



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN **UR**

SECTIE WATERHUISHOUDING

Meetschotten Bargerveen

Ontwerp, constructie en ijking

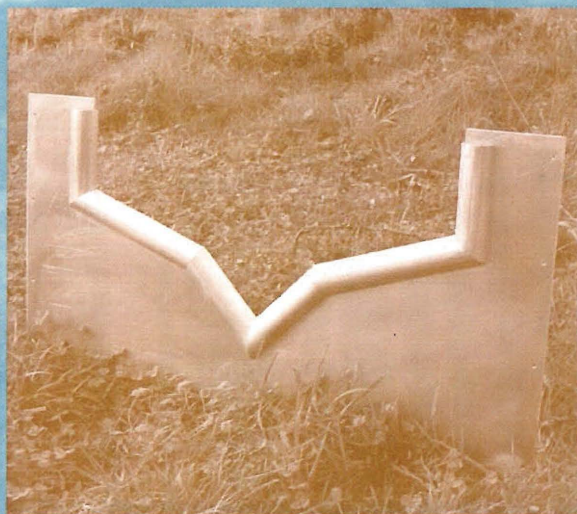
W. Boiten, A. Dommerholt
en J. Römelingh

OPDRACHTGEVER:



Rapport 120

maart 2004



Meetschotten Bargerveen

Ontwerp, constructie en ijking

W. Boiten, A. Dommerholt en J. Römelingh

Rapport 120

Sectie Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11
6709 PA Wageningen
Internet: www.dow.wau.nl/whh

ISSN 0926-230X

INHOUD

Lijst van figuren, tabellen en fotobladen

Lijst van symbolen en eenheden

1.	Inleiding	1
2.	Bargerveen	2
3.	Ontwerp en constructie meetschotten	4
4.	Ijking van de basisontwerpen A, B, C en D	8
5.	Meetnauwkeurigheid bij metingen in het veld	16
6.	Te verwachten overstorthoogtes bij de ontwerp debieten	18
7.	Nulpuntsbepaling	19
8.	Resumé en aanbevelingen	21
	Literatuur	22

<i>Fotobladen</i>	23
-------------------	----

Annexen

I	Metingen en analyse, ontwerpen A, C en D voor $h_1 \leq 0,105$ m	25
II	Metingen en analyse, ontwerp A	26
III	Metingen en analyse, ontwerp B	27
IV	Metingen en analyse, ontwerp C	28
V	Metingen en analyse, ontwerp D	29

Lijst van figuren, tabellen en fotobladen

Figuren

1. Ligging van de kades en de daarin geplande stuwputten
2. Het basis ontwerp A
3. De basis ontwerpen B, C en D
4. Afvoerrelatie voor de ontwerpen A, C en D in het bereik $h_1 < \text{ca. } 0,105 \text{ m}$
5. Afvoerrelatie ontwerp A met regressieformules
6. Afvoerrelatie ontwerp B met regressieformules
7. Afvoerrelatie ontwerp C met regressieformules
8. Afvoerrelatie ontwerp D met regressieformules
9. C_D -waarden voor meetschot ontwerp A
10. C_D -waarden voor meetschot ontwerp B
11. De meetfout X_Q als functie van h_1 en δ_h
12. Nulpuntsbepaling volgens ISO 8333
13. Alternatieve nulpuntsbepaling

Tabellen

- I De ontwerpafvoeren voor de 12 meetlocaties
- II Overzicht van de gekozen vier basis ontwerpen en de geschatte overstorthoogtes h_1
- III De meetfout X_Q bij de 10% afvoer
- IV Geijkte overstorthoogtes h_1 bij de drie ontwerp debieten
- V De afstanden a voor alle 13 meetschotten

Fotobladen

- I De vier ontwerpen
- II IJking ontwerp D

Lijst van symbolen en eenheden

a	verticale afstand op het meetschot t.b.v. de nulpuntsbepaling	m
B	breedte van het rechthoekige bovengedeelte van het meetschot	m
C_D	karakteristieke afvoercoëfficiënt meetschot	m
d	buisdiameter half cirkelvormige afronding binnenrand meetschot	m
g	versnelling van de zwaartekracht	m/s ²
h_1	overstorthoogte, bovenwaterstand t.o.v. de kruin	m
H_B	hoogte van het driehoekige gedeelte van het meetschot	m
Q	debiet	m ³ /s
R	straal bovenstroomse afronding van de kruin, $R = 0,5 d$	m
X_C	onzekerheid in C_D	%
X_h	toevallige fout in h_1	%
X_Q	onzekerheid (meetfout) in Q	%
α	openingshoek, basishoek V-vorm	graden
δ_{h_i}	absolute toevallige fout in h_1	m

1. Inleiding

Op 14 oktober 2003 verleende het waterschap Velt en Vecht per brief 2638/u/O en R/hbr/2003 opdracht aan de Sectie Waterhuishouding van de Wageningen Universiteit tot het construeren en ijken van een aantal meetschotten ten behoeve van afvoermetingen in het Bargerveen.

Deze opdracht werd verstrekt naar aanleiding van een offerteversoek, kenmerk 1411u/BS/tm/2003, van het waterschap op 11 juni 2003, en conform de daarop volgende offerte, kenmerk 03 141 WB/hw, van de Wageningen Universiteit op 5 augustus 2003.

De werkzaamheden hielden het volgende in:

- advies om te komen tot vier maatgevoerde ontwerpen A, B, C en D gebaseerd op een door de Grontmij voorgestelde concept vormgeving voor 12 meetlocaties, de door de Grontmij verstrekte ontwerp debieten, en de daarbij behorende maximale gewenste overstorthoogtes. Dit heeft na veel tussentijds overleg geleid tot de volgende vier ontwerpen voor de 12 OV meetlocaties:
 - ontwerp A voor OV2, OV4, OV6, OV7, OV8 en OV9
 - ontwerp B voor OV3 en OV5
 - ontwerp C voor OV10
 - ontwerp D voor OV1 (2 stuks), OV13 en OV14
- de constructie van 13 meetschotten, waarvan de buitenmaten zijn vastgesteld tijdens een overleg op 7 oktober 2003 met de leverancier van de stuwputten, Synthesis te Dronten, die de meetschotten in de gewenste frames plaatst.
- het ijken van de vier basis ontwerpen A, B, C en D in het hydraulica laboratorium, met het doel om voor elk van de vier ontwerpen een betrouwbare afvoerrelatie te verkrijgen.

