aantal punten, waarvan de belangrijkste zijn:

- a. de beschikbare plaats;
- b. handelsafmetingen van de te gebruiken materialen (vooral voor grote modellen);
- c. de plaatshoogte van af te lezen apparatuur kan bepalend zijn voor de verhoudingen, vooral in hoogte, van de rest van het model;
- d. makkelijk te transporteren;
- e. prijs.

Een secundaire voorwaarde kan zijn de afmetingen van de in de nabijheid opgestelde modellen.

De nu volgende beschrijving kan echter gegeven worden zonder dat de afmetingen van de delen en het geheel bekend zijn. De regensimulator voorzien van wolk wordt geplaatst boven het grasland dat gedraineerd moet worden. Door de drainbuizen kan het water afgevoerd worden naar een slootsectie die, doordat er bij een afvoermeetinrichting altijd verval moet zijn, in tweeën is gedeeld. Een hoger en een lager deel, gescheiden door de damwand waarin de H-flume geplaatst kan worden. Voor het bepalen van de waterhoogte in de flume wordt een peilschrijver gebruikt. Deze dient zo geplaatst te worden, dat ook kinderen de registreernaald kunnen zien. De ondersteuningsbuis voor de schrijver wordt bevestigd tegen de damwand.

De hoogte van het grasland, de berm van de sloot, werd bepaald op gemiddeld tafelhoogte.

Het laagst geplaatste slootdeel heeft een afvoer die geknepen kan worden en welke uitmondt boven een verzamelreservoir. In dit reservoir wordt de dompelpomp geplaatst die het water via een, met de hand door het publiek te bedienen, kogelafsluiter voert naar het hoogst geplaatste slootdeel. De afsluiterknop is bedienbaar vanaf een tableau waarop zich tevens de kromme bevindt met behulp waarvan de doorstromende hoeveelheid water bepaald kan worden. Even voor de afsluiter

is een aftakking voor een omloopleiding en een leiding die de regen-simulator voedt. Door nu de diameter van de leiding van de pomp via de afsluiter naar de sloot relatief groot te nemen ten opzichte van de omloopleiding, zal er verschil in opbrengst zijn bij geopende en gesloten afsluiter. Bij verlenging van de dunne leiding is dit verschil nog groter te maken. De toepassing van de omloopleiding garandeert een goedkoop en bedrijfszeker regelsysteem. Het water dat rechtstreeks bij geopende afsluiter toegevoerd wordt aan het hoogste slootdeel moet  $90^{\circ}$  omgekeerd worden in stromingsrichting (andere invoer-richtingen zijn natuurlijk mogelijk) en treedt met kracht binnen. Om een rustige instroming te verkrijgen zal er bij het begin van genoemd deel een stroombreker of stroomverdeler worden aangebracht. Deze gaat bestaan uit een buis voorzien van kapvormig einde en een groot aantal in de lengterichting van het slootdeel geplaatste ca. 150 mm lange pvc-buisjes. De buisjes hebben een doorlaat van 10 mm. De volgende materialen komen voor gebruik in aanmerking:

Aluminium plaat of buis voor de constructiedelen welke met het water in aanraking komen. Deze delen kunnen daar waar dat nodig is worden voorzien van een oppervlaktelaag.

Hout voor de dragende constructie en de omkasting. Voor de eerste kanvurenhout worden gebruikt en voor de laatste watervast verlijmd mahonie.

Gaas met textielbespanning. Van dit materiaal wordt de wolk gemaakt waarna een verder modellering kan plaatsvinden met behulp van gips.

Polyethylene gras, wordt gebruikt voor het gedeelte van het sloottalud dat boven water uitkomt en de slootberm. Het gras is in tegelvorm in de handel.

De verkozen kleuren zijn:

wit/grijs voor de wolk, signaalrood voor de H-flume en de peilschrijverondersteuning, grijs voor de damwand en de stroomverdelerbuisjes en zandbeige voor het natte profiel.

