

NN31545.1188

NOTA 1188

april 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BEPALING VAN HET ONTTREKKINGSDEBIET VAN
BEREGENINGS- EN BEVLOEIINGSINSTALLATIES

ing. H. Humbert
ir. P.J.M. van Boheemen

**BIBLIOTHEEK
LARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, 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 onderzoek nog niet is afgesloten.

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

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0072 8929

15N 151 247-01

I N H O U D

	blz.
ALGEMEEN	
1. INLEIDING	1
2. ALGEMENE EISEN VOOR MEETPRINCIPES EN BIJBEHORENDE APPARATUUR	2
3. HOOFDONDERDELEN VAN EEN BEREKENINGS- c.q. BEVLOEIINGS- INSTALLATIE	4
3.1. De aanzuigleiding met zuigkorf	5
3.2. De pomp met tandwielkast	5
3.3. De motor	6
3.4. De persleiding	6
3.5. Het sproeilichaam met één of twee sproeier(s)	7
4. OVERZICHT VAN DE BESCHIKBARE MEETTECHNIEKEN VOOR HET VAST- STELLEN VAN HET ONTTREKKINGSDEBIET	8
4.1. Meting in de buisleiding	10
4.1.1. Watermeters	10
4.1.2. Venturimeter	14
4.1.3. De coördinatenmethode	22
4.1.4. De deflectiemethode	26
4.2. Meting in de pomp	27
4.2.1. Pompkarakteristiek	27
4.3. Meting in de sproeier	29
4.3.1. Meting sproeierdruk	29
4.3.2. Schatting sproeierdruk	37
4.3.3. Meting met opvangbak	40
4.3.4. Toepassing kogelbaanprincipe	41
5. SAMENVATTING	43
LITERATUUR	45

ALGEMEEN

Binnen de land- en tuinbouw wordt in toenemende mate kunstmatige beregening en bevoeiing toegepast. Veel waterschappen zien zich hierdoor voor steeds grotere problemen van technische, bestuurlijke, juridische en financieel-economische aard geplaatst. Dat kwam onder meer duidelijk tot uiting bij een enquête die na de droge zomer van 1976 onder auspiciën van de Unie van Waterschappen werd gehouden.

Naar aanleiding van de resultaten van deze enquête en de aan de hand daarvan opgestelde aanbevelingen werd in 1978 door de Unie van Waterschappen de Werkgroep 'Beregening en Bevoeiing' ingesteld. De taak van deze werkgroep bestond voornamelijk uit het formuleren van in verordeningen op te nemen bepalingen inzake het gebruik van oppervlaktewater voor beregening en bevoeiing. Ook moest de werkgroep voorstellen indienen over de wijze waarop de extra kosten die de waterschappen ten behoeve van deze beregening en bevoeiing moeten maken, kunnen worden verhaald.

Tijdens haar werkzaamheden werd de werkgroep onder andere geconfronteerd met de behoefte aan een overzicht van meetmethoden die geschikt zijn voor het vaststellen van de debieten welke door beregnings- en bevoeiingsinstallaties aan waterlopen worden onttrokken. Dit heeft geleid tot het opstellen van deze nota die ook als bijlage bij het eindrapport van de werkgroep is gevoegd.

1. INLEIDING

De werkgroep geeft in haar rapport een aantal aanbevelingen voor de oplossing van de administratieve, technische en juridische problemen welke optreden bij het verlenen van toestemming voor het onttrekken van beregenings- en bevoeiingswater aan het waterlopenstelsel van de waterschappen. Daarbij moeten de toe te stane onttrekkingshoeveelheden voor de afzonderlijke afnemers binnen de waterschappen veelal afgestemd worden op die hoeveelheden welke door het waterschap beschikbaar gesteld kunnen worden.

In verband met het voorgaande zal het duidelijk zijn dat de waterschappen toezicht moeten kunnen houden op de verdeelde onttrekkingsquota en dienovereenkomstig naast een sturende ook een controlerende taak hebben. Voor het goed kunnen uitoefenen van deze taken moeten zij de beschikking krijgen over één of meerdere meetmethoden, waarmee zij op eenvoudige wijze het werkelijke onttrekkingsdebiet van elke in gebruik zijnde beregenings- en bevoeiingsinstallatie kunnen bepalen.

In deze nota zullen in de volgende hoofdstukken voor de afzonderlijke onderdelen waaruit een installatie is opgebouwd één of meerdere meetprincipes worden aangegeven, welke in voorkomende gevallen meer of minder geschikt zijn om de gevraagde debietwaarden te bepalen. Bij het samenstellen van dit overzicht van mogelijk toepasbare principes is veelvuldig dankbaar gebruik gemaakt van de praktische adviezen

N.B. In deze nota worden de waterdrukken in verschillende eenheden aangegeven. Dit houdt verband met het feit dat in de praktijk nog vaak gebruik wordt gemaakt van de eenheden ato (technische atmosfeer), mwk (meter waterkolom) en bar. Door de invoering van het SI-eenhedenstelsel wordt overgeschakeld op de eenheid Pa (Pascal). Ter oriëntatie wordt hier vermeld dat per definitie geldt:
 $1 \text{ ato} = 10 \text{ mwk} = 0,980665 \text{ bar} = 98066,5 \text{ Pa}$

welke ons zijn verstrekt door medewerkers van het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG) te Wageningen, het Consultantschap in Algemene Dienst voor de Bedrijfsuitrusting en Arbeid in de Tuinbouw te Wageningen, de afdeling van het Waterloopkundig Laboratorium (WL) te Wageningen, het waterschap Salland te Olst, PERROT EDE bv te Ede en van ROSSUM bv te Papendrecht.

2. ALGEMENE EISEN VOOR MEETPRINCIPES EN BIJBEHORENDE APPARATUUR

Zowel in de land- en tuinbouw als in de recreatieve sector worden de meest uiteenlopende typen beregenings- en bevoeiingsinstallaties gebruikt voor de vochtvoorziening, de nachtvorstbestrijding, de inspoeling van onder andere organische meststoffen en het doorspoelen van tuinbouwgronden. Naast ondergrondse buistransportleidingen worden meestal gemakkelijk te verplaatsen koppelbare buissystemen voor het aankoppelen van één of meerdere kleinere of grotere sproeiers toegepast. Daarnaast kent men nog andere uitvoeringen waarvan onder andere het systeem met oprolbare slangen en vast aangekoppelde automatische sproeiers (systeem BAARS) en de grote haspelinstallaties niet ongenoemd mogen blijven.

Voor al deze varianten kunnen één of meerdere toepasbare meetprincipes met de daarbij behorende geschikte apparatuur geadviseerd worden. Voor een doelmatig advies lijkt het gewenst op voorhand een aantal algemene eisen te stellen waaraan moet worden voldaan om op verantwoorde wijze de controlemetingen te kunnen uitvoeren.

De eisen waaraan de meetprincipes en de bijbehorende apparatuur in algemene zin moeten voldoen, worden hieronder in een 7 tal punten samengevat, namelijk:

1. de capaciteit. De capaciteit van een kleine beregeningsinstallatie met één kleine sproeier ($\emptyset$ 4 mm) is, bij een druk van 3,5 bar in de sproeier voor het verkrijgen van een juiste druppelgrootte en goed sproei-effect, ruim $1 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$. Een grote haspelinstallatie met een sproeieropening van 32 mm verregent bij een gewenste druk in de sproeier van 5,5 bar $\pm 90 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$. De pompen van deze installatie kunnen evenals die van bevoeiingspompen nog grotere hoeveelheden per uur

verpompen. De capaciteit van het controlesysteem moet dus gebaseerd zijn op debietwaarden welke kunnen variëren van $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ ($0,14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) tot $150 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ ($41,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) voor de beregeningsinstallaties. Voor bevoelingsinstallaties kunnen de pompcapaciteiten voor onder andere de LELY-vuilwateraftakaspompen wel oplopen tot 500 m^3 per uur.

2. de nauwkeurigheid. Hoewel men graag zo nauwkeurig mogelijk zal willen meten kan voor dit type metingen als basis gedacht worden aan een nauwkeurigheid van $\pm 10\%$ voor de kleinere (grotere aantallen) en $\pm 5\%$ bij de grote installaties. Op die manier kan een redelijk inzicht in het werkelijke m^3 verbruik verkregen worden. Of deze nauwkeurigheden altijd onder alle omstandigheden bereikt kunnen worden is evenwel niet geheel zeker.

3. de drukverliezen. Indien voor het verrichten van controlemetingen ergens in de installatie extra meetapparatuur moet worden tussengekoppeld, dan mogen deze hulpmiddelen slechts geringe extra drukverliezen inbrengen. Wordt namelijk een relatief grote weerstand ingevoerd dan zal wegens de daardoor optredende verliezen het werkelijke onttrekkingsdebiet tijdens de controlemeting aanmerkelijk gereduceerd kunnen worden. Daarnaast bestaat de kans dat bij meting in de aanzuigleiding door deze extra weerstand cavitatie in de pomp gaat optreden of dat bij meting in de persleiding de gewenste druk in de sproeier voor het verkrijgen van de juiste druppelgrootte niet meer bereikt wordt.

4. de hulpmiddelen. Eventueel in te schakelen meetapparatuur moet, gezien de in de praktijk voorkomende werkomstandigheden, gemakkelijk zijn te bedienen en te transporteren. Daarbij moet ze niet al te kwetsbaar zijn en snel en gemakkelijk aangekoppeld kunnen worden aan de verschillende installaties en sterk variërende buis c.q. slangdiameters. Daarnaast moet men zich afvragen of binnen één waterschap niet een ieder is gebaat bij het toepassen van slechts één eenvoudige uniforme methode om het werkelijke onttrekkingsdebiet voor iedereen gemakkelijk en begrijpelijk te kunnen aflezen of berekenen.

5. de bedrijfszekerheid. Een ieder die met de controlemetingen geconfronteerd wordt, zal de mogelijkheid geboden moeten worden om van een bedrijfzeker systeem met hulpmiddelen gebruik te maken. Dit voorkomt veel tijdverlies, irritatie en onnauwkeurigheden.

6. de prijs. De investering in eventueel benodigde hulpmiddelen moet

in principe zo laag mogelijk worden gehouden. Daarbij moet uiteraard onderscheid gemaakt worden of elke individuele onttrekker zorg moet dragen voor de aanschaf van de daartoe voorgeschreven uniforme hulpmiddelen voor de meting dan wel dat van waterschapszijde wordt overgegaan tot de aankoop van één of meerdere complete meetsystemen met bijbehorende apparatuur. In het laatste geval kunnen de investeringskosten voor het systeem veel hoger zijn dan wanneer elke individuele onttrekker zijn eigen extra apparatuur zal moeten bekostigen. Uit informatie is evenwel gebleken dat de kosten voor aan te schaffen eenvoudige basis meetapparatuur een bedrag van f 75,- à f 100,- per stuk niet hoeven te overschrijden.

7. de keuze van het meetprincipe. Hoewel van ondergeschikt belang moet toch vooraf worden bedacht of het gewenst is dat de capaciteit van het onttrekkingsdebiet van de installaties via momentopnamen zal worden gemeten danwel dat men de totaal onttrokken hoeveelheid van elke installatie per groeiseizoen wil leren kennen.

Wanneer de genoemde punten goed doordacht verwerkt worden, moet daarmee naast een besparing op de investeringskosten, bereikt worden dat met gemakkelijk te transporteren hulpmiddelen snel vele momentopnamen als controlemeting uitgevoerd kunnen worden. Door de eenvoud van de opname en door systematisch te werken zal de kans op meetfouten of tekortkomingen in de waarnemingen zoveel mogelijk kunnen worden voorkomen.

3. HOOFDONDERDELEN VAN EEN BEREKENINGS- c.q. BEVLOEIINGSINSTALLATIE

Voor een zinvolle beoordeling van de eventueel toepasbare meetmethoden ter bepaling van de onttrekkingsdebieten van berekenings- en bevoeiingsinstallaties is het gewenst eerst de hoofdonderdelen te onderscheiden waaruit dergelijke installaties zijn opgebouwd. Pas daarna kan beoordeeld worden welke methodieken voor de verschillende onderdelen toegepast kunnen worden.

Elke willekeurige zowel verplaatsbare als vaste installatie kan gedacht worden te zijn opgebouwd uit de volgende hoofdonderdelen:

3.1. De aanzuigleiding met zuigkorf

De aanzuigleiding met zuigkorf is bij zelfaanzuigende pompen vaak voorzien van een voetklep. De diameter van de zuigleiding is afhankelijk van de capaciteit van de installatie. Zij varieert van $\pm 2''$ tot $10''$ à $12''$. Deze diameter kan een globale aanwijzing geven omtrent de capaciteit van de installatie maar ook niet meer dan dat. LIEFTINK (1978) stelt namelijk dat de snelheid van de vloeistofstroom in de zuigleiding normaliter tot maximaal 2 m.s^{-1} mag oplopen, omdat anders de weerstandsverliezen te groot worden. Bekend is echter dat soms uit zuinigheidsoverwegingen te kleine zuigslangen worden aangeschaft.

Voor het overwinnen van alle weerstandsverliezen en drukhoogteverschillen in de zuigleiding is maximaal $1 \text{ bar} \approx 1 \text{ ato} = 10 \text{ mwk}$ (meters waterkolom) beschikbaar. Veel extra weerstandsverliezen, ingekoppeld voor een debietmeting, kunnen niet meer getolereerd worden. De vereiste netto absolute toestroomdruk (NPSH) voor de waaier van de pomp kan dan namelijk bij de bestaande opvoerhoogte (statische druk) en de reeds aanwezige weerstandsverliezen in de zuigleiding niet gehaald worden, waardoor ten gevolge van dampvorming in de pomp cavitatie gaat optreden.

3.2. De pomp met tandwielkast

Meestal is de pomp in combinatie met de tandwielkast voor de overbrenging van de aandrijving vanaf de motor als één unit opgebouwd. Ook worden veel pompen zonder tandwielkast aangetroffen waarbij de pomp rechtstreeks door de motor wordt aangedreven. Met behulp van de pomp wordt het beregeningswater uit de sloot opgepompt, getransformeerd tot de gewenste persdruk en dan de persleiding ingestuwd.

Elke pomp is voorzien van een zogenaamd pompplaatje. Aan de hand van dit plaatje kunnen enkele basisgegevens van de pomp (onder andere capaciteit, toerental, vermogen, etc.) en indien aanwezig van de tandwielkast (bijvoorbeeld overbrengingsverhouding) worden afgelezen.