De opdracht is uitgevoerd door de heren W. Boiten (offerte, ontwerp en eindrapportage), J. Römelingh (constructie) en A. Dommerholt (ijking en rapportage). Zij zien met voldoening terug op de goede samenwerking tijdens allerlei vormen van overleg met de volgende heren:

- Th. de Meij en H. Brink van het Waterschap Velt en Vecht, Coevorden
- J. van Roon van de Dienst Landelijk Gebied, DLG Assen
- R. Bosker en B. de Greeff van de Grontmij, Vestiging Drenthe
- P. Ursem van Staatsbosbeheer, SBB Zwartemeer
- R. Venema en A. de Puy van Synthesis B.V. te Dronten

2. Bargerveen

"In het uiterste zuidoosten van Drente, tegen de Duitse grens, ligt het hoogveenreservaat Bargerveen. Het is het grootste restant van het Bourtangermoeras, dat ooit grote delen van Oost-Drenthe, Oost-Groningen en aangrenzend Duitsland bedekte. In de negentiende eeuw werden kanalen en wijken gegraven om het veen te ontwateren. Delen van het Bargerveen zijn gespaard gebleven voor grootschalige vervening.

In 1968 kocht het rijk de eerste hectares natuurreservaat in het Bargerveen. In 1995 werd de inrichting van het inmiddels 2000 ha grote natuurreservaat voltooid. Deze inrichting heeft vooral als doel, uiteindelijk weer een levend hoogveen te krijgen dat uit zichzelf aangroeit. Dat kan alleen onder natte omstandigheden. Daartoe heeft Staatsbosbeheer in de periode 1970-1998 veertig kilometer dammen van het ondoorlatend zwartveen aangelegd om zoveel mogelijk regenwater vast te houden. Het peil van het grondwater is meters verhoogd, terwijl tientallen kilometers sloten en greppels zijn gedempt". (Staatsbosbeheer, 2000)

In een aantal kades van de Bargerveen bekkens zullen *overlaatconstructies* worden geïnstalleerd, om tot een goed functionerend afvoer- en bergingssysteem te komen. Met behulp hiervan zal worden getracht het natuurlijk afvoerverloop vanuit een hoogveengebied zo goed mogelijk te benaderen. De constructies bestaan uit stuwputten, aan de instroomzijde voorzien van een stapeling schotbalken. De bovenste schotbalk krijgt een zodanige vormgeving, dat ze geschikt is als meetschot.

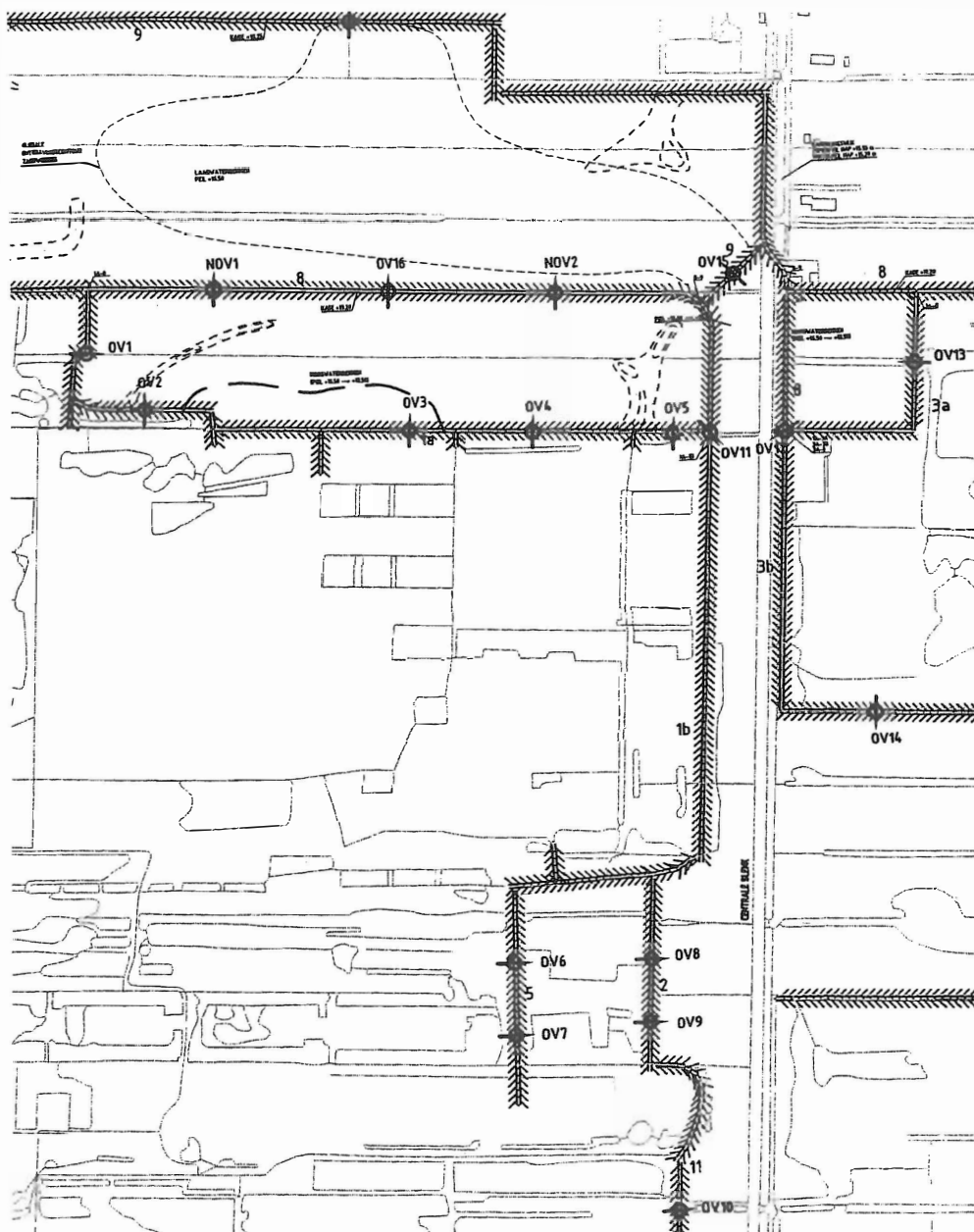
De vormgeving zal voldoen aan de eis dat de opstuwing (de maximale overstorthoogte) voor drie opeenvolgende afvoersituaties aan een maximum waarde is geboden:

afvoer situatie		maximale overstorthoogte h_1 (m)
lage afvoeren	10% maatgevende afvoer	0,100 (streefpeil)
hoge afvoeren	1 maal per jaar afvoer	0,175
top afvoer	1 maal per 100 jaar afvoer	0,250

In totaal gaat het om 12 meetlocaties OV1 t/m OV10, OV13 en OV14.

Het Basisplan Bargerveen (Bosker, 2003) geeft uitgebreide informatie over de inrichting en de uitvoeringsmaatregelen, inclusief een overzicht van de 12 stuwputten en de afvoersituatie per stuwput, en een eerste aanzet tot de vormgeving van de meetschotten.