Met behulp van de fig. 1 wordt een indruk gegeven van de modelinstallatie. De hoofdafmetingen en de namen van de diverse belangrijke

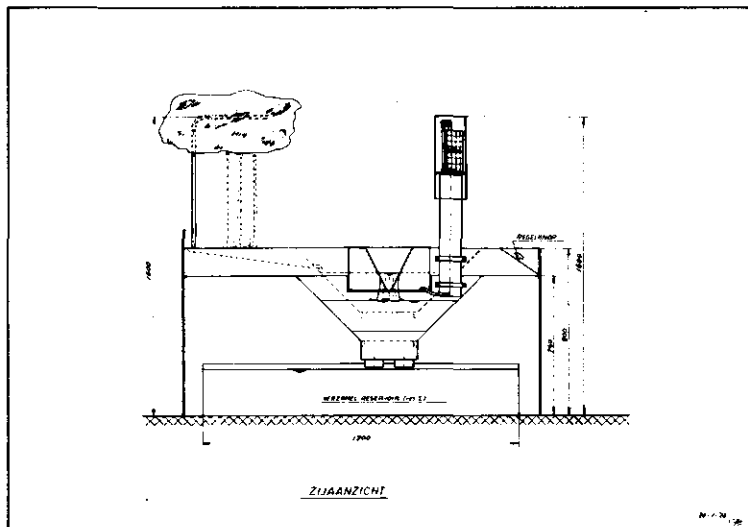
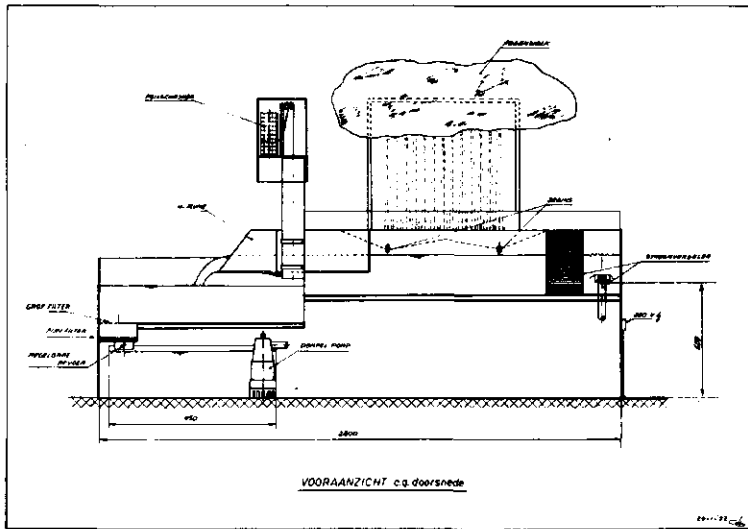
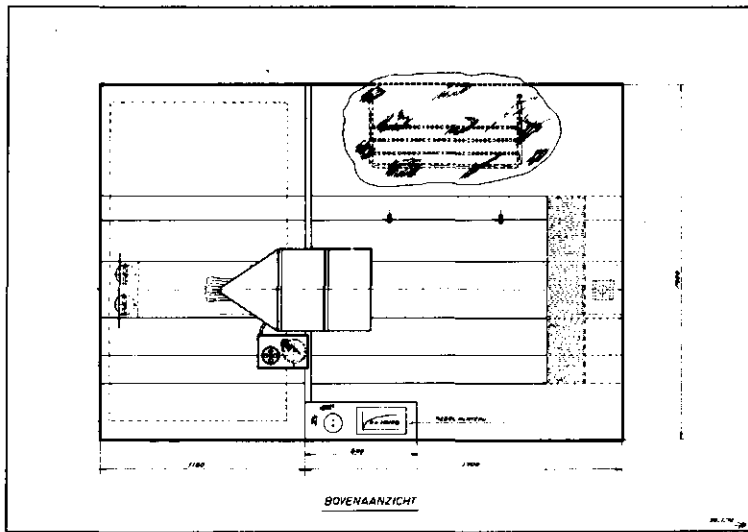


Fig. 1. Modelinstallatie

onderdelen worden hierop aangegeven. In het vooraanzicht, fig. 1b, is niet aangegeven hoe de verbinding tussen pomp en stroomverdeler tot stand wordt gebracht. Deze verbindingsleiding wordt nog nader besproken. De ondersteunende constructie is evenmin getekend.