Volgens LIEFTINK (1978) is de pompcapaciteit afhankelijk van de waaierdiameter en het toerental. Het debiet Q neemt lineair toe met het toerental, de druk neemt kwadratisch toe. Bij hogere toerentallen van de waaier gaat onder andere ten gevolge van door turbulentie ver-

oorzaakte wrijvingsverliezen een groot deel van het effect verloren.

Mondelinge informatie leerde dat naast de genoemde factoren vooral de breedte van de waaier ten opzichte van de breedte van het pomphuis van zeer grote invloed op het debiet Q van de pomp is.

Voor elk pomphuis zijn vaak 5 verschillende waaierbreedten zonder problemen volledig onderling uitwisselbaar zonder dat dit op het gemonteerde pomplaatje wordt aangegeven. Op dezelfde wijze kunnen zonder extra vermelding 3 verschillende tandwieloverbrengingen in de tandwielkasten worden uitgewisseld om voor de gebruiker de pomp beter aan een gewenste capaciteit of persdruk aan te passen.

3.3. D e m o t o r

Deze wordt als energiebron gebruikt. De motor moet het vermogen leveren om de te verregenen watermassa te verpompen. Het motorvermogen zal voor een economisch werkend geheel enige overcapaciteit moeten bezitten (LIEFTINK, 1978).

Veelal wordt de trekkermotor benut om de pomp via de aftakas van de trekker en de tandwielkast van de pomp aan te drijven. Overigens kunnen ook andere explosiemotoren of electromotoren met voldoende vermogen en aangepast toerental worden gebruikt. Meestal zullen deze motoren echter als vaste combinatie rechtstreeks (zonder tandwielkast) de aandrijving van de pomp verzorgen.

3.4. D e p e r s l e i d i n g

De persleiding is een noodzakelijk onderdeel van de installatie om het beregeningswater onder druk naar de sproeier(s) te kunnen transporteren.

De persleiding kan worden aangelegd als een vaste ondergrondse leiding waarbij de aftappunten van zogenaamde hydranten zijn voorzien om de sproeier(s) aan te sluiten. Ook kan deze leiding als verplaatsbaar op het maaiveld worden uitgelegd of - gerold. In dit geval worden bij de kleinere installaties voor langzame beregening meestal losse lichtmetalen buizen met snelkoppeling of oprolbare slangen gebruikt. Voor de grote haspelinstallaties wordt polyethyleen slang in lengten van 250 à 300 m toegepast.

De diameter van de persleiding hangt enigszins samen met de te

transporteren hoeveelheden. Zij varieert van 2" tot 4" maar is zowel technisch als economisch veel minder sterk gebonden aan de capaciteit als voor de zuigleiding werd aangegeven. Wel moet men er rekening mee houden dat de drukverliezen in de persleiding veel groter zijn (3 - 5 bar). Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de extra wrijvingsverliezen ten gevolge van zeer turbulente stromingen in lange, relatief nauwe buizen of slangen.

3.5. H e t s p r o e i l i c h a a m m e t é é n o f t w e e s p r o e i e r (s)

Per installatie worden, afhankelijk van het systeem, één of meerdere sproeilichamen gebruikt om de sproeier(s) aan de persleiding te koppelen. Elk sproeilichaam is voorzien van één sproeier. Soms moeten er twee sproeiers per lichaam worden gemonteerd. De as van het sproeilichaam die meestal een sectorvormige draaiende beweging om een verticaal kan maken bezit veelal een hoek van 22° à 23° met de horizontaal. Praktijkervaring heeft namelijk geleerd dat met deze hoek bij de tijdens de berekening meest heersende windkracht de grootste worprijdte wordt bereikt.

De sproeiers kunnen naar vorm worden ingedeeld in twee groepen: namelijk de meest voorkomende conische sproeiers of doppen en de soms voor grotere diameters toegepaste sputplaatjes. De diameter van de sproeieropening wordt normaliter op de sproeier of het plaatje vermeld.

Voor het verkrijgen van een juiste druppelgrootte ten behoeve van een sproeiresultaat waarbij zo weinig mogelijk structuurbederf en gewasbeschadiging optreedt, is het noodzakelijk dat de persdruk in de sproeier nauwkeurig aangepast wordt aan de sproeierdiameter. De pompcapaciteit en het motorvermogen moeten hier dus op afgesteld worden. Met de grote sproeiers van een haspelinstallatie ($\varnothing \pm 20$ tot 32 mm) wordt een redelijk resultaat verkregen bij een werkdruk van 5 à 6 bar in de sproeier. Veel betere resultaten leveren de langzame beregeningsinstallaties die goede druppelgrootten geven bij circa $3\frac{1}{2}$ à $4\frac{1}{2}$ bar druk voor sproeiers oplopend van 5 tot 18 mm.

Zowel de persleiding als het sproeilichaam met de sproeier(s)

ontbreken bij de bevoeiingsinstallaties.

Aan elke van de genoemde hoofdonderdelen, behalve de motor, kan in principe het onttrekkingsdebiet worden gemeten met behulp van één of meerdere meetmethoden. Opgemerkt zij wel dat niet alle toepasbare disciplines even geschikt zijn voor een correcte bepaling van het onttrekkingsdebiet.

4. OVERZICHT VAN DE BESCHIKBARE MEETTECHNIEKEN VOOR HET VASTSTELLEN VAN HET ONTTREKKINGSDEBIET

Verwijzend naar hoofdstuk 3 kan gesteld worden dat voor de beregenings- c.q. bevoeiingsinstallaties het onttrekkingsdebiet gemeten kan worden:

- a. in de buisleiding
- b. in de pomp
- c. in de sproeier(s), (niet bij bevoeiingsinstallaties)

Omdat bij verschillende meettechnieken tijdens het meten in buisleidingen ten gevolge van de extra ingevoerde weerstand grotere drukverliezen in de leiding geaccepteerd moeten worden, zal de persleiding in het algemeen voor de debietbepaling geschikter zijn dan de zuigleiding (cavitatiegevaar).

Voor het bepalen van de grootte van volumestromen zijn in de loop der jaren een groot aantal meettechnieken ontwikkeld. Niet alle technieken zijn voor praktisch veldgebruik geschikt. Redenen waarom bepaalde methodieken voor het vaststellen van de gevraagde onttrekkingen dan ook minder goed bruikbaar geacht kunnen worden, zijn zowel van technische als praktische aard. Genoemd kunnen worden:

- 1. te grote drukverliezen ten gevolge van grote weerstanden
- 2. te veel en/of te omvangrijke hulpstukken vereist
- 3. technisch moeilijk onder veldomstandigheden hanteerbaar
- 4. praktisch te ingewikkeld voor veldgebruik
- 5. de prijs
- 6. te vooruitstrevend en/of nog niet voldoende ontwikkeld

7. te gevoelig voor vervuiling of invloeden van buitenaf.

BOITEN (1979) geeft een vrij royaal overzicht van bestaande meet-technieken. Vele daarvan zouden, eventueel aangepast, ook ingezet kunnen worden voor het meten van de onttrekkingsdebieten. Toch zullen, vanwege de hierboven opgesomde punten, de meeste van die technieken minder goed tot slecht toepasbaar zijn. Dit geldt onder andere voor:

1. een groot aantal watermeters
2. meetschijven, meettuiten, stuwschijven, enz.
3. rotameters
4. akoestische en ultrasonore systemen
5. electromagnetische systemen (220 Volt)
6. laserstralen
7. kernresonantie
8. hittedraadmethoden
9. zoutverdunnings - tracer methoden.

Ten aanzien van de bevoeiingsinstallaties kan deze lijst worden aangevuld met:

10. kantelbaksystemen
11. meetschot en overlaatsystemen
12. einddieptemethode.

Toch blijft, ook na informatie bij het bedrijfsleven en onderzoeksinstituten (IMAG; WL), nog een redelijke keuze over om een passende methodiek te selecteren. In tabel 1 worden de overblijvende keuzemogelijkheden schematisch weergegeven.

In de volgende paragrafen zullen de in tabel 1 geselecteerde methoden nader worden beschreven waarbij in voorkomende gevallen met enkele opmerkingen de eventuele voor- en/of nadelen zullen worden aangegeven.

Tabel 1. Keuzemogelijkheden meetmethodieken

Berekening		Bevloeiing	
<u>in de buisleiding</u>			
4-1-1	enkele typen watermeters	4-1-1	enkele typen watermeters
4-1-2	venturimeters	4-1-2	venturimeters
		4-1-3	coördinaten methode
		4-1-4	deflectie methode
<u>← in de pomp →</u>			
4-2-1	pompkarakteristiek of zgn. Q-H relatie (onder voorwaarden)		
<u>in de sproeier(s)</u>			
4-3-1	meting sproeierdruk		-
4-3-2	schatting sproeierdruk		-
4-3-3	meting met opvangbak		-
4-3-4	toepassing kogelbaan principe		-

4.1. Meting in de buisleiding

4.1.1. Watermeters

Een eenvoudige methode voor het bepalen van het onttrekkingsdebiet van beregenings- en bevoeiingsinstallaties kan worden gevonden in het gebruik van watermeters. Indien deze meters worden voorzien van snelkoppelingshulpstukken kunnen ze gemakkelijk in de persleidingen worden gekoppeld om de onttrekkingscapaciteit aan de hand van een volumemeting en een bijbehorende tijdwaarneming te realiseren. Ook kunnen ze permanent in de persleiding worden opgenomen om het totale onttrekkingsvolume over langere perioden te bepalen.

Watermeters zijn volumemeters waarbij de passerende waterhoeveelheden een rond een as draaiende schoep of propeller in beweging brengen. Middels een overbrengingssysteem wordt het aantal omwentelingen vertaald in volume-eenheden en met één of meer wijzers afleesbaar op een wijzerplaat. In het algemeen kunnen de af te lezen eenheden op deze plaat bij de aankoop worden aangepast aan de wensen van de ge-

bruiker. Wanneer deze apparaten overeenkomstig de gebruikersvoorschriften worden gemonteerd en gebruikt, kan een grote mate van nauwkeurigheid (binnen 5%) worden bereikt. Daartoe is het voor alle typen watermeters wel noodzakelijk dat wordt voldaan aan de hieronder opgesomde voorwaarden, namelijk dat:

1. de meter alleen wordt gebruikt in geheel gevulde leidingen
2. aandacht wordt geschonken aan het meetbereik van de meter in afhankelijkheid van de te meten hoeveelheden. Het meetbereik $Q_{\max} : Q_{\min}$ varieert volgens BOITEN (1979) voor de verschillende meters nogal sterk en kan uiteenlopen van 10 tot 150
3. de minimum gemiddelde aanloopsnelheid van $\pm 0,02$ à $0,05 \text{ m.s}^{-1}$ wordt overschreden. Zonder meer wordt hierbij aangenomen dat de zeer turbulente stroming in de persleiding van de beregenings- of bevoelingsinstallatie altijd zorgt voor een correcte snelheidsverdeling in de buisdoorsnede
4. de propeller of schoep volgens voorschrift in de buis gemonteerd of gekoppeld wordt en daarbij aandacht wordt geschonken aan de aanstroomcondities. Indien een kruisstuk met richtingsvanen voor de meter wordt geplaatst, kan namelijk de noodzakelijke rechte aanstroamlengte van normaliter minimaal 30 x de buisdiameter teruggebracht worden tot minimaal 7 x de buisdiameter
5. de meters regelmatig en goed worden onderhouden, schoongemaakt en gecontroleerd. Daarbij mogen ze niet gevoelig zijn voor verontreinigd water. Vanwege deze laatste eis moet bijvoorbeeld het gebruik van zogenaamde Woltmann tellers, welke type voor absoluut schoon water zeer geschikt is, ernstig worden ontraden
6. de verliescoëfficiënt ξ moet bij voorkeur zo klein mogelijk zijn. Het drukverval in de meter kan berekend worden volgens $\Delta H = \xi \frac{v^2}{2g}$ (waarin ΔH = het drukverval in mwk, v = gemiddelde stroomsnelheid in m.s^{-1} en g = zwaartekrachtversnelling in m.s^{-2}). Naarmate ξ kleiner is, zal het drukverval ΔH kleiner zijn en het resultaat van de controlemetingen in momentopnamen ook beter overeenstemmen met het werkelijke debiet zonder ingekoppelde watermeter.

Het zal nu duidelijk zijn dat voor de bepaling van de gevraagde onttrekkingsdebieten nog slechts enkele typen propeller- en/of schoepen watermeters kunnen worden ingeschakeld. De volgende twee propellermeters komen voor toepassing in aanmerking:

- a) de Sparling irrigation meter waarvan de kleinste uitvoering een diameter van 4" bezit. Met koppel- en verloopstukken kunnen eventueel aansluitingen voor dunnere persleidingen worden gemaakt. De 4" meter is uitgerust met richtingsvanen en meet volgens de fabrikant binnen 5% nauwkeurig. Het meetbereik loopt van ± 12 tot $\pm 110 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$. Voor de verliescoëfficiënt wordt een waarde $\xi = 1,2$ opgegeven
- b) de Mc Cro-meter, een watermeter van hetzelfde type als de Sparling meter. De Mc Cro-meter is onder andere verkrijgbaar in 2"; 2½"; 3"; 4" en 6" uitvoeringen en, indien compleet aangeschaft met toebehoren, uitgerust met richtingsvanen. Het te verwachten drukverval ΔH over de meter en de meetnauwkeurigheid kunnen voor de verschillende diameters worden afgelezen in Fig. 1.