Figuur 1 geeft de ligging van de kades en de daarin geplande stuwputten.



Figuur 1 Ligging van de kades en de daarin geplande stuwputten

3. Ontwerp en constructie meetschotten

In het Basisplan Bargerveen is door de Grontmij een concept vormgeving voorgesteld voor de meetschotten op de 12 locaties OV1 t/m OV10, OV13 en OV14. Voor deze 12 meetlocaties golden 9 verschillende ontwerp afvoeren.

Tabel I geeft hiervan een overzicht.

stuwput/ meetschot	oppervlakte bekken (ha)	ontwerp afvoeren Q (10^{-3} m ³ /s)		
		10% maatgev. afv.	éénmaal per jaar	éénmaal per 100 jaren
OV1	125,5	8,8	117,1	264,2
OV2	20,2	1,4	18,8	42,6
OV3	8,6	0,6	8,0	18,1
OV4	15,7	1,1	14,7	33,0
OV5	7,2	0,5	6,7	16,8
OV6/OV7	36,1	1,3	16,8	38,0
OV8/OV9	5,6	1,5	19,5	43,9
OV10	30,5	2,1	28,5	64,2
OV13/OV14	61,0	4,3	56,9	128,4

Tabel I De ontwerp afvoeren voor de 12 meetlocaties

De Grontmij komt in het Basisplan tot 7 verschillende ontwerpen (combineren van OV2 met OV8/OV9 én van OV3 met OV5).

Tijdens het overleg op 4 juni wordt het volgende overeengekomen:

- de binnenranden van de meetschotten zullen halfcirkelvormig worden afgerond (voorkomt ophoping van vuil), waardoor enige gelijkenis met de Rossum overlaat ontstaat;
- Wageningen Universiteit zal nagaan of door het ijken van 3 à 4 meetschotten, de afvoerrelaties van alle 7 meetschotten kunnen worden opgesteld;
- voor de afvoersituaties geldt – gezien de grote peilverschillen – ongestuwde afvoer.

Tijdens het overleg op 27 juni wordt het volgende vastgesteld:

- het is toch lastig, de afvoerrelaties van niet geijkte meetschotten af te leiden uit die van de wel geijkte;
- enige uniformiteit in de maatvoering is zeer gewenst, met onder meer alle V's 0,10 m hoog en alle basishoeken $\alpha = 90^\circ$;
- de Grontmij zal de nieuwe breedtes van de stuwputten en de schotbalken vaststellen;
- Wageningen Universiteit zal daarna offreren voor de constructie van de meetschotten zonder frame (de frames zullen worden aangebracht door de leverancier van de stuwputten) en het ijken van drie of vier basis ontwerpen.

Op 25 juli stuurt de Grontmij een herziene opzet voor drie basis ontwerpen, gebaseerd op standaardbreedtes (meetschot + frame) van 0,50 m, 0,70 m en 1,20 m en een standaardhoogte van 0,45 m voor alle ontwerpen.

Uit deze herberekening bleek echter niet dat de binnenranden halfcirkelvormig waren afgerond (hetgeen onder meer consequenties had voor de breedtematen)

Op 31 juli presenteert Wageningen Universiteit vier basis ontwerpen A, B, C en D. De binnenranden half halfcirkelvormig afgerond met $d = 0,050$ m, waarmee de doorstroom-openingen naar vorm en grootte vastliggen. De buitenmaten van de vier ontwerpen zijn nog niet definitief (in afwachting van overleg met de leverancier van de stuwputten).

Tevens zijn voor alle meetlocaties de overstorthoogtes h_1 geschat bij de drie ontwerp afvoeren. In de meetlocatie OV1 (het grootste bekken) is gekozen voor twee naast elkaar te plaatsen stuwputten, omdat bij de keuze voor één stuwput de framebreedte meer dan 2 meter zou worden.

Tabel II geeft een overzicht van de gekozen vier basis ontwerpen en de geschatte overstorthoogtes h_1 .

stuwput meetschot	basis ontwerp	10% afvoer		éénmaal per jaar		éénmaal per 100 jaren	
		Q ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)	h_1 (m)	Q ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)	h_1 (m)	Q ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)	h_1 (m)
OV1	D (2x)	4,4	0,095	58,6	0,180	132,1	0,246
OV2	A	1,4	0,060	18,8	0,170	42,6	0,235
OV3	B	0,6	0,057	8,0	0,162	18,1	0,224
OV4	A	1,1	0,054	14,7	0,154	33,0	0,213
OV5	B	0,5	0,054	6,7	0,151	15,2	0,209
OV6/OV7	A	1,3	0,058	16,8	0,162	38,0	0,225
OV8/OV9	A	1,5	0,061	19,5	0,172	43,9	0,239
OV10	C	2,1	0,071	28,5	0,180	64,2	0,236
OV13/OV14	D	4,3	0,094	56,9	0,178	128,4	0,243
maximaal gewenste h_1			0,100		0,175		0,250

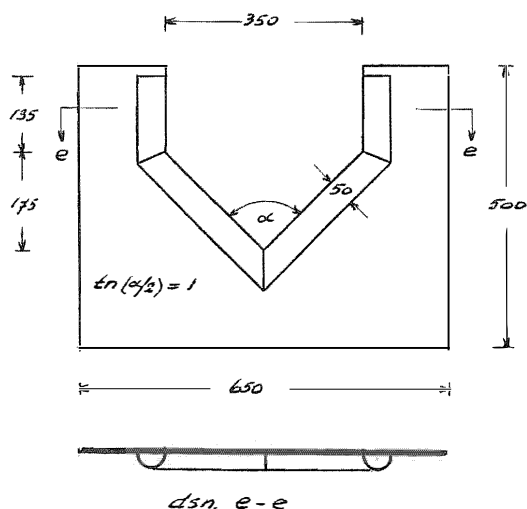
Tabel II Overzicht van de gekozen vier basis ontwerpen en de geschatte overstorthoogte h_1

De overstorthoogtes h_1 zijn berekend met de afvoerformules, die ook worden gebruikt bij de Rossum stuw, en waarbij de afvoercoëfficiënt is geschat op $C_D = 1,25$ voor $\alpha \geq 90^\circ$ en $C_D = 1,20$ voor $\alpha < 90^\circ$.