### 3. POMPEREKENING EN LEIDINGBEPALING

Na het bepalen van de constructievorm, de loop van het water en het type meetinrichting dienen we ons nu af te vragen hoe groot de doorstromende hoeveelheid water dient te zijn. We stellen als eis dat het maximum debiet rond de 200 l per min. moet liggen.

Voor de keuze van de pomp dient nu de manometrische opvoerhoogte  $H_{\text{man}}$  bepaald te worden. Deze  $H_{\text{man}}$  kan worden berekend met de volgende formule:

$$H_{\text{man}} = H_{\text{st}} + H_{\text{wa}} + H_{\text{wl}} \quad (1)$$

waarin:  $H_{\text{st}}$  = de statische opvoerhoogte in mwk

$H_{\text{wa}}$  = de weerstand door appendages in mwk

$H_{\text{wl}}$  = de weerstand van de leiding in mwk

$H_{\text{st}}$  is voor ons geval gelijk aan het hoogteverschil tussen de zuigopening van de pomp en de intree-opening in het hoogste slootdeel. Volgens fig. 1b is nu  $H_{\text{st}} = 0,6$  mwk. Alvorens het water na de pomp in het hoogste slootdeel stroomt wordt weerstand ondervonden van de leiding, 4 bochten van  $90^\circ$ , 1 kogelafsluiter en 1 stroomverdeler intree.

Voor de berekening van de weerstand die deze delen veroorzaken maken we gebruik van weerstandscoefficienten ( $\zeta$ ) die we per onderdeel moeten bepalen, want

$$H_{\text{wa}} = \sum \zeta \times \frac{\bar{v}^2}{2g} \quad (2)$$

waarin:  $\sum \zeta$  = de som van de afzonderlijke weerstandscoefficienten

$\bar{v}$  = de gemiddelde snelheid van de waterstroom in de appendages in m/sec

$g$  = de zwaartekrachtversnelling in  $\text{m/sec}^2$



We vinden nu met behulp van de rekenshijf van BEGEMANN (zie literatuur) de volgende waarden voor genoemde onderdelen:

$$4 \text{ bochten van } 90^\circ \quad \zeta = 0,8$$

$$1 \text{ kogelafsluiter} \quad \zeta = 8$$

$$1 \text{ stroomverdeler} \quad \zeta = 2,5$$

$$\sum \zeta = 11,3$$

De meeste pompen in de 200 l/min. klasse zijn voorzien van een  $1\frac{1}{4}$ " of  $1\frac{1}{2}$ " aansluiting. We rekenen nu eerst de gemiddelde stroomsnelheid uit voor een  $1\frac{1}{2}$ " leiding, die een inwendige diameter heeft van 38 mm. Het debiet  $Q = 200$  l/min.

$$\bar{v} = \frac{Q}{A} = \frac{200}{60 \times 1000 \times \frac{\pi}{4} \times 38^2 \times 10^{-6}} = 2,94 \text{ m/sec}$$

Substitueren we de gevonden waarden in (2) dan vinden we

$$H_{wa} = 11,3 \times \frac{2,94^2}{19,62} = 4,98 \text{ mwk}$$

Volgens de rekenshijf van Begemann is de weerstand per m  $1\frac{1}{2}$ " leiding  $\frac{48}{100}$  mwk. We hebben nodig een 3 m lange leiding en hiervoor is de weerstand  $H_{we} = 1,44$  mwk. De gevraagde manometrische opvoerhoogte is dan volgens (1)  $H_{man} = 0,6 + 4,98 + 1,44 = 7,02$  mwk.

Nemen we een  $1\frac{1}{4}$ " leiding dan bedraagt hiervoor de  $H_{man} = 12,62$  mwk. Deze laatste waarde is bijna 2 x de waarde voor de  $1\frac{1}{2}$ " leiding.

Besloten is om een  $1\frac{1}{2}$ " leiding te nemen, waarvan een exploded view in fig. 2 wordt gegeven. De op deze figuur vermelde dimensieloze getallen zijn type nummers van de kunstfonderdelen.