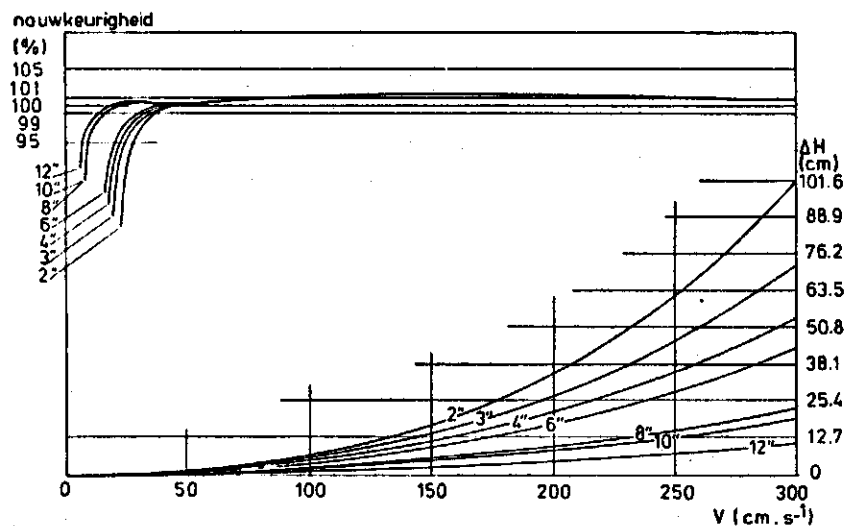


Fig. 1. Verband tussen de stroomsnelheid v , het drukverval ΔH en de meetnauwkeurigheid van Mc Cro-meters met verschillende diameters (volgens fabrieksgegevens)

Teruggerekend kan worden dat de verliescoëfficiënt ξ voor een 2" meter bij $\pm 18 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$ ongeveer 3,3 zal zijn. Voor een 4" meter bij $\pm 135 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$ is de ξ waarde al gereduceerd tot 0,52. Het meetbereik van de 2" meter loopt volgens de fabrikant van $\pm 7 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$ tot $\pm 18 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$, de 4" meter levert een bereik van 12 tot $135 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$.

Behalve deze axiaal aangestroomde propellermeters is speciaal voor kleinere hoeveelheden de tangentiaal aangedreven meerstralenschoepenradmeter TSL-1 met eenzijdige in- en uitstroomopening geschikt te gebruiken.

- c) de meerstralenschoepenradmeter TSL-1, een compacte meter voor $1\frac{1}{2}$ " aansluitingen, welke met snelkoppelingsverloopstukken vlot in kleine persleidingen is te plaatsen. De meetnauwkeurigheid ligt binnen 5% bij een bereik van 0,14 tot $20 \text{ m}^3 \text{ uur}^{-1}$. Deze meter wordt veel door waterleidingbedrijven als huiswatermeter gemonteerd. Zij is niet gevoelig voor verontreinigd water. Het over de meter optredende drukverval ΔH kan in Fig. 2 worden afgelezen.

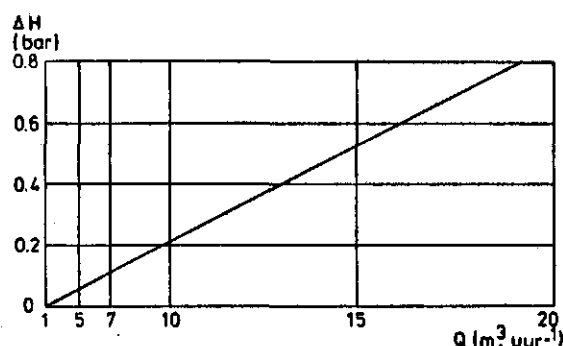


Fig. 2. Verband tussen het debiet Q en het drukverval ΔH voor de meerstralenschoepenradmeter TSL-1 (volgens fabrieksgegevens)

Het in vergelijking met de propellermeters relatief hoog drukverval is vooral een gevolg van de nauwe doorstroomopening. Dit meetertype is dan ook minder geschikt voor bevoeiingsinstallaties. Voor kleine debietwaarden is het optredende drukverval echter

dusdanig klein dat deze meter, vooral ook gezien de redelijke aanschafprijs, een goed alternatief biedt.

Afhankelijk van de optredende omstandigheden kan met bepaalde typen watermeters op eenvoudige, nauwkeurige en verantwoorde wijze het onttrekkingsdebiet worden gemeten. Vooral voor het vaststellen van totaal onttrokken waterhoeveelheden zijn watermeters aan te bevelen. Voor het bepalen van de onttrekkingsintensiteit via momentopnamen zijn goedkopere meetmethoden denkbaar dan die welke worden uitgevoerd met watermeters.

4.1.2. Venturimeter

In de industrie wordt bij de debietmeting in volstromende buizen veelvuldig gebruik gemaakt van venturimeters. Dit meetsysteem kan ook in de persleiding van een beregeningsinstallatie worden toegepast. Bij bevoeiingsinstallaties kan deze methode soms toegepast worden als deze installaties zijn of worden voorzien van minstens enkele meters volstromende transportleiding waar de venturimeter met snelkoppelingen tussengeschakeld kan worden.

Het principe van deze meetmethode berust op het plaatselijk aanbrengen van een geleidelijke vernauwing in een transportbuis, welke benedenstrooms van de vernauwing weer geleidelijk overgaat naar de originele buisdiameter. Hiermee wordt het mogelijk het debiet te berekenen uit het drukhoogteverschil tussen een doorsnede bovenstrooms van de vernauwing en een doorsnede in de vernauwing of keel (fig. 3).

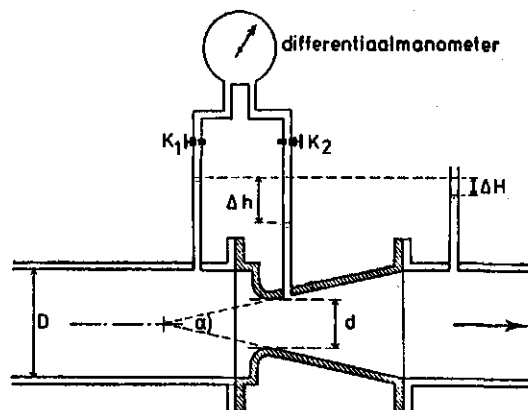


Fig. 3. Schematisch overzicht van een venturimeter ingericht voor het meten van het drukhoogteverschil Δh en het drukverval ΔH

De algemene formule voor de debietbepaling voor een venturimeter luidt volgens NORTIER en v.d. VELDE (1968):

$$Q = m a \sqrt{2g\Delta h} \quad (1)$$

waarin: Q = debiet in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

m = afvoercoëfficiënt

a = oppervlakte keeldoorsnede in m^2

g = versnelling van de zwaartekracht ($g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$)

Δh = drukhoogteverschil in m (fig. 3)

Het is gebleken dat de vormgeving van de venturimeter en ook de keelverhouding van invloed zijn op de grootte van de afvoercoëfficiënt m . BOITEN (1979) geeft aan op welke wijze de grootte van m voor elke willekeurige venturimeter kan worden berekend, namelijk:

$$m = \frac{C}{\sqrt{1-r^4}} \quad (2)$$

waarin: C = doorstroomcoëfficiënt, afhankelijk van de vormgeving

r = keelverhouding $\frac{d}{D}$

d = keeldiameter (fig. 3)

D = diameter van de aanvoerbuis (fig. 3)

Vermeld wordt dat volgens „Water measurement manual” voor de normaal in de handel verkrijgbare venturimeters, afhankelijk van de keellengte, geldt: $0,935 < C < 0,988$. Voor een drietal waarden van de doorstromingscoëfficiënt C is nu in fig. 4 het verband tussen de keelverhouding r en de afvoercoëfficiënt $m = \frac{C}{\sqrt{1-r^4}}$ uitgebeeld.

Uit deze figuur blijkt dat een correcte bepaling met een bij de vakhandel verkrijgbare venturimeter alleen mogelijk is als de opgegeven C -waarde en keelverhouding van elke meter gegarandeerd betrouwbaar zijn. Nog idealer is het als elke aangeschafte venturimeter vergezeld wordt door een betrouwbare ijkcurve of ijkconstante waarmee het debiet rechtstreeks uit de gemeten Δh -waarden kan worden afgelezen of berekend.

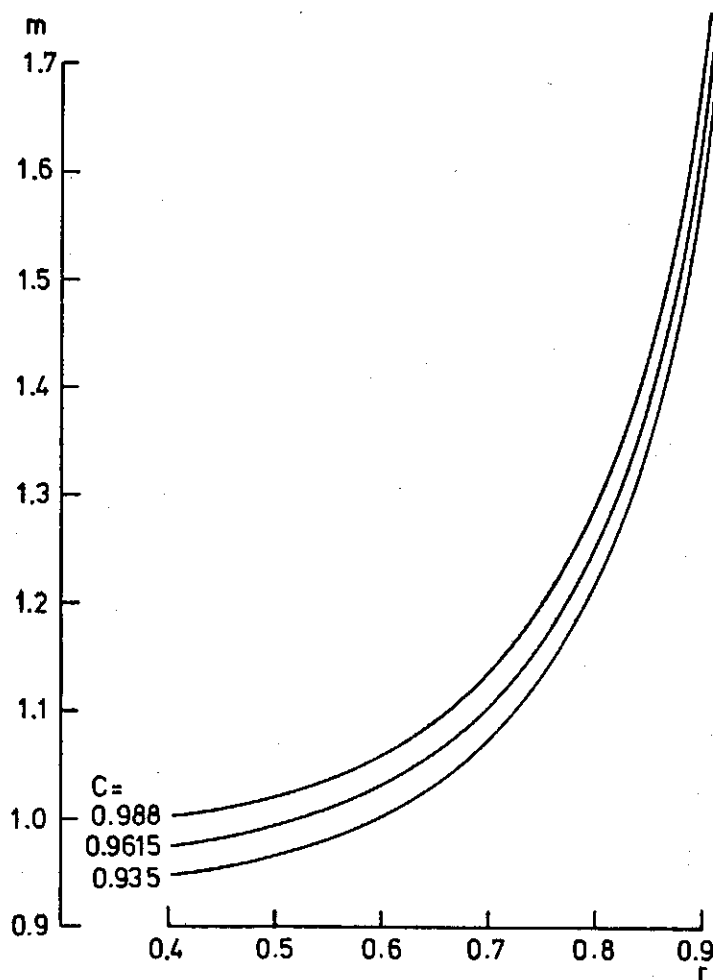


Fig. 4. Samenhang tussen de keelverhouding r en de afvoercoëfficiënt m voor een drietal waarden van de doorstroomcoëfficiënt C

Om inzicht te krijgen in de drukhoogteverschillen zoals die bij een drietal venturi's met verschillende diameter voorkomen, zijn de Fig. 5a tot en met 5c samengesteld. In elk van deze figuren is voor een zes-tal keelverhoudingen van de venturimeter het optredende drukhoogteverschil af te lezen op de horizontale as. De getekende debietcurven zijn ontwikkeld op basis van de eerder genoemde formules (1) en (2) waarbij voor de C de waarde 0,9615, zijnde het gemiddelde van 0,935 en 0,988, gekozen is.

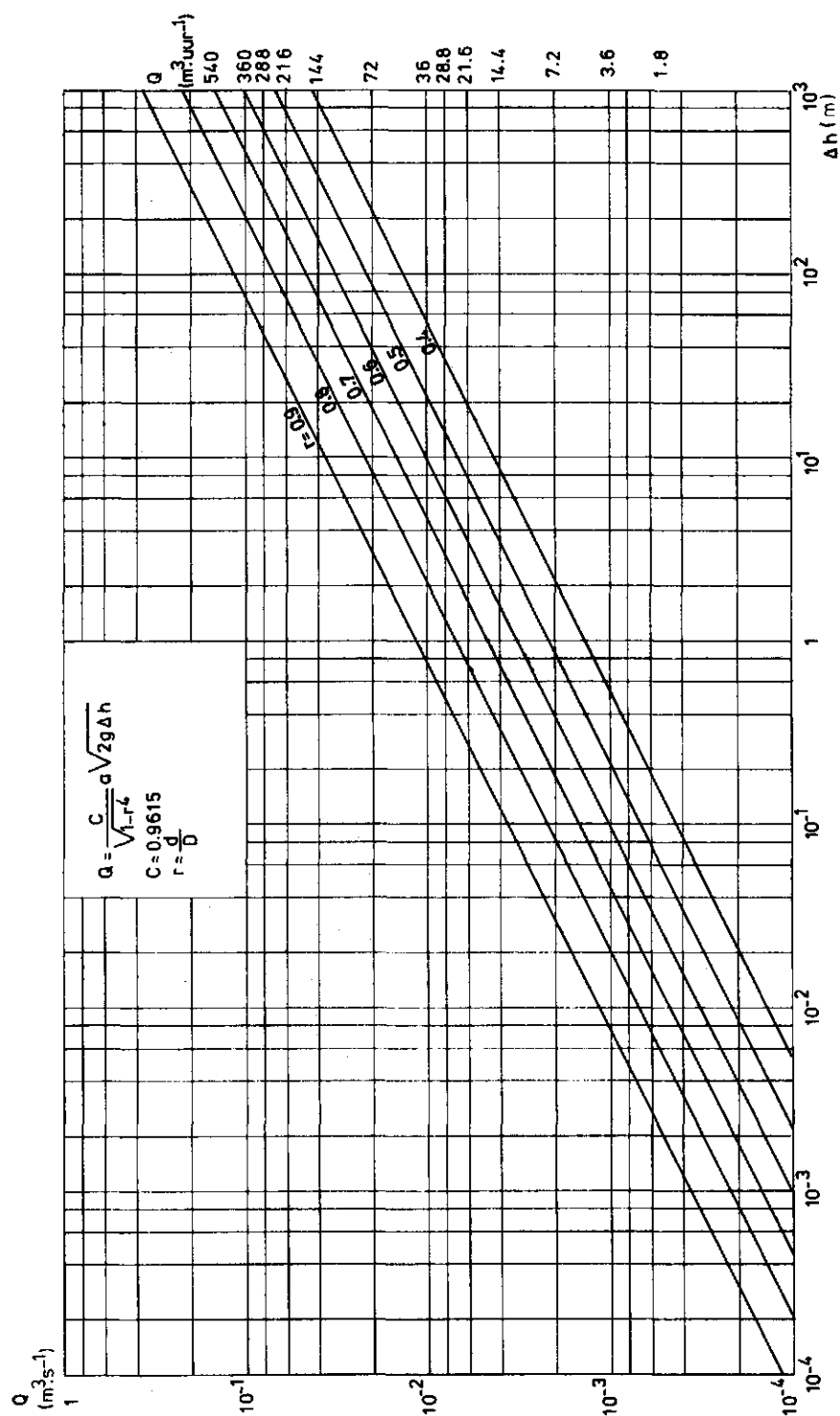


Fig. 5a. Relatie tussen het debiet Q en het drukhoogteverschil Δh voor zes venturimeters met een diameter $D = 0,05$ m maar met verschillende keelverhoudingen r