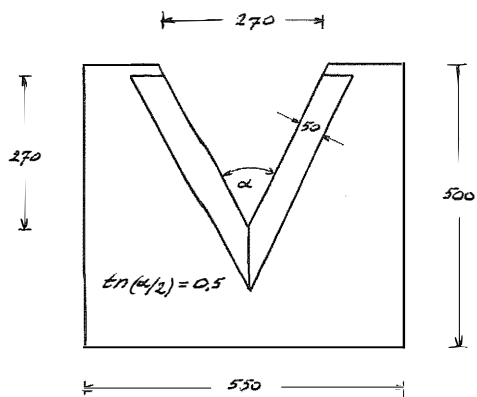
Op 5 augustus vond de offerte plaats voor de constructie van 13 meetschotten en het ijkken van de basisontwerpen A, B, C en D.

basisonwerp	breedte (m)	hoogte (m)
A	0,650	0,500
B	0,550	0,500
C	0,950	0,500
D	1,250	0,500

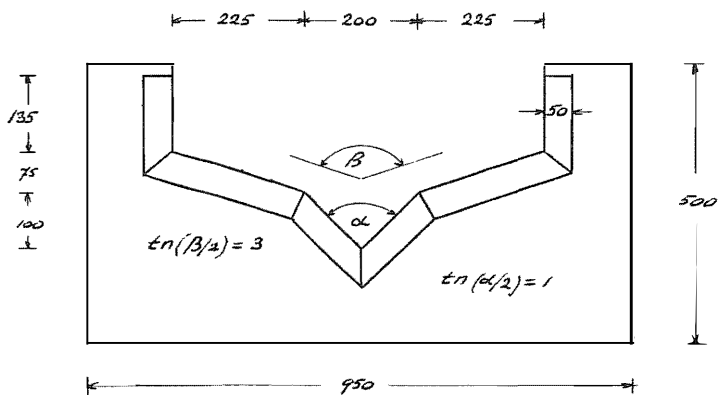
Figuur 3 geeft de basis ontwerpen B, C en D.



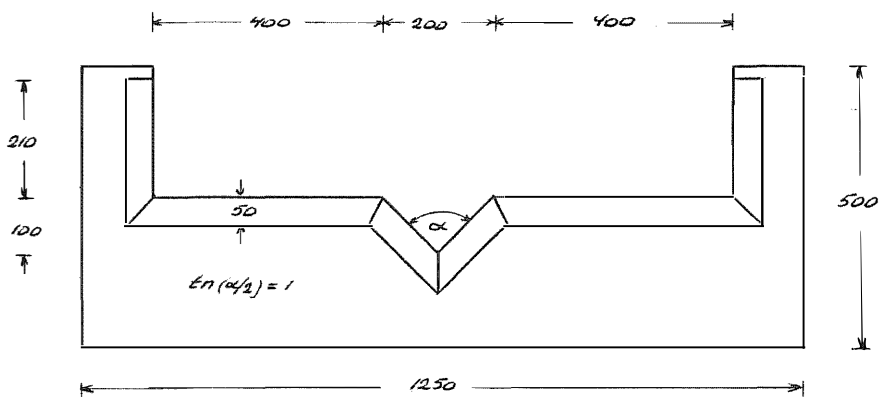
Figuur 2 Het basis ontwerp A



Ontwerp B OV3 OV5



Ontwerp C OV10



Ontwerp D OV1 (2 maal) OV13 OV14

Figuur 3 De basis ontwerpen B, C en D

4. IJking van de basisontwerpen A, B, C en D.

Voor de ijking van de meetschotten waren deze opgesteld aan het eind van een modelgoot van ruime afmetingen, zodat geen effecten van een smal aanstroomkanaal konden optreden. Van de ontwerpen A, C en D is steeds één exemplaar doorgemeten. Van het ontwerp B zijn beide exemplaren doorgemeten, om vast te stellen of er eventueel kleine verschillen in de afvoerrelatie waren te constateren. Deze zouden o.a. namelijk kunnen voortvloeien uit de nulpuntsbepaling van de peilnaald voor de meting van de overstorthoogte h_1 . Vooral bij de relatief kleine tophoek van dit ontwerp luistert de nulpuntsbepaling zeer nauw.

De debieten $> 3,0$ l/s zijn gemeten met een elektromagnetische flowmeter, waarvan de maximale fout $X_Q < 1\%$ bedraagt. De debieten van $0,3 - 3,0$ l/s zijn gemeten met een zogenaamde Full View Rotameter waarvan de maximale fout X_Q varieert van ca. 3% ($0,3$ l/s) – 1% ($3,0$ l/s). De waterstand is gemeten op een afstand van ca. $1,30$ m met behulp van een peilnaald, waardoor de absolute fout in de bepaling van de waterhoogte, inclusief de nulpuntsbepaling, beperkt blijft tot ca. $\delta h = 0,0005$ m.

De vastgestelde afvoerrelaties zullen als volgt worden gepresenteerd:

- Voor de ontwerpen A, C en D zal voor het driehoekig profiel ($\alpha = 90^\circ$) met een hoogte van $0,10$ m, één afvoerrelatie worden gegeven.
- Alle afvoerrelaties zullen worden gegeven als 3e-graads polynomen, waarbij het gehele meetbereik afhankelijk van het type meetschot, in verschillende trajecten wordt verdeeld.
- Voor de ontwerpen A en B is het, in tegenstelling tot de ontwerpen C en D, mogelijk, om een redelijk eenvoudige theoretische afvoerformule op te stellen met daarin een karakteristieke afvoercoëfficiënt C_D . Deze formules zijn ook gebruikt om een eerste schatting van de te verwachten overstorthoogtes te maken (hoofdstuk 3). Voor de volledigheid zullen de gevonden C_D -waarden in de annex worden vermeld.

a.

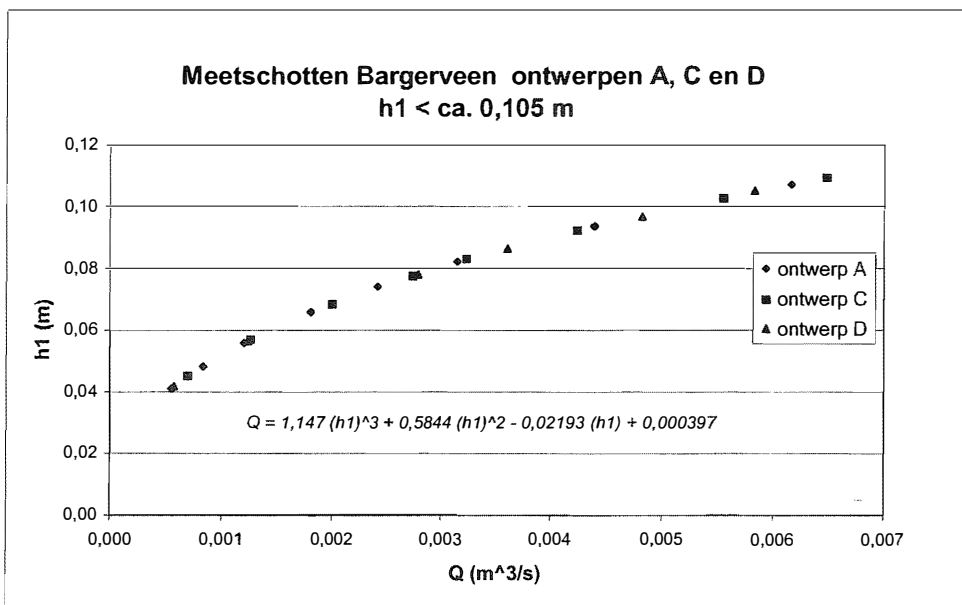
De uitgevoerde metingen aan de ontwerpen A, C en D voor ca. $0,04 \text{ m} < h_l < \text{ca. } 0,105 \text{ m}$ zijn grafisch weergegeven in figuur 4.