We moeten nu zoeken naar een pomp die bij een manometrische opvoerhoogte van 7 mwk nog een opbrengst heeft van 200 l/min. en voorzien is van een  $1\frac{1}{2}$ " aansluiting. Andere voorwaarden waaraan de pomp moet voldoen zijn in volgorde van belangrijkheid.

Werkning in ondergedompelde toestand - geruisloos - korte levertijd - prijs - corrosiebestendigheid (bij gebruik in licht chemisch verontreinigd water, zonder zand of dergelijke vaste bestanddelen) en lange gebruiksperiode (ca. 6 maanden) zonder onderhoud.

De EMU KE10, een pomp met een opbrengst van 270 l/min. bij een  $H_{man} = 7$  mwk, een levertijd van één week en een zeer geruisloze werking, die verder ruimschoots voldeed aan de overige eisen, werd uiteinde-

lijk gekozen. Het opbrengstdiagram van deze pomp wordt in fig. 3 gegeven. De pompmotor kan worden voorzien van een nauwkeurig instelbare externe thermische beveiliging en is uitgerust met een vloterschakelaar voor te lage waterstand.

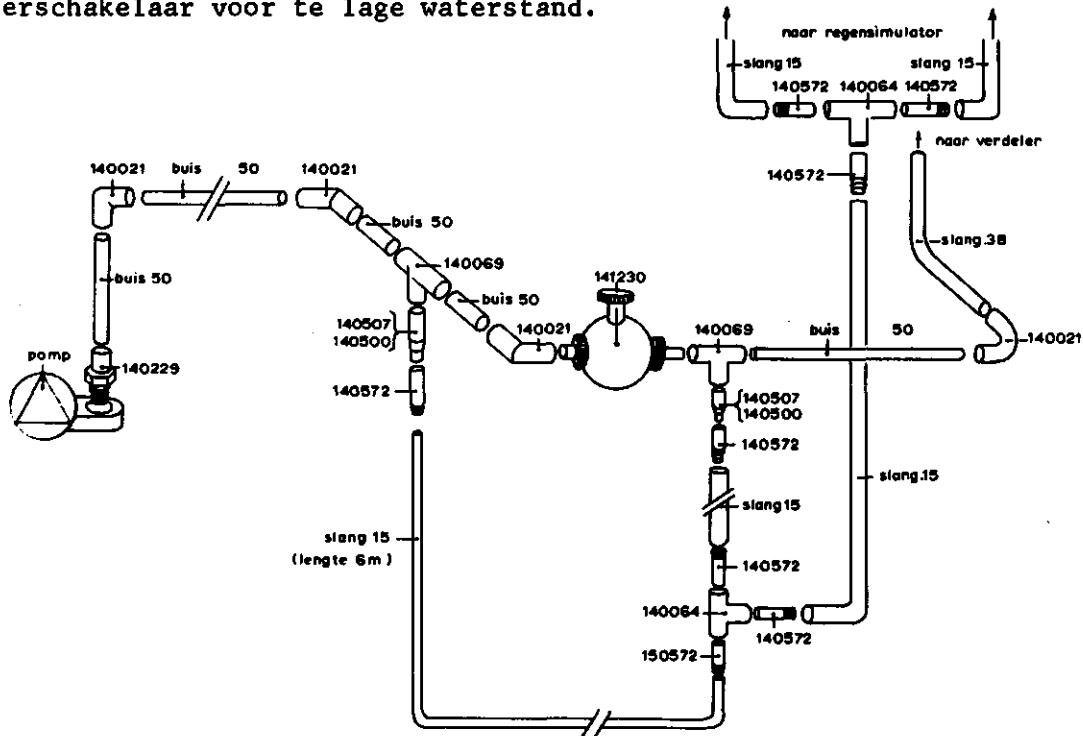


Fig. 2. Verbindingsleiding

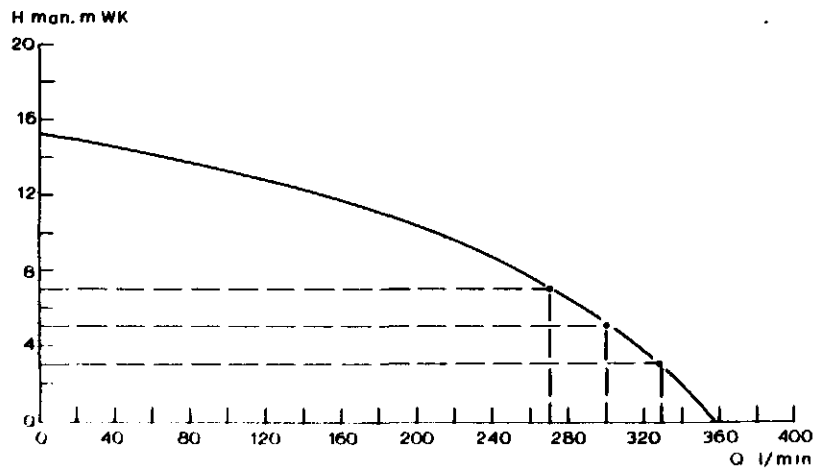


Fig. 3. Pompdigram EMV KE10

#### 4. DE GROOTTE VAN DE H-FLUME

De grootte van de H-flume laat zich bepalen uit de eisen die we stellen aan de waterhoogte die opgebouwd moet worden en aan de verhouding van de afmetingen ten opzichte van het gehele model. We eisen een waterhoogte van ca. 10 cm in het model bij maximum debiet.