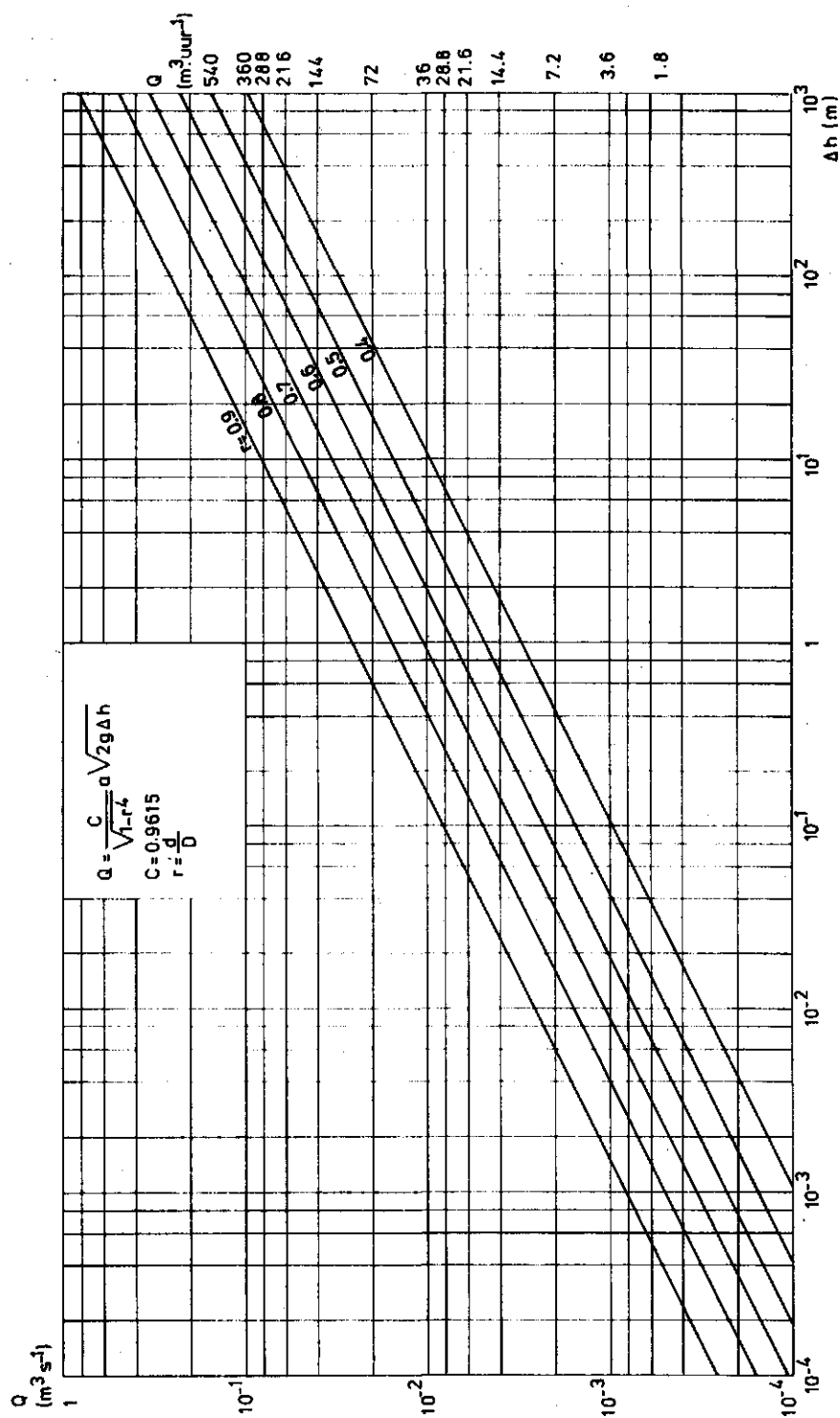


Fig. 5b. Relatie tussen het debiet Q en het drukhoogteverschil Δh voor zes venturimeters met een diameter $D = 0,075$ m maar met verschillende keelverhoudingen r

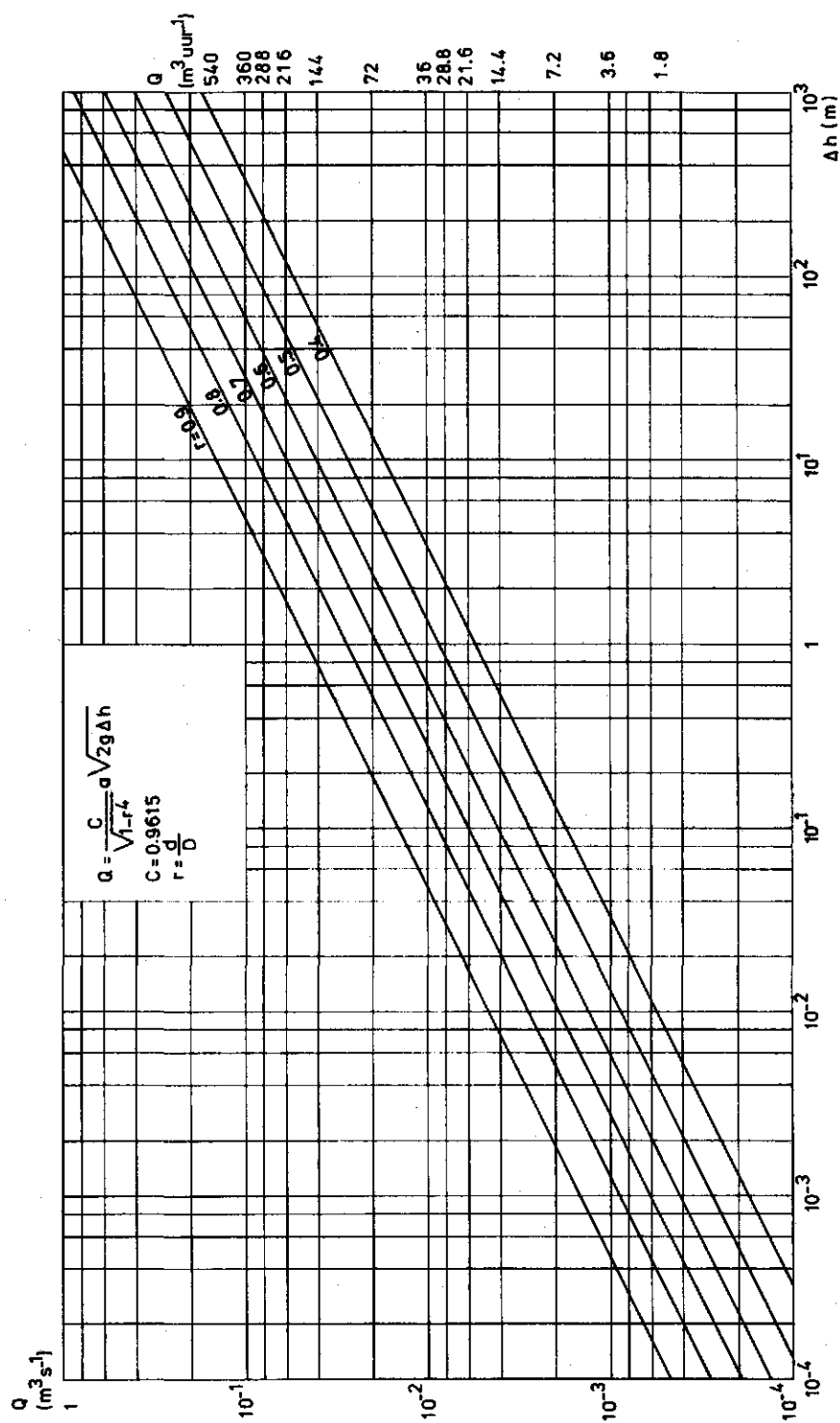


Fig. 5c. Relatie tussen het debiet Q en het drukhoogteverschil Δh voor zes venturimeters met een diameter $D = 0,10$ m maar met verschillende keelverhoudingen r

Wanneer in een gebied meerdere installaties met uiteenlopende ont-trekkingsintensiteiten moeten worden doorgemeten, is het raadzaam om van waterschapszijde meerdere venturimeters met onderling verschillende keelverhoudingen per leidingdiameter aan te schaffen. Als deze meters met snelkoppelingen worden uitgerust, zijn ze vrij snel en eenvoudig voor het uitvoeren van de metingen in de verschillende drukleidingen in te koppelen of uit te wisselen. Door een juiste keuze uit de voor-handen zijnde venturimeters wordt bereikt, dat het te meten drukhoogte-verschil binnen het traject valt, waarvoor de voorhanden zijnde mano-meter geschikt is.

Inmiddels is het probleem van de debietmeting teruggebracht tot een probleem van de meting van drukhoogteverschillen. Het drukhoogte-verschil kan het gemakkelijkst worden gemeten als de beide manometer-buizen van de venturimeter (Fig. 3) worden aangesloten op een zoge-naamde differentiaalmanometer. Het te meten drukhoogteverschil is dan rechtstreeks in de gewenste eenheden afleesbaar.

De keuze van de venturimeters kan dusdanig worden afgestemd op de voorkomende debieten dat de optredende drukhoogteverschillen steeds in dezelfde orde van grootte vallen. In verband hiermee ver-dient het aanbeveling de gekozen manometer gemakkelijk uitwisselbaar voor de verschillende venturi's te doen zijn. Zodoende kan met slechts één of enkele differentiaalmanometers de optredende variatie in de drukhoogteverschillen nauwkeurig worden opgevangen. De uitwissel-baarheid van de manometers kan vergemakkelijkt worden door de afsluit-kranen K_1 en K_2 (fig. 3) te monteren. Om bij het gebruik van enkele typen doosmanometers miswijzing als gevolg van spoedige vermoeidheid van de buisve(e)r(en) door de optredende stroomstoten te voorkomen is het raadzaam schokbrekers in de aansluitleidingen te monteren.

Ten aanzien van de nauwkeurigheid waarmee het debiet wordt bepaald, kan worden gesteld dat dit sterk afhankelijk is van de nauwkeurigheid waarmee het drukhoogteverschil wordt gemeten. Voor wat betreft deze laatste nauwkeurigheid kan voor normaal veldgebruik de vuistregel wor-den gehanteerd dat de meet- en afleesnauwkeurigheid van het drukhoogte-verschil, uitgedrukt in % van de te meten waarde, twee keer zo groot mag zijn als de nauwkeurigheid waarmee het debiet bekend moet worden. Als voorbeeld zal volgens deze regel het drukhoogteverschil binnen 10%

nauwkeurig moeten worden afgelezen, als het onttrekkingsdebiet tot op 5% nauwkeurig moet worden bepaald. Bij een debiet waarbij een drukhoogteverschil Δh van 1 m tussen de aanvoerbuiss en de keel van de venturimeter optreedt, is dan een manometer nodig met een nauwkeurigheid van 0,1 m waterkolom.

Door ten behoeve van de debietmeting tijdelijk een venturimeter in de persleiding te koppelen wordt, evenals bij de watermeters, een extra weerstand en daarmee een extra drukverval ingevoerd. Het gevolg zal zijn dat door het inschakelen van een venturimeter het debiet iets wordt gereduceerd. Bij het gebruik van geschikte venturi's zullen deze reducties echter verwaarloosbaar klein zijn, omdat het totale drukverval binnen de toegestane meetfout van $\pm 10\%$ ligt. Volgens literatuurgegevens wordt namelijk vaak aangenomen dat het totale drukverval ΔH slechts $\pm 10\%$ bedraagt van het gemeten drukhoogteverschil Δh bij een diffusorhoek $\alpha \approx 10^\circ$ (Fig. 3). Wanneer men dit totale verval over een venturimeter nauwkeuriger wenst te leren kennen, kan gebruik worden gemaakt van Fig. 6.

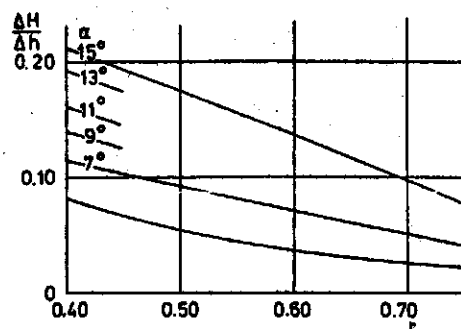


Fig. 6. Verband tussen de keelverhouding r en het quotient van het totale drukverval ΔH en het drukhoogteverschil Δh bij diverse diffusorhoeken α (naar BOITEN, 1979)

In deze figuur is voor een aantal diffusorhoeken het verband tussen de keelverhouding van de meter en het quotient van het totale drukverval ΔH en het gemeten drukhoogteverschil Δh weergegeven. Het totale verval ΔH over de venturi is hieruit voor alle situaties te berekenen. Ook hieruit blijkt nogmaals dat het totale drukverval vrij klein is, mits maar een geschikte venturibuis wordt gebruikt.

Het toepassen van kleine diffusorhoeken heeft nog wel consequenties voor de lengte van de meetbuizen. Naarmate de hoek kleiner wordt, wordt bij gelijke buisdiameter en keelverhouding de totale lengte groter. Zo kan voor een buis met een diffusorhoek α van 10° gemakkelijk worden berekend dat de lengte L van de diffusor bij een buisdiameter van 10 cm en een keelverhouding van 0,4 uitkomt op $L = 0,5d$: $\tan 0,5 \alpha = 2:0,09 \approx 23$ cm. De totale lengte van de venturibuis zal dan $\pm 3 \times L = \pm 0,7$ m bedragen en inclusief de snelkoppelstukken $\pm 1,2$ m zijn.

Samenvattend kan worden opgemerkt dat met het tussenkoppelen van een geschikte venturimeter met aangepaste drukhoogteverschilmeetapparatuur in een gesloten persleiding de capaciteit van beregeningsinstallaties eenvoudig, redelijk goedkoop, vrij nauwkeurig (± 5 à 10%) en met weinig drukverlies kan worden vastgesteld. De bepaling wordt nog eenvoudiger als met de gemeten drukhoogteverschillen de debietwaarden rechtstreeks uit een deugdelijke debietcurve (Fig. 5) kunnen worden teruggelezen. Als nadelen van de methode kunnen worden genoemd het aanschaffen van relatief veel meetapparatuur van vrij omvangrijke afmetingen en het steeds moeten stopzetten van de beregeningsinstallatie als de venturibuizen moeten worden tussengekoppeld of uitgewisseld. Voor gebruik bij bevoeiingsinstallaties zal de venturimeter niet altijd geschikt zijn, maar daarvoor kunnen andere methodieken worden toegepast.