De relatie tussen Q en h_l kan goed worden beschreven met de 3e-graads polynoom:

$$Q = 1,147 (h_l)^3 + 0,5844 (h_l)^2 - 0,02193 (h_l) + 0,000397 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

De grootste afwijking tussen het gemeten debiet en het met de regressieformule berekende debiet bedraagt 1,5%.

De meetcijfers zijn vermeld in Annex I



Figuur 4 Afvoerrelatie voor de ontwerpen A, C en D in het bereik $h_l < \text{ca. } 0,105 \text{ m}$.

b.

Ontwerp A

De uitgevoerde metingen aan het ontwerp A voor ca. $0,04 \text{ m} < h_I < \text{ca. } 0,31 \text{ m}$ zijn grafisch weergegeven in figuur 5.

De relatie tussen Q en h_I kan goed worden beschreven met de 3e-graads polynomen:

Voor $0,04 < h_I \leq 0,107 \text{ m}$:

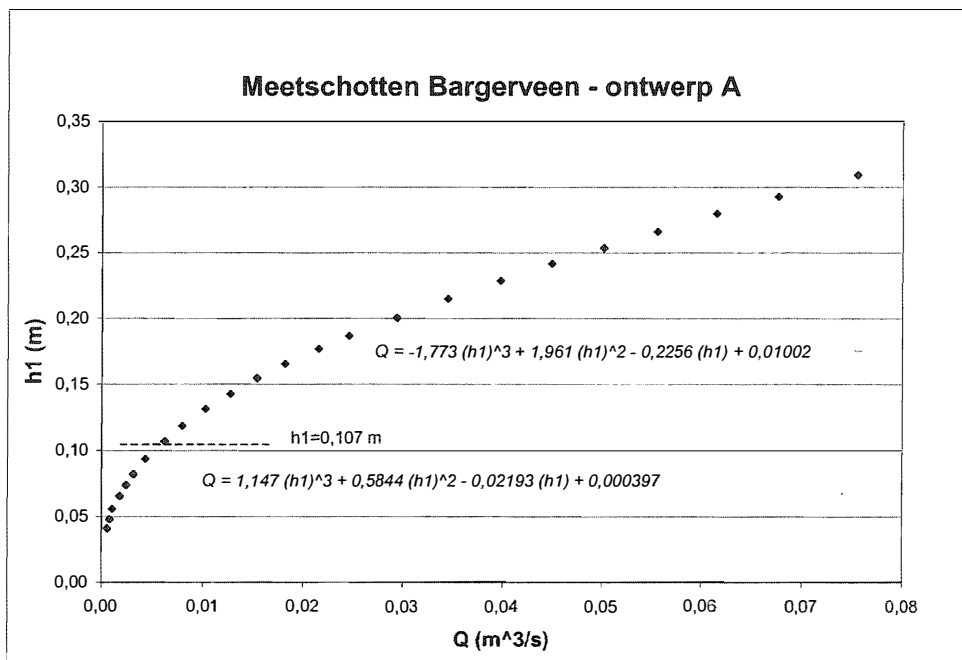
$$Q = 1,147 (h_I)^3 + 0,5844 (h_I)^2 - 0,02193 (h_I) + 0,000397 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Voor $0,107 \leq h_I < 0,31 \text{ m}$:

$$Q = -1,773 (h_I)^3 + 1,961 (h_I)^2 - 0,2256 (h_I) + 0,01002 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

De grootste afwijking tussen het gemeten debiet en het met de regressieformule berekende debiet is $< 1,0\%$.

De meetcijfers zijn vermeld in Annex II



Figuur 5 Afvoerrelatie ontwerp A met regressieformules

Ontwerp B

De uitgevoerde metingen aan het ontwerp B voor ca. $0,044 \text{ m} < h_l < \text{ca. } 0,27 \text{ m}$ zijn grafisch weergegeven in figuur 6. De metingen aan de beide exemplaren blijken zeer goed met elkaar overeen te komen.

De relatie tussen Q en h_l kan goed worden beschreven met de 3e-grads polynomen:

Voor $0,044 < h_l \leq 0,091 \text{ m}$:

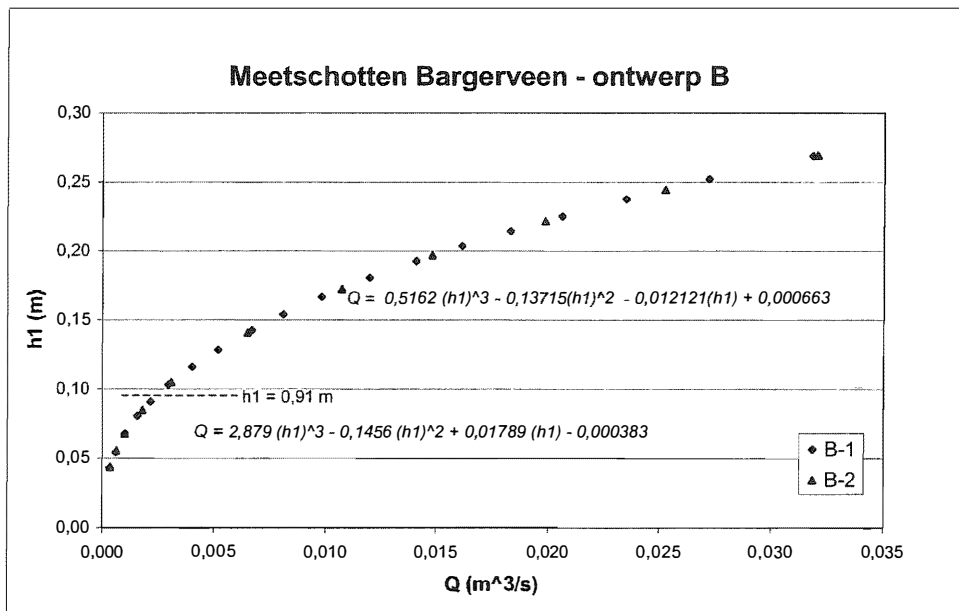
$$Q = 2,879 (h_l)^3 - 0,1456 (h_l)^2 + 0,01789 (h_l) - 0,000383 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Voor $0,091 \leq h_l < 0,27 \text{ m}$:

$$Q = 0,5162 (h_l)^3 + 0,3715 (h_l)^2 - 0,02121 (h_l) + 0,000663 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

De grootste afwijking tussen het gemeten debiet en het met de regressieformule berekende debiet is $< 0,5\%$.