Van deze H-flumes blijken 3 uitvoeringen te bestaan, namelijk een normale uitvoering (H), een smalle (HS) en een grote uitvoering (HL) (FIELD MANUAL, 1962). We kiezen de normale uitvoering. Bij deze uitvoering is er voor de kleine debieten keuze uit een 0,5 foot hoge H-flume, één van 0,75 ft en een 1 foot hoge. Een debiet van ca. 270 l/min. veroorzaakt achtereenvolgens in een 0,5-0,75 en 1 foot hoge H-flume een waterhoogte van 0,36-0,343 en 0,33 ft (FIELD MANUAL, 1962), hetgeen omgerekend 10,97-10,45 en 10,06 cm is.

Dus alle 3 groottes komen in aanmerking voor de gestelde eis. De eis van de verhouding doet ons echter de 0,75 ft H-flume kiezen.

Aangezien een afvoermeetinrichting in het algemeen en een H-flume in het bijzonder een strak plaatwerk vereist om aan de gestelde meetnauwkeurigheid te kunnen voldoen zal er gedurende het fabriceren weinig warmte in de constructie gebracht mogen worden. Warmte doet het materiaal sterk vervormen, dit betekent dat we het verbinden door middel van lassen tot een minimum moeten beperken.

In fig. 4 wordt de tekening gegeven volgens welke de H-flume te vervaardigen is.