4.1.3. De coördinatenmethode

Een eenvoudige methode voor een redelijke benadering van het onttrekkingsdebiet van bevoeiingsinstallaties kan worden gevonden in de toepassing van de zogenaamde coördinatenmethode. Deze methode berust op het principe van de vrije val, waarbij naast de aanvangssnelheid ook de bewegingsrichting bekend is. In concreto komt het erop neer dat de afbuiging van de uit een volledig gevulde buis stromende straal ten opzichte van de oorspronkelijke hoogte wordt gemeten. De grootte van de afbuiging, gemeten op een bepaalde afstand van het uiteinde van de buis, is namelijk een maat voor het debiet. Volgens BOITEN (1979) is deze methode eenvoudig toe te passen voor debietbepalingen uit drukleidingen, waar een maximale fout in de debietwaarden

ter grootte van $\pm 10\%$ toelaatbaar geacht wordt.

Voor de berekening van het optredende debiet is het noodzakelijk de grootte van de afbuiging y op een afstand x vanaf het uiteinde van de transportbuis te leren kennen (Fig. 7).

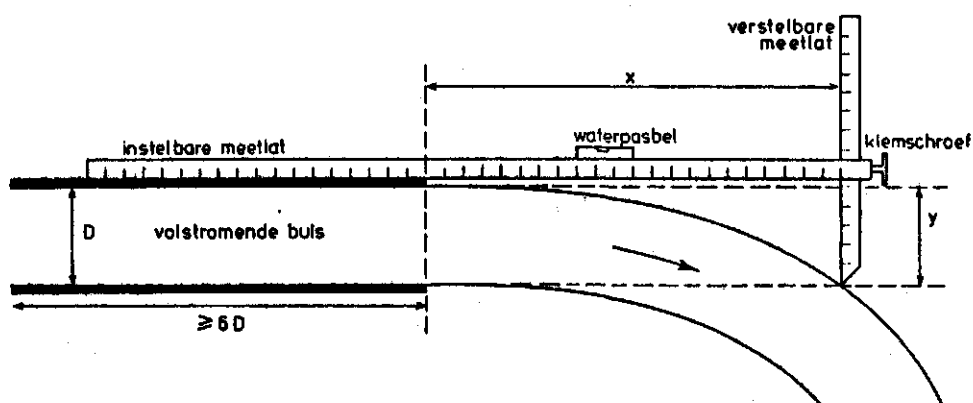


Fig. 7. Geschematiseerd overzicht van de meetmethodiek volgens de coördinatenmethode

In deze figuur wordt ook een voorbeeld gegeven van een model waarmee de grootte van de te meten waarden van x en y op een redelijke manier kan worden bepaald. Wellicht ten overvloede wordt erop gewezen dat men er tijdens de meting op dient te letten dat in de horizontale meetas, dus de x -as, geen verticale doorbuiging optreedt. Daarbij moet de meetlat in de y richting natuurlijk zuiver verticaal zijn. Met behulp van de juiste profiel en materiaal keuze (bijvoorbeeld aluminium U-profiel) is op eenvoudige wijze een dergelijk meetinstrument op te bouwen.

Om deze methode correct te kunnen toepassen moet de bevoeiingsinstallatie zijn voorzien van een transportdrukleiding. Wel moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan.

Deze voorwaarden zijn:

1. De buis moet tot aan de uitmonding toe volledig gevuld zijn en vrij in de ruimte uitstromen.
2. De drukleiding moet over het laatste deel ter lengte van minstens 6 x de buisdiameter volkomen recht zijn, horizontaal liggen, een gelijkblijvende diameter bezitten en aan de uitmonding zuiver recht zijn afgesneden.

Indien aan deze voorwaarden is voldaan, kan het debiet met de gemeten waarden voor x en y worden berekend met de in „Discharge Measurement Structures" gegeven formule:

$$Q = C_d \frac{1}{4} \pi D^2 \sqrt{g \frac{x^2}{2y}} \quad (3)$$

Hierin is: Q = debiet in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

C_d = afvoercoëfficiënt

D = diameter van de buisleiding in m

g = versnelling van de zwaartekracht ($g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$)

x = horizontale afstand vanaf het buiseinde tot het punt waar de afbuiging wordt gemeten in m

y = de grootte van de afbuiging van de bovenkant van de waterstraal ten opzichte van het bovenste uitstro-
mingspunt voor de buis in m

Om de werkelijk optredende debietwaarde te kunnen berekenen, moet de grootte van de afvoercoëfficiënt C_d nog worden vastgesteld. Volgens Boiten is de grootte van deze coëfficiënt afhankelijk van de buisdiameter en de lengte x, waarover y wordt gemeten. In „Discharge Measurement Structures" wordt een aantal debietcurven voor een 5-tal buisdiameters gevonden, waaruit de coëfficiëntwaarden teruggerekend kunnen worden. Deze teruggerekende waarden zijn in figuur 8 uitgezet tegen verschillende bijbehorende x-waarden voor de vijf buisdiameters. Daarnaast kon voor een 2" buis bij $x = 0,61 \text{ m}$ aan literatuurgegevens de waarde $C_d \approx 1$ worden ontleend en ingetekend. De aldus gevonden punten zijn in de figuur door vloeiende lijnen verbonden. In de figuur kan nu voor een aantal buisdiameters (2" tot en met 6") en bekende x-waarden de grootte van de afvoercoëfficiënt worden

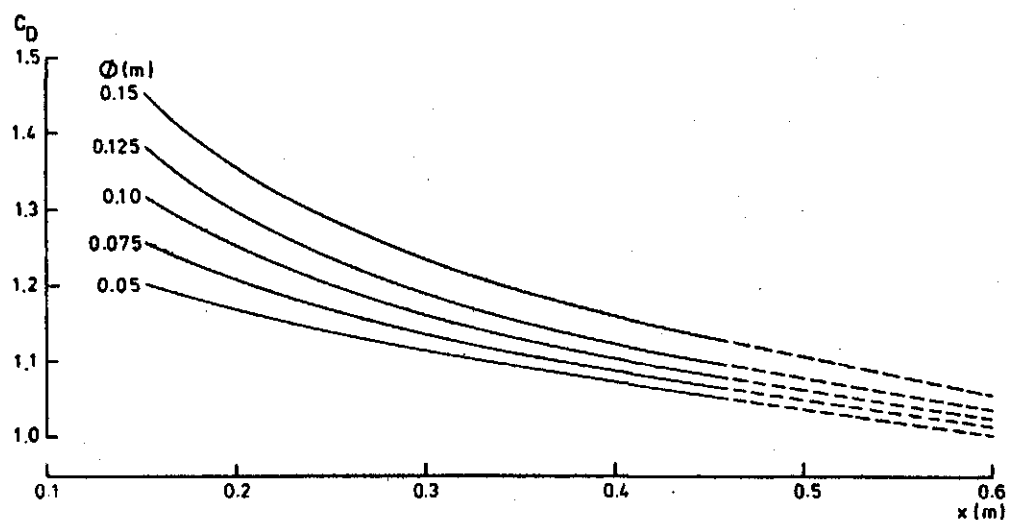


Fig. 8. Samenhang tussen de meetafstand x en de afvoercoëfficiënt C_d voor een vijftal buizen met verschillende diameters $\varnothing$

afgelezen. Extrapolatie naar waarden voor $x < 0,15$ m is gevaarlijk, maar zal ook niet voorkomen bij de metingen aan bevoeiingsinstallaties, omdat dan de afbuiging erg moeilijk te meten is. Extrapolatie in de richting $x > 0,45$ m geeft veel minder problemen, omdat dan de grote differentiatie in de C_d -waarden eigenlijk al is verdwenen en de ingetekende curven de horizontale richting als het ware asymptotisch naderen.

Voor de horizontaal uitmondende volstromende buizen van bevoeiingsinstallaties is in het voorgaande een debietbepalingsmethodiek aangegeven. In de praktijk zal het bevoeiingswater echter soms ook uit verticaal gestelde eindbuizen stromen. Voor de debietmeting kan dan een variant van de coördinatenmethode worden toegepast, mits aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. De eindbuis moet over een lengte van minstens $6 \times$ de diameter een gelijkblijvende diameter bezitten, volkomen recht zijn, verticaal staan en aan de uitmonding recht en zuiver horizontaal zijn afgesneden.
2. De uitsluitende waterstraal moet vrij in de ruimte uitstromen. Uit praktische overwegingen moet de te meten hoogte h_s van de straal

begrensd zijn tussen $0,03 \text{ m} < h_s < 4,00 \text{ m}$, waarbij voor de inwendige buisdiameter geldt $0,025 \text{ m} < D < 0,609 \text{ m}$.

In „Discharge Measurement Structures" worden voor de debietberekening volgens deze methode een tweetal formules gegeven, namelijk:

$$Q = 5,47 D^{1,25} h_s^{1,35} \quad (4)$$

voor $h_s \leq 0,37 D$ en

$$Q = 3,15 D^{1,99} h_s^{0,53} \quad (5)$$

Voor $h_s \geq 1,4 D$

Hierin is: Q = debiet in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

D = buisdiameter in m

h_s = hoogte van de uitsluitende straal gemeten
vanaf de uitmonding van de buis in m

Met deze laatste twee formules wordt niet het gehele traject van de voorkomende h_s -waarden bestreken. In het tussenliggende traject ($0,37 D < h_s < 1,4 D$) worden met de formules (4) en (5) enigszins te hoge debieten berekend. Omdat voor dit traject geen formules beschikbaar zijn, moet men hier genoegen mee nemen of het debiet moet worden afgelezen uit de in 'Discharge Measurement Structures' gegeven curven.

Met de genoemde varianten op de coördinatenmethode is het mogelijk om bij zowel horizontaal als verticaal uitmondende buizen van bevoelingsinstallaties op een snelle en eenvoudige manier met enkele goedkope hulpmiddelen de capaciteit van het onttrekkingsdebiet redelijk nauwkeurig (10 à 15%) onder veldomstandigheden te bepalen, zonder dat de installatie tijdelijk moet worden gestopt om bepaalde meetvoorzieningen tussen te kunnen koppelen.

4.1.4. De deflectiemethode

Het principe van deze methode berust op het effect dat door de dynamische druk van een vrij uit een buis stromende waterstraal wordt

uitgeoefend op een plaat of staaf, welke scharnierend dan wel verend voor de uitmonding van de buis is aangebracht. De grootte van de verdraaiing of verbuiging is een maat voor het optredende debiet.

Voor het bepalen van draindebieten wordt dit principe soms toegepast. De capaciteit van dit type meters is echter te klein om gebruikt te worden voor het bepalen van debietwaarden bij bevoeiingsinstallaties. Het lijkt evenwel zinvol om een enkele eenvoudige constructie verder uit te werken, zodat de methode misschien voor grotere debietwaarden aangepast kan worden. IJkmetingen aan de aangepaste constructies welke eenvoudig met een kraag op de eindbuizen van de bevoeiingsinstallaties geklemd moeten worden en waarbij de uitslag van de verdraaiing of verbuiging, al of niet gereduceerd, langs een schaalverdeling afleesbaar wordt, zullen moeten aantonen of een redelijk resultaat bereikt kan worden. Zonder nadere uitwerking is deze methode voorlopig te weinig ontwikkeld om aan te bevelen.

4.2. M e t i n g i n d e p o m p

4.2.1. Pompkarakteristiek

Voor de pompen die bij berekening en bevoeiing worden gebruikt, is in bepaalde gevallen een zogenaamde pompkarakteristiek beschikbaar. Middels deze karakteristiek is de zogenaamde Q-H relatie van de pomp aanschouwelijk en gemakkelijk afleesbaar voorgesteld. Deze Q-H relatie, zoals weergegeven in Fig. 9, legt het verband vast tussen de totale opvoerhoogte H en de opbrengst Q bij verschillende waarden voor de statische zuighoogte H_z .

De totale opvoerhoogte H wordt gevormd door de som van:

- a) de door de pomp geleverde persdruk;
- b) het hoogteverschil tussen de pomp en het soms wisselende water-spiegelniveau waaraan wordt onttrokken, de statische zuighoogte H_z ;
- c) het totaal drukverval in de zuigleiding van de pomp inclusief zuigkorf en voetklep.

Voor beregeningsinstallaties kan in het algemeen gesteld worden dat de als eerstgenoemde factor, te weten de persdruk van de pomp,

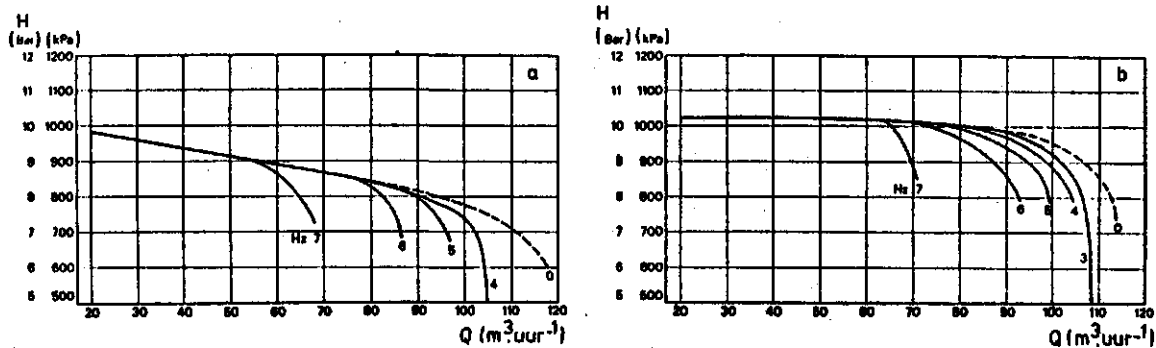


Fig. 9. Verband tussen opbrengst Q en totale opvoerhoogte H (pompkarakteristiek) van een Vincenzi Gibertini pomp bij toerentallen van: a; 480 $\text{omw} \cdot \text{min}^{-1}$ en b; 520 $\text{omw} \cdot \text{min}^{-1}$ (naar LIEFTINK, 1978)

overheersend is. Bij bevoelingsinstallaties daarentegen is veelal de persdruk niet van betekenis en overheerst vaak de als tweede genoemde factor.

Zoals uit Fig. 9 valt af te leiden, wordt het verloop van de curven waaruit de pompkarakteristiek bestaat, mede bepaald door het toerental van de pomp. Verandering van het toerental betekent dat een andere curve moet worden gebruikt.