De meetcijfers zijn vermeld in Annex III.



Figuur 6 Afvoerrelatie ontwerp B met regressieformules

Ontwerp C

De uitgevoerde metingen aan het ontwerp C voor ca. 0,04 m < h_1 < ca. 0,31 m zijn grafisch weergegeven in figuur 7.

De relatie tussen Q en h_1 kan goed worden beschreven met de 3e-graads polynomen:

Voor $0,04 < h_1 \leq 0,109$ m:

$$Q = 1,147 (h_1)^3 + 0,5844 (h_1)^2 - 0,02193 (h_1) + 0,000397 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Voor $0,109 < h_1 \leq 0,182$ m:

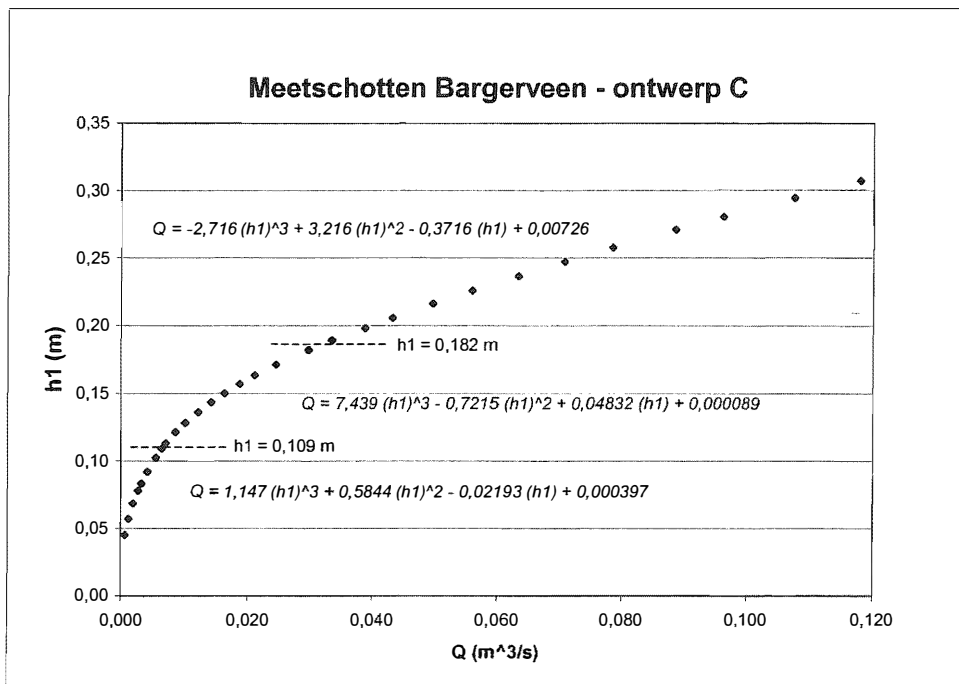
$$Q = 7,439 (h_1)^3 - 0,7215 (h_1)^2 + 0,04832 (h_1) + 0,000089 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Voor $0,182 \leq h_1 < 0,31$ m:

$$Q = -2,716 (h_1)^3 + 3,216 (h_1)^2 - 0,3716 (h_1) + 0,00726 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

De grootste afwijking tussen het gemeten debiet en het met de regressieformule berekende debiet is < 0,5%.

De meetcijfers zijn vermeld in Annex IV.



Figuur 7 Afvoerrelatie ontwerp C met regressieformules

Ontwerp D

De uitgevoerde metingen aan het ontwerp D voor ca. $0,04 \text{ m} < h_l < \text{ca. } 0,26 \text{ m}$ zijn grafisch weergegeven in figuur 8.

De relatie tussen Q en h_l kan goed worden beschreven met de 3e-graads polynomen:

Voor $0,04 < h_l \leq 0,105 \text{ m}$:

$$Q = 1,147 (h_l)^3 + 0,5844 (h_l)^2 - 0,02193 (h_l) + 0,000397 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Voor $0,105 < h_l \leq 0,132 \text{ m}$:

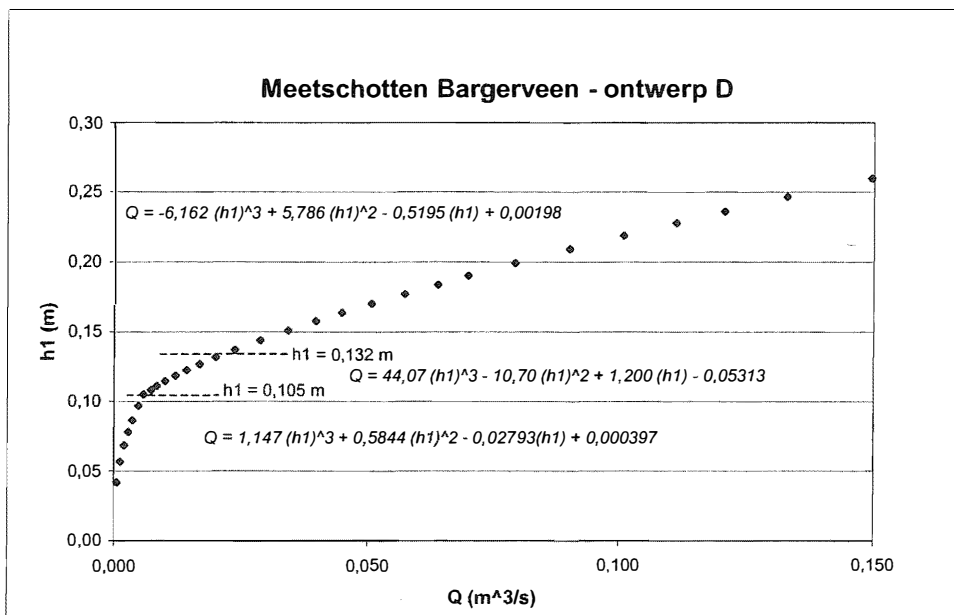
$$Q = 44,07 (h_l)^3 - 10,70 (h_l)^2 + 1,200 (h_l) - 0,05313 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Voor $0,132 \leq h_l < 0,26 \text{ m}$:

$$Q = -6,162 (h_l)^3 + 5,786 (h_l)^2 - 0,5195 (h_l) + 0,00198 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

De grootste afwijking tussen het gemeten debiet en het met de regressieformule berekende debiet is $< 1,0\%$, behalve in een klein traject van ca. $0,105 < h_l < \text{ca. } 0,11 \text{ m}$. In dit traject begint het water net over het horizontale gedeelte te stromen en blijft de straal in het begin "kleven" aan de benedenstroomse zijde van het meetschot.