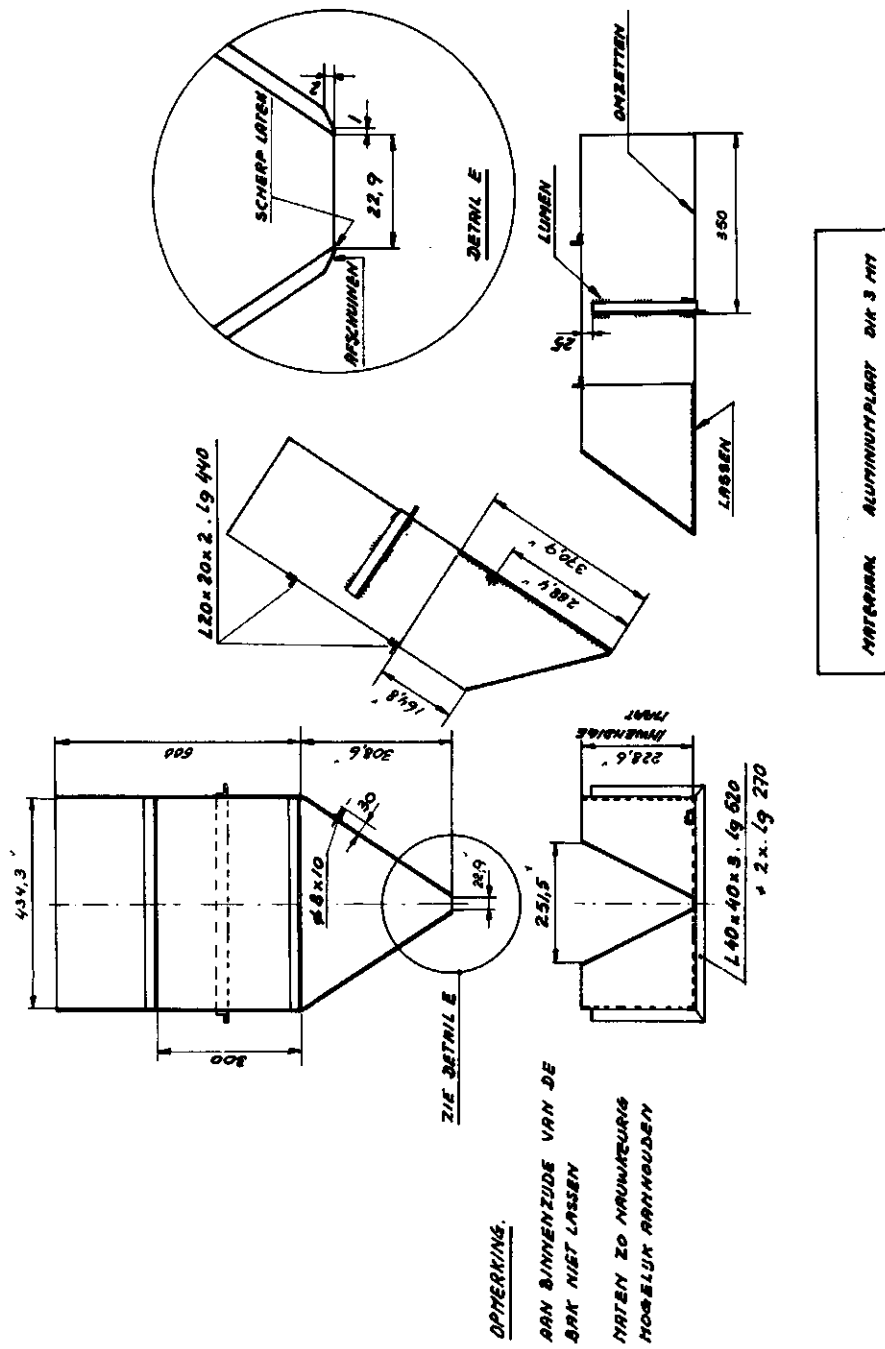


Fig. 4. H-Flume

## 5. DE Q-H KROMME

Naast de regelkraan is op het regelplateau ruimte opengelaten voor de Q-h kromme. Deze kromme geeft de relatie weer tussen het debiet, dus de hoeveelheid water die per tijdseenheid door de afvoerinrichting stroomt, en de waterhoogte. Het is de bedoeling dat deze waterhoogte op de peilschrijver, waarvan de trommel is gefixeerd en het nulniveau nauwkeurig is ingesteld, wordt afgelezen. Het grafiek papier dat zich op de trommel bevindt is hiervoor voorzien van een verdeling die duidelijk kan worden afgelezen.

De Q-h kromme wordt weergegeven in fig. 5 en werd bepaald aan de hand van de waarden genoemd in de FIELD MANUAL (1962).