Gezien het voorgaande mag worden verwacht dat bij beregeningsinstallaties door meting van de persdruk met behulp van een manometer op de persflens van de pomp en door visuele bepaling van de opvoerhoogte bij de pomp voldoende informatie beschikbaar komt voor het vaststellen van het onttrekkingsdebiet uit de Q - H relatie. Toch kleven er aan deze methode nog een paar problemen, waarvan onder andere genoemd kunnen worden:

- a) de Q - H relatie is niet altijd beschikbaar of niet meer geldig (waaierslijtage of andere redenen, genoemd in par. 3.2);
- b) de Q - H relatie varieert met het toerental van de pomp. Ook het toerental van de pomp zal dus moeten worden bepaald. Indien de pomp vast aan de motor is gekoppeld, komt dit overeen met het toerental

van de aandrijvende motor. Voor aftakaspompen zal dit toerental bepaald moeten worden aan de hand van het toerental van de aftakas en de overbrengingsverhouding van de tandwielkast (zie par. 3.2). In voorkomende gevallen zal men dus bedacht moeten zijn op de in de tandwielkast aangebrachte veranderingen ten aanzien van de overbrengingsverhoudingen;

- c) in sommige gevallen kan het moeilijk zijn de werkelijke opvoerhoogte vast te stellen, vooral als de verliezen in de zuigleiding de totale opvoerhoogte sterk beïnvloeden.

Vanwege het geheel of nagenoeg geheel afwezig zijn van persdruk bij bevoeiingsinstallaties, verloopt hier de bepaling van de onttrekkingscapaciteit via de Q-H relatie veel eenvoudiger. In het algemeen bestaat de totale opvoerhoogte H hierbij vrijwel alleen uit het hoogteverschil tussen waterspiegel en pomp. Deze installaties staan namelijk meestal met korte zuigleidingen vlak bij de sloot opgesteld. Gezien de grote capaciteit van de meeste van deze installaties bij geringe opvoerhoogte, zal de originele overbrengingsverhouding vaak nog aanwezig zijn, terwijl slijtage-invloeden in de Q-H relatie veel minder tot uiting komen.

Samenvattend kan gesteld worden dat de bepaling van het onttrekkingsdebiet met behulp van de pompkarakteristiek een redelijk resultaat kan opleveren, maar dat vaak door verschillende omstandigheden de gewenste nauwkeurigheid niet kan worden bereikt.

4.3. M e t i n g i n d e s p r o e i e r

4.3.1. Meting sproeierdruk

Met behulp van daartoe geëigende formules is het mogelijk voor elke willekeurige bedrijfssituatie het meest geschikte beregeningssysteem te ontwerpen (BAARS, 1971). Omgekeerd is het met behulp van dezelfde formules mogelijk het debiet van een in werking zijnde beregeningsinstallatie te bepalen. Zo kan met één van de bedoelde formules het debiet van een bepaalde sproeier op een vrij gemakkelijke en eenvoudige wijze worden vastgesteld. Volgens Baars geldt namelijk:

$$Q = \alpha A \sqrt{2g \cdot H} \quad (6)$$

waarin: Q = debiet in de sproeier in $m^3 \cdot s^{-1}$

α = contractiecoëfficiënt

A = natte oppervlak van het sproeiermondstuk in m^2

g = zwaartekrachtversnelling in $m \cdot s^{-2}$

H = druk in het mondstuk van de sproeier in mwk

Indien het debiet op uurbasis bekend moet worden en in plaats van het natte oppervlak wordt uitgegaan van de diameter van het sproeiermondstuk in mm kan uit (6) worden afgeleid dat:

$$Q = 60 \times 60 \times \alpha \times \frac{\pi d^2}{10^6} \times \sqrt{2 \times 9,81 \times H}$$

zodat

$$Q = 0,0125 \alpha d^2 \sqrt{H} \quad (7)$$

waarbij Q = debiet in $m^3 \cdot uur^{-1}$

d = diameter van het sproeiermondstuk in mm

In (6) en (7) moet de druk in mwk worden ingevuld. Vaak wordt de druk in het mondstuk van de sproeier in ato's gemeten. Voor dergelijke gevallen kan gebruik worden gemaakt van (8). Deze vergelijking is afgeleid uit (7) waarbij 1 mwk = 0,1 ato is ingevoerd. Nu is dus

$$\begin{aligned} Q &= 0,0125 \alpha d^2 \sqrt{10 H^*} \\ &= 0,0125 \alpha d^2 3,16 \sqrt{H^*} \\ &= 0,0395 \alpha d^2 \sqrt{H^*} \end{aligned} \quad (8)$$

waarbij H^* = druk in het mondstuk van de sproeier in ato.

De sproeierdiameter wordt meestal op de sproeier vermeld. Zij kan ook met een schuifmaat worden gemeten of gecontroleerd.

De werkdruk in de sproeier kan het beste worden gemeten met een daartoe aangepaste doosmanometer. Een afbeelding van een dergelijk drukmeetapparaat is opgenomen in Fig. 10.

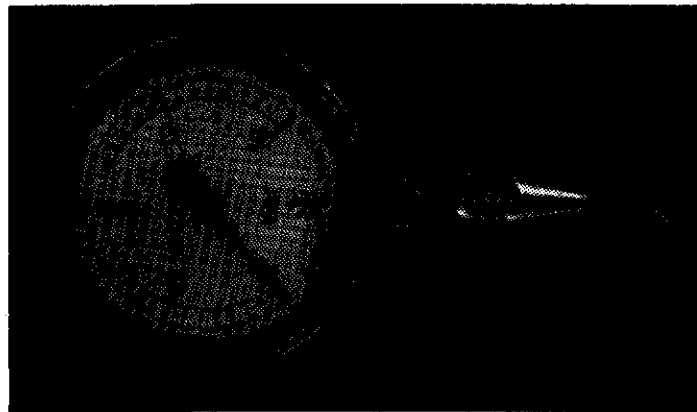


Fig. 10. Glycerine gevulde doosmanometer voor het meten van de sproeierdruk bij beregeningsinstallaties

De opbouw voor een dergelijk meetapparaat wordt schematisch weergegeven in Fig. 11. Het drukmeetapparaat bestaat in principe uit een eenvoudige doosmanometer met een meetbereik tot minstens 10 bar, voorzien van een verbindingstuk met daaraan een pitotbuisachtige zijspruit ($\varnothing \pm 4$ mm, lengte ± 2 cm). Deze zijspruit wordt bij het uitvoeren van een drukmeting in het sproeiermondstuk gestoken waarna de druk in de sproeier kan worden afgelezen.

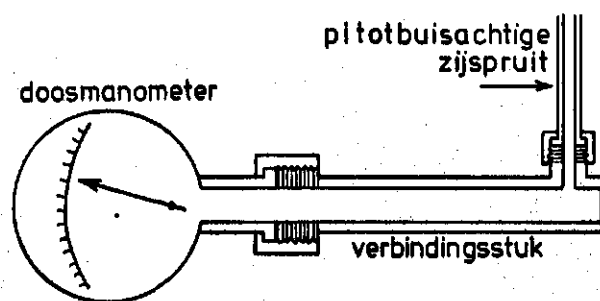


Fig. 11. Schema van een drukmeetapparaat

Voor een langdurige en goede werking van de manometer is het gewenst dat in het apparaat een schokdemper is ingebouwd. De aanwezigheid van een schokdemper verlengt namelijk de levensduur van de manometer en vermindert de kans op miswijzing. Bij het in Fig. 10 afgebeelde apparaat wordt de schokdemping verzorgd door de glycerinevulling van de manometer, maar ook andere oplossingen zijn mogelijk. Te denken valt bijvoorbeeld aan voorzieningen in het verbindingsstuk tussen de manometer en de zispruit. Ondanks deze voorzieningen blijft een regelmatige controle van de doosmanometer op de aangemeten drukwaarden aan te bevelen.

De waarden van de contractiecoëfficiënt α , die in de formules 6, 7 en 8 voorkomt, hangt sterk af van de vormgeving van de sproeier. Bij de sproeiers welke meestal in de praktijk worden gebruikt, behoren α -waarden die uiteenlopen van 0,7 tot 0,98. Aan het eind van deze paragraaf zal daarop nader worden ingegaan.

Wanneer naast de druk van de sproeier en de sproeierdiameter of de natte oppervlakte van het mondstuk ook de α -waarde bekend is, is het mogelijk met de eerder beschreven formules het debiet van in werking zijnde installaties te bepalen. Er worden soms ook tabellen gebruikt, zoals o.a. Tabel 2, waarin voor diverse sproeierdiameters bij verschillende drukken in het sproeiermondstuk het debiet van de sproeier is af te lezen.

Voor een nadere analyse van de in Tabel 2 opgenomen debietwaarden is het cijfermateriaal uit deze tabel gekoppeld aan formule (8). Het blijkt nu dat de in Tabel 2 vermelde debietwaarden het best door formule (8) worden benaderd, wanneer voor de contractiecoëfficiënt α de waarde 0,95 wordt ingevuld. Het onderstaande demonstreert dit.

Een sproeier met een diameter $d = 8 \text{ mm}$ en een druk in het sproeiermondstuk $H^* = 4$ ato geeft volgens Tabel 2 een debiet $Q = 4,7 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$. Invulling van de benodigde gegevens in formule (8) geeft:

$$Q = 0,0395 \times 0,95 \times 8^2 \times \sqrt{4} = 4,8 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$$

Als bij het bepalen van de debieten gebruik wordt gemaakt van bovengenoemde tabelvormen, is het noodzakelijk dat de α -waarden, waarop de tabellen zijn gebaseerd, worden achterhaald. In de praktijk is namelijk een ruime spreiding in α -waarden voor de diverse sproeiers

Tabel 2. Debiet in $\text{m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ van conische sproeiers met diverse diameters en een contractiecoëfficiënt $\alpha = 0,95$, opgegeven bij verschillende werkdrukken

Druk (ato)	2	2½	3	3½	4	4½	5
Sproeier-opening							
4,2 mm	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3		
5/32 + 3/32"	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7		
5 mm	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9		
11/64 + 3/32"	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9		
3/16 + 3/32"	1,6	1,8	1,8	2,1	2,2		
3/16 + 1/8"	1,8	2,0	2,1	2,4	2,6		
6 mm	1,9	2,2	2,3	2,6	2,7		
13/64 + 1/8"	2,0	2,3	2,4	2,7	2,9		
13/64 + 5/32"	2,3	2,6	2,7	3,1	3,3		
7/32 + 5/32"	2,5	2,9	3,0	3,4	3,6		
7 mm	2,6	2,9	3,1	3,5	3,7	3,8	
7/32 + 3/16"	2,8	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	
8 mm	3,3	3,7	4,1	4,4	4,7	5,1	
1/4 + 3/16"		3,8	4,3	4,7	4,9	5,2	
1/4 + 7/12"		4,3	4,8	5,2	5,5	5,9	
9 mm	4,3	4,7	5,3	5,7	6,0	6,4	
9/32 + 7/32"		4,9	5,4	5,9	6,4	6,7	
5/16 + 7/32"		5,6	6,2	6,7	7,2	7,8	
10 mm	5,4	6,0	6,6	7,1	7,6	8,1	
11/32 + 1/4"		6,7	7,5	8,2	8,8	9,3	
11 mm	6,5	7,3	8,0	8,6	9,2	9,8	
3/8 + 1/4"		7,4	8,1	8,8	9,3	9,9	
12 mm	7,7	8,6	9,4	10,2	10,9	11,5	
12 + 6 mm			12,0	13,0	13,8	14,6	
14 mm			12,6	13,7	14,6	15,5	16,4
14 + 7 mm			16,2	17,4	18,7	19,8	
16 mm			16,4	17,8	19,1	20,2	21,4
16 + 7 mm			20,0	21,6	23,1	24,5	25,9
18 mm			21,0	22,6	24,2	25,7	27,1
18 + 7 mm			24,5	26,4	28,2	30,0	31,6
20 mm			26,0	28,0	29,9	31,7	33,5
20 + 8 mm			30,8	33,8	36,2	38,4	40,5
22 mm			31,2	34,0	36,4	38,5	40,7
22 + 8 mm					42,5	45,1	47,6

aanwezig, waardoor belangrijke verschillen in de af te lezen debieten kunnen optreden.

Om een inzicht te krijgen in welke mate de met de formules (7) en (8) berekende debietwaarden overeenstemmen met de werkelijk optredende debieten is de onderlinge samenhang nader getoetst. Een toetsing van de volgens (7) en (8) berekende debietwaarden aan gemeten debietwaarden is mogelijk dankzij gegevens van LIEFTINK (1978). De betreffende gegevens zijn verzameld bij metingen aan een aantal grote haspelinstallaties. Liefertink mat namelijk naast de watergift in $\text{m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ ook de diameter van en de druk in de sproeier bij verschillende toerentallen van de pomp. Met deze gegevens laat het debiet zich nu ook berekenen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de eerder genoemde formules (7) en (8). De toetsing aan de gegevens van Liefertink is uitgevoerd met formule (7). Genoemde formule is daartoe in onderstaande vorm herschreven:

$$\alpha = \frac{Q}{0,0125 d^2 \sqrt{H}}$$

De door Liefertink gemeten waarden voor het debiet Q , de sproeierdiameter d en de druk H in het sproeiermondstuk zijn in bovengenoemde formule gesubstitueerd. Aldus is voor elke sproeieropstelling die door hem werd doorgemeten, naast een waarde voor de teller ook een waarde voor de noemer van bovenstaande vergelijking vastgelegd. Deze waarden zijn vervolgens in Fig. 12 tegen elkaar uitgezet. In de horizontale richting worden de waarden teruggevonden welke voor de noemer zijn berekend. Langs de verticale as zijn de bijbehorende gemeten waarden uit de teller terug te vinden.