De meetcijfers zijn vermeld in Annex V.



Figuur 8 Afvoerrelatie ontwerp D met regressieformules

In onderstaand overzicht zijn alle regressieformules voor de verschillende typen meetschotten nog eens samengevat.

ontwerp	meetbereik h_I (m)	regressieformule Q (m ³ /s)
A	0,040 – 0,107	$Q = 1,147 (h_I)^3 + 0,5844 (h_I)^2 - 0,02193 (h_I) + 0,000397$
A	0,107 – 0,310	$Q = -1,773 (h_I)^3 + 1,961 (h_I)^2 - 0,2256 (h_I) + 0,01002$
B	0,044 – 0,091	$Q = 2,879 (h_I)^3 - 0,1456 (h_I)^2 + 0,01789 (h_I) - 0,000383$
B	0,091 – 0,270	$Q = 0,5162 (h_I)^3 + 0,3715 (h_I)^2 - 0,02121 (h_I) + 0,000663$
C	0,040 – 0,109	$Q = 1,147 (h_I)^3 + 0,5844 (h_I)^2 - 0,02193 (h_I) + 0,000397$
C	0,109 – 0,182	$Q = 7,439 (h_I)^3 - 0,7215 (h_I)^2 + 0,04832 (h_I) + 0,000089$
C	0,182 – 0,310	$Q = -2,716 (h_I)^3 + 3,216 (h_I)^2 - 0,3716 (h_I) + 0,00726$
D	0,040 – 0,105	$Q = 1,147 (h_I)^3 + 0,5844 (h_I)^2 - 0,02193 (h_I) + 0,000397$
D	0,105 – 0,132	$Q = 44,07 (h_I)^3 - 10,70 (h_I)^2 + 1,200 (h_I) - 0,05313$
D	0,132 – 0,260	$Q = -6,162 (h_I)^3 + 5,786 (h_I)^2 - 0,5195 (h_I) + 0,00198$

c.

Voor de meetschotten ontwerp A en B kunnen via theoretische weg afvoerformules worden afgeleid. In deze formules komt voor gebruik in de praktijk een karakteristieke afvoercoëfficiënt C_D voor. Deze coëfficiënt is vooral afhankelijk van de vormgeving van de overstortrand van de overlaat. In dit geval dus de bovenstroomse afronding en de diameter daarvan.

De afvoerformules luiden als volgt:

Ontwerp A en B (driehoekig profiel):

$$Q = (4/5)^{5/2} \cdot (g/2)^{1/2} \cdot \tan(\alpha/2) \cdot C_D \cdot (h_I)^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Ontwerp A (voor $h_I > \text{ca. } 0,20 \text{ m}$):

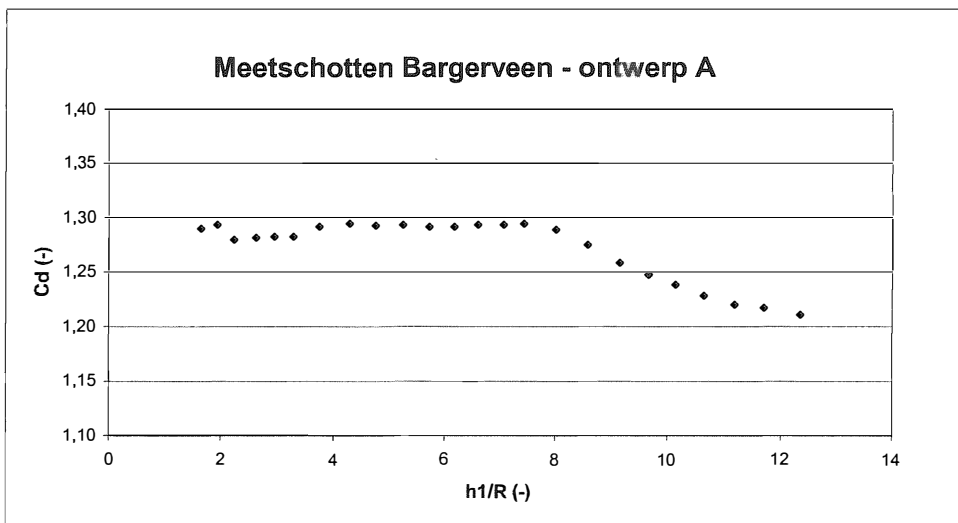
$$Q = (2/3)^{3/2} \cdot g^{1/2} \cdot B \cdot C_D \cdot (h_I - 0,5H_B)^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Waarin:

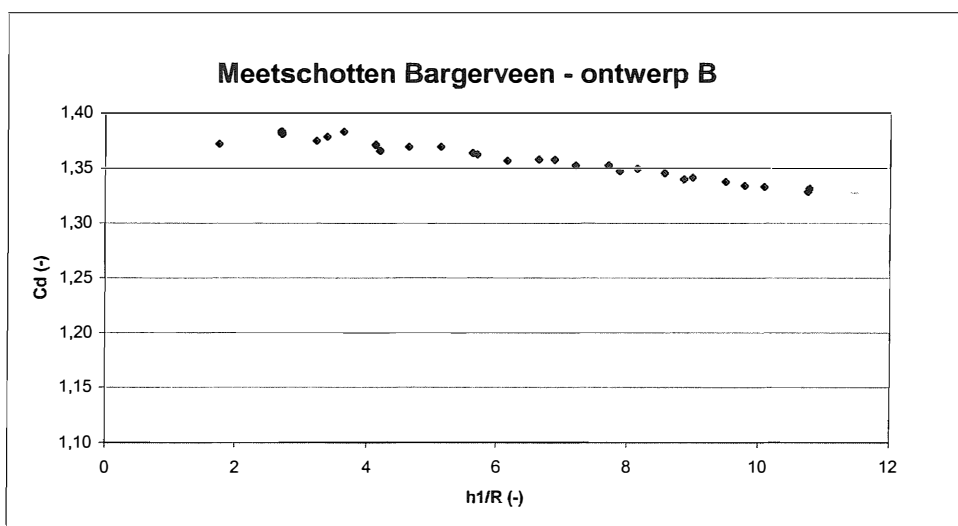
- Q = debiet (m³/s)
- g = versnelling van de zwaartekracht (= 9,81 m/s²)
- α = basishoek van het meetschot (°)
- C_D = karakteristieke afvoercoëfficiënt (-)
- B = breedte van het rechthoekige gedeelte van het meetschot (m)
- h_I = overstorthoogte (m)
- H_B = hoogte van het driehoekige gedeelte van het meetschot (m)

In figuur 9 zijn de aldus berekende C_D -waarden voor ontwerp A uitgezet tegen een dimensieloos getal h_1/R (R = straal van de bovenstroomse afronding van de kruin). In figuur 10 is dat gedaan voor ontwerp B.