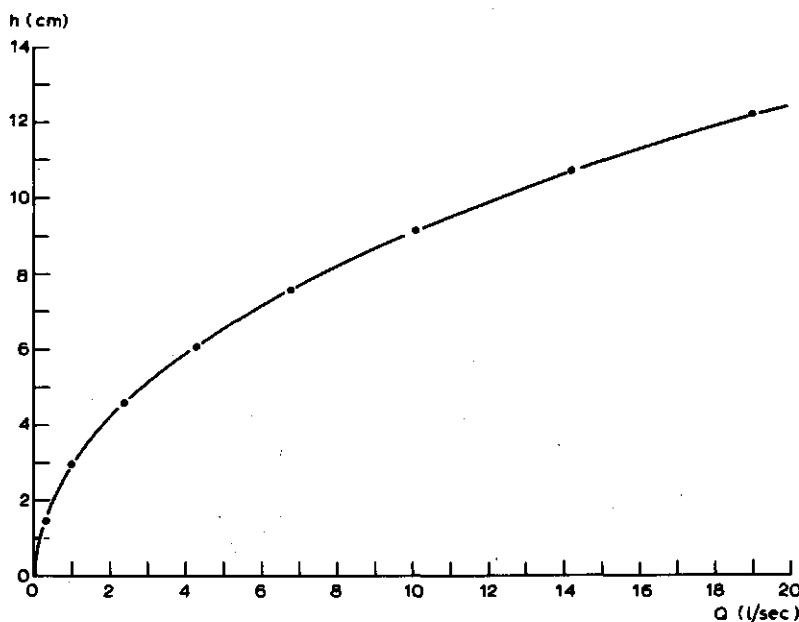


Fig. 5. Q-h kromme

## 6. DE GROOTTE VAN HET VERZAMELRESERVOIR

De afmetingen van de slootsecties en het verzamelreservoir dienen met een zekere veiligheidsmarge tegen overstroming te worden bepaald. Daarom moeten we stellen dat de in par. 3 bepaalde weerstanden en weerstandscoëfficiënten voor leiding en onderdelen, lagere waarden hebben. De pomp heeft volgens het diagram (fig. 3) een opbrengst van 270 l/min. bij  $H_{\text{man}} = 7$  mwk, 300 l/min. bij  $H_{\text{man}} = 5$  mwk en 330 l/min. bij  $H_{\text{man}} = 3$  mwk.

Minder dan 3 mwk zal de manometrische opvoerhoogte niet worden bij gebruik van een  $1\frac{1}{2}$ " leiding. We mogen dus een  $Q_{\text{max}} = 330$  l/min. aannemen. Bij een dergelijke opbrengst is de waterhoogte in een 0,75 ft hoge H-flume ongeveer 116 mm (FIELD MANUAL, 1962). Het hoogst geplaatste slootdeel noemen we bak I, het laagste deel bak II en het verzamelreservoir reservoir I. Van bak I is de lengte 1700 mm en van bak II 1100 mm. Beide bakken hebben een bodembreedte van 300 mm en wanden onder een hoek van  $45^\circ$  met de bodem.

De bodem van de H-flume wordt op een hoogte van 120 mm boven de bodem van bak I geplaatst.

De overstortende hoeveelheid water, bij een waterhoogte van 116 mm in de flume, is

$$\frac{772+540}{2 \times 100} \times 17 \times 1,16 = 129,4 \text{ liter}$$

Zie fig. 6 voor de maximum vulsituatie van bak I.

Bak II wordt voorzien van een regelbare afvoer en een 50 mm hoge drempel.

In bak II handhaven we de

waterhoogte op 220 mm. Uit deze bak stroomt indien de watertoevoer geblokkeerd wordt  $\frac{740 + 400}{2 \times 100} \times 11 \times \frac{220 - 50}{100} = 106,6$  liter water over de drempel. In reservoir I moet dus 240 liter water worden opgeslagen

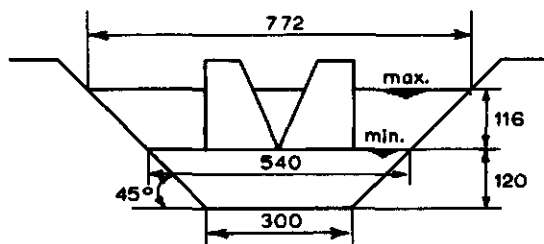


Fig. 6. Maximum vulsituatie van bak I

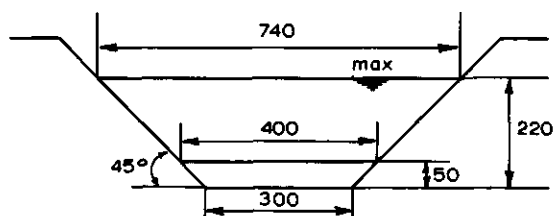


Fig. 7. Vulsituatie van  
bak II

waarbij ca. 4 liter voor het leidingsysteem is gerekend. In de fig. 1a en 1b is te zien hoe res. I wordt geplaatst. De afmetingen in de lengte en breedte kunnen 1700 en 950 mm bedragen. De waterhoogte in reservoir I, die overeenkomt met een inhoud van 240 liter, is