De punten uitgezet in Fig. 12 liggen zeer verspreid. Dit houdt verband met het feit dat we te maken hebben met sproeiers, die verschillende waarden voor de contractiecoëfficiënt α bezitten. Bij een nadere beoordeling van de puntenzwerm blijkt dat de punten in een drietal groepen ingedeeld kunnen worden. Deze drie groepen zijn:

- a) een groep van punten, die liggen rond een lijn onder 44° door de oorsprong. Dit duidt erop dat deze punten behoren bij conische sproeiers met een waarde van $\alpha = \text{tg } 44^\circ = 0,97$ en wordt aangetroffen bij sproeiers met een vormgeving zoals schematisch is weergegeven in Fig. 13a;

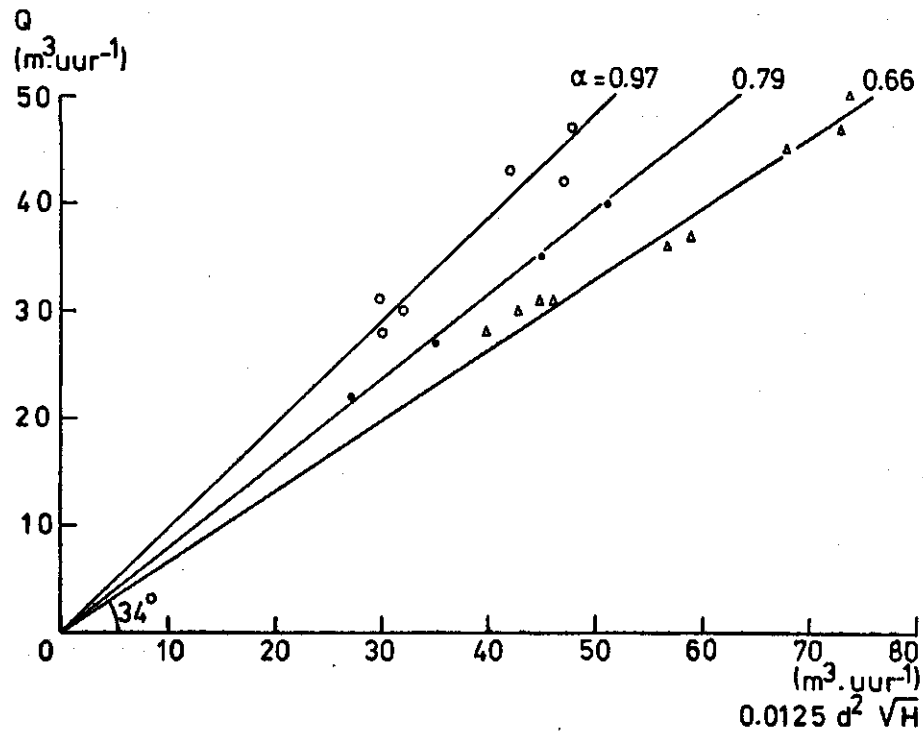


Fig. 12. Verband voor diverse sproeiertypen tussen het optredende debiet Q en de grootte $0,0125 d^2 \sqrt{H}$ (d , sproeierdiameter in mm; H , druk in sproeiermondstuk in mwk) (naar LIEFTINK, 1978)

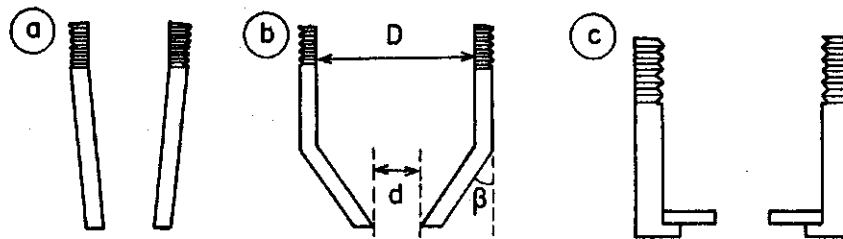


Fig. 13. Vormgeving van een drietal sproeiertypen

b) een groep van punten, die liggen rond een lijn onder circa 38° door de oorsprong. Het gaat hier om conische sproeiers met een waarde voor $\alpha = 0,79$ en een vormgeving zoals schematisch is weergegeven in Fig. 13b;

c) een groep van punten, die liggen rond een lijn onder circa 34° door de oorsprong. Het betreft hier sproeiers met een bijbehorende waarde voor $\alpha = 0,66$ en een vormgeving zoals schematisch is weergegeven in Fig. 13c. Bij dit sproeiertype is in het mondstuk een ring met een cirkelvormig gat geplaatst. Men spreekt in dit geval van sproeiers met een 'spuitplaatje'.

Wanneer in de praktijk het debiet in de sproeier wordt bepaald aan de hand van de formules (7) of (8) is het, gezien het voorgaande, gewenst voor de coëfficiënt α een redelijk nauwkeurige waarde te gebruiken. Op grond van de gegevens welke in Fig. 12 zijn verwerkt, wordt geadviseerd voor de coëfficiënt α bij sproeiers met een conisch mondstuk de standaardwaarde 0,9 en bij sproeiers met een spuitplaatje de waarde 0,7 te gebruiken. Het debiet van de sproeier kan dan tot op 10 à 15% nauwkeurig worden bepaald.

Indien het noodzakelijk wordt geacht het debiet van de sproeier zeer nauwkeurig te bepalen, dan zal de grootte van de coëfficiënt α precies moeten worden vastgelegd. Dit kan in voorkomende gevallen trouwens op een vrij eenvoudige wijze worden gerealiseerd dankzij een serie metingen, welke door VON MISES (1917) aan enkele uitstroomopeningen zijn uitgevoerd. Uit de door Von Mises gepubliceerde gegevens blijkt namelijk dat de grootte van de coëfficiënt α afhankelijk is van de hoek β en van de verhouding tussen de diameters d en D zoals is aangegeven in Fig. 13. Op basis van de door Von Mises bijeengebrachte gegevens is Fig. 14 samengesteld. In deze figuur kan voor elk willekeurig sproeiertype de waarde van de coëfficiënt α worden afgelezen, mits de grootte van de hoek β en de diameterverhouding d/D van het betreffende sproeiertype bekend of gemeten zijn.

TIENSTRA (1980) vergeleek de uitkomsten van de debietmetingen aan een proefopstelling van een beregeningsinstallatie met de uitkomsten van berekeningen. Het debiet werd gemeten met een watermeter. Daarnaast mat hij de daarbij optredende druk in de sproeier met een geschikte manometer. Voor de debietberekeningen werd gebruik gemaakt van formule (7). De waarden voor de coëfficiënt α leidde hij af uit de onderzoeksresultaten van Von Mises. Tienstra constateert dat de door hem berekende en gemeten debietwaarden minder dan 5% van elkaar verschillen.

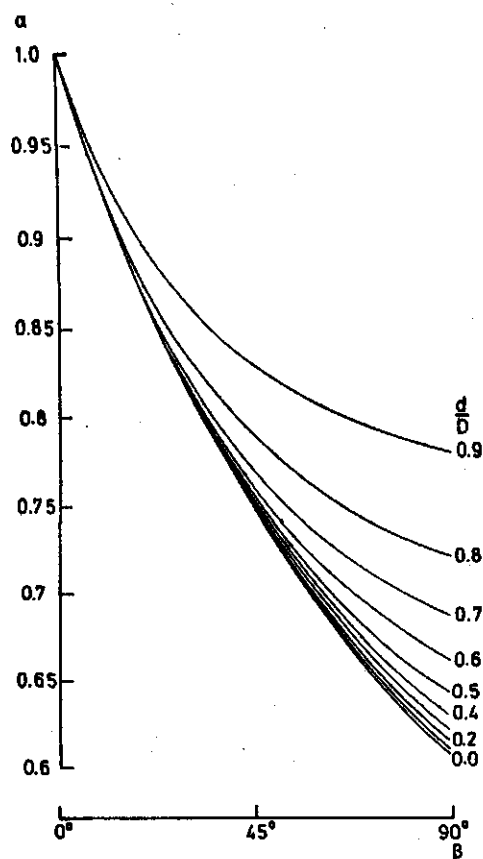


Fig. 14. Contractiecoëfficiënt α van een sproeier in afhankelijkheid van de hoek β en de diameterverhouding d/D in de sproeier, zoals aangegeven in Fig. 13 (naar VON MISES, 1917)

Samenvattend wordt gesteld dat in deze paragraaf een snelle, goedkope, vrij eenvoudige en toch nauwkeurige werkwijze is beschreven. Zo doende kan, met behulp van de op de sproeier aangegeven diameter van het mondstuk, de gemeten werkdruk in de sproeier en correct vastgestelde waarden voor de contractiecoëfficiënt α , het debiet van de sproeier worden bepaald. Afhankelijk van de toegepaste werkwijze kan een nauwkeurigheid van 5 à 15% worden bereikt.

4.3.2. Schatting sproeierdruk

Het principe van deze methode komt overeen met die welke in par. 4.3.1 is beschreven. Voor de berekening van de debietwaarden wordt ook nu weer gebruik gemaakt van de formules (7) of (8). Het enige verschil tussen de beide methoden is dat hier wordt uitgegaan van geschatte in plaats van gemeten werkdrukken in de sproeier. In hoeverre een redelijk nauwkeurige schatting van de heersende werkdruk in de sproeier

mogelijk is, hangt sterk af van feeling en routine van de schatter. Voordat deze methodiek wordt toegepast, is het raadzaam eerst enige schattingsroutine te verwerven. Daarbij kan ijking plaatsvinden aan gemeten of op andere wijze vastgestelde werkdrukken.

De druppelgrootteverdeling in de beregeningsstraal kan enig houvast bieden bij het schatten van de werkdruk. Elk sproeiertype kent namelijk een werkdruk waarbij de druppelgrootteverdeling 'ideaal' genoemd kan worden. Is de werkdruk lager dan de 'ideale' werkdruk, dan ontstaan te grote druppels en bestaat de kans op structuurbederf van de bodem en/of gewasbeschadiging. Bij een werkdruk hoger dan de 'ideale' neemt door sterkere verneveling de verwaaiing toe en loopt het energieverbruik onnodig op. Ter oriëntatie zijn voor de in Tabel 2 opgenomen sproeiers de waarden van de 'ideale' werkdrukken aangegeven door het intekenen van enkele rechthoekige kaders.

De nauwkeurigheid van deze methode is sterk afhankelijk van de nauwkeurigheid, waarmee de werkdruk wordt geschat. De relatie tussen de nauwkeurigheid van de berekende debietwaarden en de nauwkeurigheid van de drukbepaling kan eenvoudig worden vastgesteld. Het volgende voorbeeld mag dit illustreren.

Voorbeeld: een installatie met 1 sproeier ($\phi = 5 \text{ mm}$, $\alpha = 0,95$) beregent met een werkdruk van 3,5 ato. De werkdruk in de sproeier wordt geschat op 2,5 ato, dus een onderschatting met 1 ato. Hieruit volgt volgens formule (7) dat

$$Q_{\text{werkelijk}} = 0,0395 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \pi \times 5^2 \times \sqrt{3,5} \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$$

$$Q_{\text{geschat}} = 0,0395 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \pi \times 5^2 \times \sqrt{2,5} \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$$

Het onderschatten van de werkdruk met 1 ato heeft in dit geval tot gevolg dat het debiet $\frac{\sqrt{3,5} - \sqrt{2,5}}{\sqrt{3,5}} \times 100\% = 15,5\%$ te laag wordt bepaald. Een overschatting van de werkdruk met 1 ato leidt bij dit voorbeeld tot een debiet dat $\frac{\sqrt{4,5} - \sqrt{3,5}}{\sqrt{3,5}} \times 100\% = 13,4\%$ te groot is. Voor een grote haspelinstallatie met een werkdruk van bijvoorbeeld 6 ato leidt een onder- c.q. overschatting van deze druk met 1 ato respectievelijk tot een debiet dat 8,7% te laag c.q. 8,0% te hoog berekend wordt.

Het blijkt dus, dat de nauwkeurigheid van deze methode enerzijds sterk samenhangt met de mate van over- c.q. onderschatting waarmee de

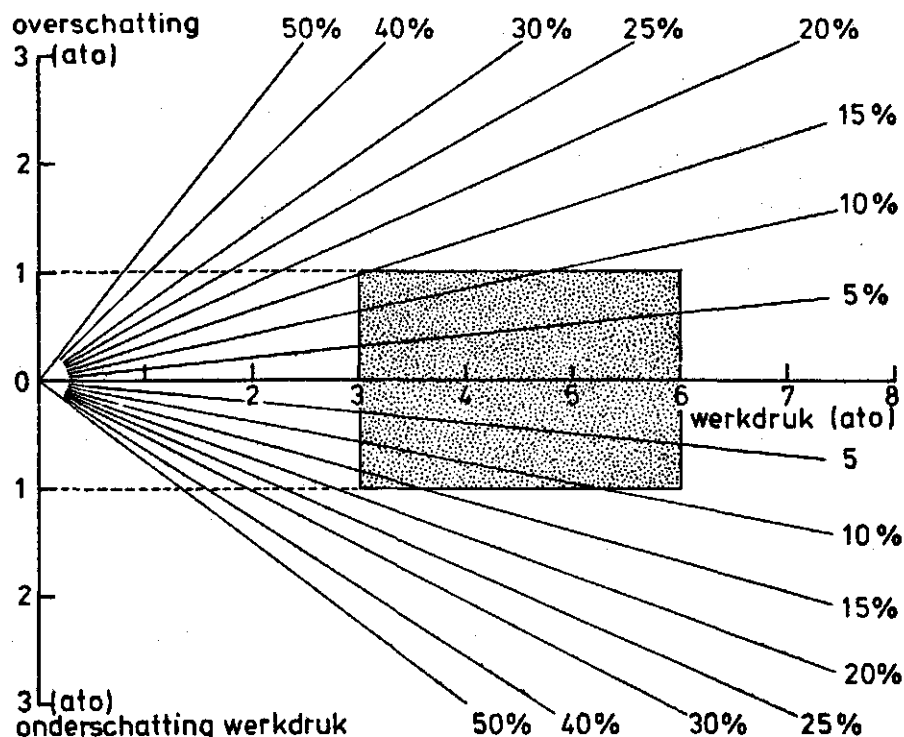


Fig. 15. Procentuele fout bij de debietbepaling in sproeiers in afhankelijkheid van de optredende werkdruk in de sproeiers en de mate van over- c.q. onderschatting van die werkdruk

aanwezige werkdruk wordt bepaald, en anderzijds met de druk die werkelijk in de betreffende sproeier heerst. Voorts blijkt dat de fout in de debietbepaling, die bij een zekere overschatting van de werkdruk ontstaat, procentueel gezien iets kleiner is dan de fout die ontstaat bij eenzelfde mate van onderschatting. Dit laatste komt ook duidelijk tot uiting in Fig. 15. In deze figuur is voor een bepaald traject aan werkdrukken (0 tot 7 ato) in de sproeier de procentuele fout in de debietbepaling aangegeven, welke volgens formule (7) berekend wordt bij een onderschatting of overschatting van de optredende werkdruk met 0 tot 3 ato. Omgekeerd kan in Fig. 15 worden teruggelezen in welke mate de in de sproeier heersende druk mag worden onder- c.q. overschat om binnen voorafgestelde en in de figuur afleesbare grenzen van nauwkeurigheid te blijven.