$$\frac{240}{17 \times 9,5} \times 100 = 149 \text{ mm.}$$

Aangezien het water door het continue gebruik van de

installatie een gemiddelde temperatuur krijgt van ca. 40°C en daardoor snel verdampt moet in res. I nog een buffervoorraad geborgen kunnen worden. Een buffer van 100 liter komt overeen met een vulhoogte van 62 mm. De vulstreep in res. I moet nu komen op 149 + 62 mm vermeerderd met de minimale aanzuighoogte (34 mm) van de pomp, dit is een afstand van 245 mm van de bodem. In res. I is dan ca. 395 liter water aanwezig.

Indien we de wanden op een hoogte van 280 mm brengen is er tevens nog rekening gehouden met de golving die optreedt tijdens het vullen.

## 7. BEVEILIGING TEGEN OVERSTROMING

Bak II is uitgerust met een instelbare afvoer en een grof en fijn filter. Dit laatste filterlichaam zal geleidelijk aan gaan verstoppen waardoor de afvoer zal verminderen. Het waterpeil in bak II zal hierdoor hoger worden waardoor kans op overstroming gaat ontstaan. Om dit te voorkomen werd de bak van een overstrombeveiliging voorzien die als volgt wordt ingesteld. De installatie vullen volgens bedrijfsvoorschrift. Vervolgens de installatie in werking stellen en de afvoer in bak II knijpen tot het overstromingscriterium wordt bereikt. Indien we bij het bereiken van dit criterium de lage water-

standschakelaar instellen op het corresponderende waterniveau van res. I, dan hebben we een prachtige zekerheid tegen overstroming verkregen. We dienen er echter wel op te letten dat de installatie niet hoger dan de in het bedrijfsvoorschrift genoemde rode streep wordt gevuld.

## 8. CONCLUSIE

Het omschreven demonstratiemodel heeft na een eerste gebruiksduur van 6 maanden continue, storingvrij gedraaid.

Wel is gebleken dat enkele punten voor verbetering in aanmerking komen.

De zwakke punten waren:

- a. de aanslagnokken van de kunststofafsluiter;
- b. de corrosie beschermende laag van het aluminium;
- c. de snelle verdamping van het circulerende water.

De volgende wijzigingen zijn uitgevoerd ten aanzien van de genoemde punten:

1. Van de kunststofafsluiter zijn de aanslagnokken verwijderd. Bovendien is het regelhandle, waarmee de afsluitkogel bediend werd en waarvan de 90° verdraaiing begrensd werd door genoemde nokken, vervangen door een schijfvormige draaiknop zonder begrenzing.
2. De gehele aluminium constructie heeft een andere oppervlakte behandeling gekregen.

De oude verfresten werden verwijderd, waarna het aluminium werd gebeitst. Hierna werd het materiaal voorzien van een chromaatlaag waarop het gewijzigde verfsysteem werd opgezet. Dit verfsysteem bestaat nu uit 2 componenten grond- en dekverven speciaal voor aluminium.

3. In de omkasting zijn ventilatiesleuven aangebracht zodat door betere warmte-uitwisseling de accumulatie werking van de ingesloten ruimte werd verminderd.



Fig. 1. Modelinstallatie

Fig. 2. Verbindingsleiding

Fig. 3. Pompdiagram EMU KE 10

Fig. 4. H-FLUME

Fig. 5. Q-h kromme

Fig. 6. Maximum vulsituatie van bak I

Fig. 7. Vulsituatie van bak II

LITERATUUR

BEGEMANN, E.H. Rekenschijf voor de berekening van leidingweerstand.

N.V. Koninklijke Nederlandse Machinefabriek, Helmond.

FIELD MANUAL FOR RESEARCH IN AGRICULTURAL HYDROLOGIE, 1962. U.S.

Department of Agriculture, Washington, Agriculture Handbook

224.