Het is bekend dat de 'ideale' werkdruk, afhankelijk van de sproeierdiameter en de vormgeving van de sproeier, uiteenloopt van ± 3 tot

± 6 ato. Binnen dit traject treedt, zoals in Fig. 15 speciaal is aangegeven, bij een onder- c.q. overschatting van de werkdruk met 1 ato een fout van 10 tot 20% in de debietbepaling op. (Bedacht dient te worden dat de nauwkeurigheid van de debietbepaling natuurlijk ook afhankelijk is van de nauwkeurigheid, waarmee de contractiecoëfficiënt α en de diameter d van de sproeier wordt vastgesteld.)

Voor een snelle benadering van de debieten bij beregeningsinstallaties kan de besproken methodiek worden aanbevolen, mits enige ervaring is opgedaan.

4.3.3. Meting met opvangbak

Eerder is aangegeven dat de capaciteit van de verschillende beregeningsinstallaties nogal sterk uiteenloopt. Alle hiervoor beschreven meetmethoden zijn geschikt voor het bepalen van zowel grote als kleine debietwaarden. De methode die nu wordt beschreven, is echter om praktische redenen alleen uitvoerbaar bij betrekkelijk kleine sproeiers. Grote sproeiers komen voor deze methode absoluut niet in aanmerking. De kracht van de op te vangen waterstraal doet namelijk bij dergelijke sproeiers te veel opvangproblemen ontstaan.

Voor het uitvoeren van een debietmeting volgens dit systeem moet een vrij ruime flexibele slang over de in bedrijf zijnde sproeier worden geschoven en daarop lekvrij worden vastgeklemd. Wanneer het beregeningswater in een gelijkmatige straal uit de slang stroomt, wordt het uiteinde in een gemakkelijk hanteerbare opvangbak gehangen. Deze bak kan vooraf zijn voorzien van een geijkte inhoudsverdeling waardoor de volumemeting wordt vergemakkelijkt. Op het moment dat de slang in de bak wordt gehangen, start de tijdwaarneming. Deze waarneming stopt op het tijdstip dat een vooraf vastgesteld volume is opgevangen. Beter en meestal nauwkeuriger zal gemeten kunnen worden wanneer het volume wordt gemeten, dat binnen een gemeten tijdsbestek is opgevangen. Het uitvoeren van enkele herhalingen zal de nauwkeurigheid van de meting zeker ten goede komen. Verwacht mag worden dat met deze methodiek, afhankelijk van de omstandigheden, een nauwkeurigheid tussen de 10 en 20% kan worden bereikt.

Uit praktische overwegingen wordt deze methode echter niet aanbevolen. Het klemvast en lekvrij aanbrengen van de slang op een in

bedrijf zijnde sproeier is erg moeilijk te verwezenlijken en daarbij in de meeste gevallen een natte bezigheid. Voorts kan de weerstand in de slang een nogal forse debietreductie veroorzaken. De nauwkeurigheid wordt dan ongemerkt sterk in negatieve zin beïnvloed.

4.3.4. Toepassing kogelbaanprincipe

Volgens BOITEN (1980) bestaat er in principe een overeenkomst tussen de baan welke door een afgeschoten kogel wordt afgelegd en de beweging van de waterdruppels die door een sproeier worden verspoten. Op deze overeenkomst wordt hieronder voortgebouwd.

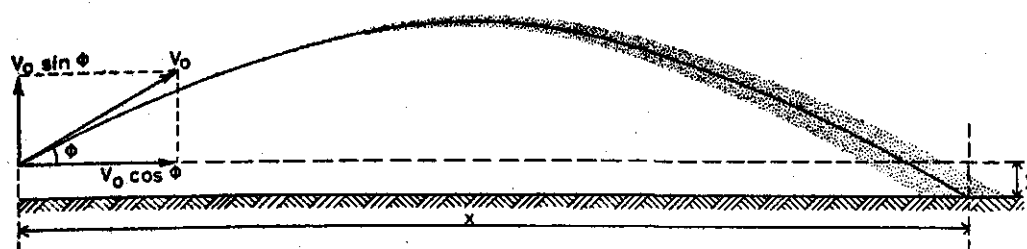


Fig. 16. Schematische weergave van een kogelbaan

Uit de kinematica is bekend dat wanneer een kogel onder een zekere elevatiehoek wordt weggeschoten, deze kogel onder invloed van de zwaartekracht een parabolische baan (kogelbaan) gaat volgen (Fig. 16). De coördinaten van deze kogelbaan kunnen op elk tijdstip worden bepaald met behulp van een tweetal uit de kinematica bekende formules, te weten:

$$x = V_0 t \cos \phi \quad (9)$$

$$y = V_0 t \sin \phi - \frac{1}{2} g t^2 \quad (10)$$

waarin x = afstand, afgelegd in horizontale richting gemeten vanaf het vertrekpunt, in m

y = afstand, afgelegd in verticale richting gemeten vanaf het vertrekpunt, in m

V_0 = beginsnelheid in m.s^{-1}

t = tijd in s

ϕ = elevatiehoek, gemeten ten opzichte van de horizontaal, in graden

g = versnelling van de zwaartekracht in $m.s^{-2}$

Omgekeerd kan met de bovenstaande formules de beginsnelheid V_0 worden teruggerekend als de elevatiehoek en de coördinaten van een bepaald punt van de baan bekend zijn. Opgemerkt moet worden dat deze formules zijn ontwikkeld voor bewegingen in een medium waarin geen weerstanden optreden, zoals bijvoorbeeld in luchtledige ruimten.

In principe kan de waterstraal van een beregeningsinstallatie gedacht worden als een aaneengesloten reeks kogeltjes welke een kogelbaan beschrijven. Voor elke sproeier geldt namelijk dat tijdens de draaiende of zwenkende beweging het water onder een vaste elevatiehoek wordt weggespoten. Deze hoek is vaak op het sproeierlichaam aangegeven. Een punt van de baan waarvan de coördinaten betrekkelijk gemakkelijk kunnen worden bepaald, is de plaats waar de straal het maaiveld bereikt. De worpwiidte x ofwel het sproeibereik kan over het maaiveld worden gemeten. Doordat er enige spreiding in het sproeibereik optreedt, moet hierbij worden uitgegaan van het zwaartepunt van de strook, waarin de waterdruppels op het maaiveld neerkomen. Eventuele windinvloeden moeten worden geëlimineerd. De grootte van de ordinaat y wordt gemeten als zijnde de hoogte waarop de sproeier ten opzichte van het maaiveld is opgesteld. In hoeverre de bovenbeschreven aanpak tot acceptabele resultaten leidt, mag het onderstaande voorbeeld verduidelijken.

Gegevens: een installatie met 1 sproeier, op 0,3 m boven maaiveld, sproeierdiameter = 5,2 mm, $\phi = 22^\circ$, werkdruk = 3,5 ato, heeft een sproeibereik = 16,4 m en een gemeten debiet van $1,89 m^3.uur^{-1}$.

Oplossing: uit formule (9) volgt dat $t = \frac{x}{V_0 \cos \phi}$. Substitutie van deze relatie in (10) geeft:

$$y = V_0 \times \frac{x}{V_0 \cos \phi} \times \sin \phi - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{V_0 \cos \phi} \right)^2 \quad \text{of wel}$$

$$(x \operatorname{tg} \alpha - y) V_0^2 = \frac{gx^2}{2 \cos^2 \alpha} \quad \text{zodat}$$

$$V_0^2 = \frac{gx^2}{2 \cos^2 \alpha (x \operatorname{tg} \alpha - y)}$$

Worden nu de waarden van α , x en y ingevuld dan volgt

$$v_o = \sqrt{\frac{9,81 \times 16,4^2}{2 \cos^2 22^\circ \{16,4 \operatorname{tg} 22^\circ - (-0,3)\}}} = \sqrt{221,44} = 14,88 \text{ m.s}^{-1}$$

Deze berekende waarde voor de beginsnelheid v_o laat een debiet van de sproeier van $Q = \frac{1}{4}\pi d^2 \cdot v_o = \frac{1}{4}\pi \times 0,0052^2 \times 14,88 = 1,14 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ berekenen.

De berekende debietwaarde bedraagt slechts $\frac{1,14}{1,89} \times 100\% = \pm 60\%$ van de gemeten waarde. Berekeningen uitgevoerd met de gegevens van een aantal andere sproeiers met diameters van 4, 6, 10, 11, 20, 24 en 30 mm en opgegeven sproeibereiken van respectievelijk 15,3; 17,3; 24; 25; 44,5; 52,5 en 63 m gaven als resultaat dat de berekende debietwaarden 20 à 50% lager zijn dan de gemeten waarden. De indruk werd verkregen dat naarmate de diameter van en de werkdruk in de sproeier groter zijn, het procentuele verschil tussen de berekende en de gemeten debietwaarden afneemt. Vermoedelijk is de luchtweerstand, waaraan bij de uitgevoerde berekeningen geen aandacht is geschonken, de oorzaak van de optredende verschillen.

Hoe het ook zij, de onnauwkeurigheid van de via deze methode bepaalde debietwaarden is vooralsnog dusdanig groot, dat deze methodiek voorlopig niet voor veldgebruik toepasbaar is. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de besproken methode bijgesteld kan worden.

5. SAMENVATTING

Het toenemende gebruik van oppervlaktewater voor beregening en bevoeiing heeft binnen de waterschappen verschillende problemen doen ontstaan. Als reactie hierop heeft de Unie van Waterschappen de Werkgroep Beregening en Bevoeiing ingesteld. In haar eindrapport heeft deze werkgroep een aantal aanbevelingen geformuleerd voor het opvangen en voorkomen van deze problemen. Daarbij wordt onder meer aangegeven dat het gewenst kan zijn om de onttrekkingsdebieten van beregings- en bevoeiingsinstallaties te meten. In aansluiting daarop is in deze nota een overzicht gegeven van die meetmethoden die bij de bepaling van het onttrekkingsdebiet kunnen worden toegepast. Bij het samenstellen

van dit overzicht is het feit dat de metingen onder veldomstandigheden moeten worden uitgevoerd van grote invloed geweest. Aan de nauwkeurigheid zijn daarom minder strenge eisen gesteld. Zodoende worden er alleen eenvoudige en bedrijfszekere methoden besproken, waarvoor slechts weinig hulpmiddelen gebruikt hoeven te worden.

Twee van de geschikt geachte methoden zijn gebaseerd op het gebruik van meetinstrumenten in de buisleiding van een installatie en dan bij voorkeur in de persleiding. Het betreft hier de toepassing van watermeters en venturimeters. Bij gebruik van een watermeter zal het debiet in de regel binnen 5% nauwkeurig worden vastgesteld; bij gebruik van een venturimeter zal tussen de 5 en 10% nauwkeurig worden gemeten. De kosten van de benodigde meter (inclusief hulpmiddelen) worden bij het gebruik van een watermeter geschat op f 750 tot f 1500 en bij het gebruik van een venturimeter op f 100 tot f 500 per stuk.

De coördinatenmethode is een methode die kan worden toegepast bij vrij uitstromende buisleidingen. Zij is dus alleen geschikt voor debietbepalingen bij bevoeiingsinstallaties. Met behulp van deze methode is het mogelijk om het debiet af te leiden uit de afbuiging van een waterstraal uit een horizontaal liggende of uit de spuithoogte van een vertikaal opgestelde buis. Het onttrekkingsdebiet zal met deze methode tot op 10 à 15% nauwkeurig worden bepaald. De kosten van de benodigde hulpmiddelen worden geschat op circa f 200.

Het onttrekkingsdebiet kan ook worden afgeleid uit de pompkarakteristiek van de ingeschakelde pomp. Hierbij zijn gegevens nodig over het toerental, de aanzuighoogte en de persdruk van de pomp. Er kan een redelijke mate van nauwkeurigheid worden bereikt. In de praktijk zal deze methode echter slechts in een beperkt aantal gevallen kunnen worden toegepast.

Bij beregeningsinstallaties kan het onttrekkingsdebiet ook worden bepaald met gegevens omtrent de waterdruk in en vormgeving van de sproeiers. Wanneer wordt uitgegaan van een geschatte sproeierdruk zal het debiet tot op 10 à 20% nauwkeurig worden bepaald. Indien de sproeierdruk is gemeten zal een nauwkeurigheid van 5 tot 15% worden bereikt. De kosten van een manometer (inclusief hulpmiddelen) die geschikt is voor het meten van sproeierdrukken bedragen ongeveer f 75 à f 100.

Bij kleine beregeningsinstallaties is het mogelijk om de water-

straal uit een sproeier in een bak op te vangen. Door naast de opvangen hoeveelheid water ook de bijbehorende tijd te meten kan het sproeierdebiet worden vastgesteld. De nauwkeurigheid, waarmee het onttrekkingsdebiet op deze wijze wordt vastgelegd, is matig.

Naast de bovengenoemde bepalingswijzen zijn in de nota nog een tweetal methoden behandeld. Deze zijn momenteel echter nog niet voldoende ontwikkeld, maar komen mogelijk in de nabije toekomst wel voor toepassing in aanmerking.

LITERATUUR

- BAARS, C., 1971. Ontwerpen van regeninstallaties. Landbouwhogeschool, Afd. Weg- en Waterbouwkunde en Irrigatie. Wageningen.
- BOITEN, W., 1979. Debietmeting uit drainage-buizen. Literatuuronderzoek naar meetprincipes en hun toepassing. Waterloopkundig Laboratorium, Delft, S 170-V.
- BOITEN, W., 1980. Persoonlijke mededeling.
- Discharge Measurement Structures. Editor: BOS, M.G., 1976. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI. Wageningen. Publication 20.
- LIEFTINK, D.A., 1978. Merkenonderzoek haspelinstallaties. Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen/IMAG, Wageningen. Publikatie 113.
- LIEFTINK, D.A., 1978. Merkenonderzoek aftakaspompen. Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen/IMAG, Wageningen. Publikatie 114.
- MISES, R. VON, 1917. Berechnung von Ausfluss- und Ueberfallzahlen. Zeitschr. des Vereines deutscher Ingenieure. Straszburg. Band 61 nr. 21, 22 und 23.
- NORTIER, I.W. en H. VAN DER VELDE, 1968. Hydraulica voor waterbouwkundigen. Techn. Uitg. H. Stam nv, Culemborg.
- TIENSTRA, H., 1980. Grondwater in Overijssel, berekening 1979. Provinciale Waterstaat Overijssel, Zwolle.
- Technische informatie watermeters, sproeiers, manometers, etc.: Meterfabriek Schlumberger, Dordrecht; Perrot Ede bv, Ede; Van Rossum bv, Papendrecht; Techn. Bureau v/h W.A. Brinks en Zn., Amersfoort.