De berekende waarden zijn weergegeven in Annexen I, II en III



Figuur 9 C_D -waarden voor ontwerp A



Figuur 10 C_D -waarden voor ontwerp B

5. Meetnauwkeurigheid bij metingen in het veld

De onzekerheid X_Q (de toevallige meetfout) in het meten van het debiet (in het veld) speelt vooral een rol bij de lage debieten, in de ontwerpen A, B, C en D bij de afvoer door de onderste V .

$$X_Q = \sqrt{X_C^2 + (2,5 X_h)^2}$$

X_C is de onzekerheid in de afvoercoëfficiënt C , bepaald uit de ijkingen in de modellen, en meestal geschat op $X_C = 2\%$

X_h is de meetfout in de overstorthoogte h_1 als volgt gedefinieerd:

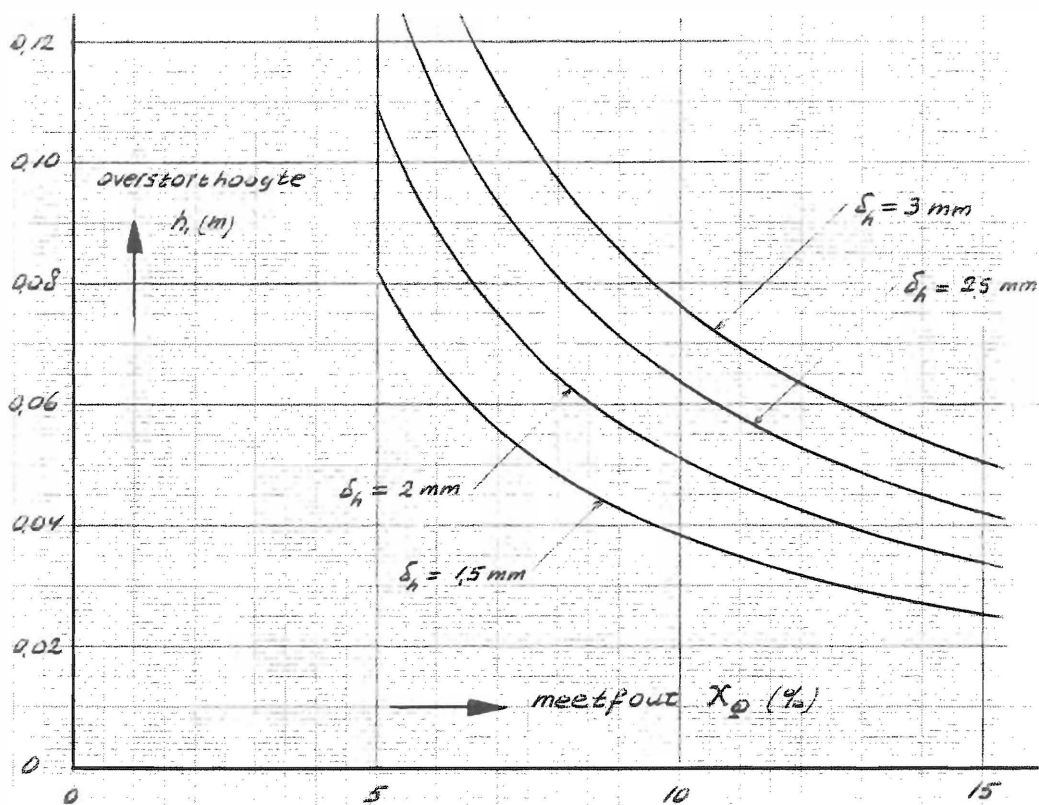
$X_h = 100\delta_h / h_1$, waarin δ_h de absolute toevallige fout in de bepaling van h_1 is.

In δ_h cumuleren zich diverse foutenbronnen:

- is het meetschot correct opgesteld?
- de nulpuntsbepaling in het veld (zie par. 7)
- elke vorm van vervuiling van de kruin
- onzekerheid in de sensoren, die de waterstand meten

Doorgaans wordt deze fout gesteld op $\delta_h = 3$ mm. Het terugbrengen van deze fout naar een waarde van bijvoorbeeld $\delta_h = 1,5$ mm vereist een permanente en zeer grote zorgvuldigheid.

Figuur 11 toont de meetfout X_Q als functie van de overstorthoogte h_1 voor absolute fouten in het bereik $1,5 < \delta_h < 3$ mm.



Figuur 11 De meetfout X_Q als functie van h_1 en δ_h

Tabel III toont de meetfout X_Q bij de 10% afvoer van $\delta_h = 3$ mm en $\delta_h = 1,5$ mm.

meetschot	basis ontwerp	10% afvoer Q ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)	overstorthoogte h_1 (m)	meetfout X_Q %	
				$\delta_h = 3$ mm	$\delta_h = 1,5$ mm
OV1	D	4,4	0,093	8,3	5,0
OV2	A	1,4	0,059	12,9	6,7
OV3	B	0,6	0,054	14,0	7,2
OV4	A	1,1	0,054	14,0	7,2
OV5	B	0,5	0,050	15,1	7,8
OV6/OV7	A	1,3	0,058	13,1	6,8
OV8/OV9	A	1,5	0,061	12,5	6,5
OV10	C	2,1	0,071	10,7	5,7
OV13/OV14	D	4,3	0,094	8,2	5,0

Tabel III De meetfout X_Q bij de 10% afvoer

Uit tabel III blijkt dat het zeer de moeite waard is de absolute fout δ_h zo laag mogelijk te houden, om de 10% afvoer nog redelijk nauwkeurig te kunnen meten.

Voor de beide andere ontwerp afvoeren (éénmaal per jaar én éénmaal per 100 jaren) zal de meetfout met $\delta_h = 3$ mm beperkt blijven tot $X_Q = 5\%$.

6. Te verwachten overstorthoogtes bij de drie ontwerp debieten

In paragraaf 3, tabel II zijn de geschatte overstorthoogtes h_1 gegeven voor alle meetlocaties en bij de drie ontwerp debieten.

Tabel IV geeft opnieuw deze overstorthoogtes, nu gebaseerd op de ijkingen.

stuwput meetschot	basis ontwerp	10% afvoer		éénmaal per jaar		éénmaal per 100 jaren	
		Q ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	h_1 (m)	Q ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	h_1 (m)	Q ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	h_1 (m)
OV1	D (2x)	4,4	0,093	58,6	0,179	132,1	0,246
OV2	A	1,4	0,059	18,8	0,167	42,6	0,235
OV3	B	0,6	0,054	8,0	0,154	18,1	0,214
OV4	A	1,1	0,054	14,7	0,152	33,0	0,211
OV5	B	0,5	0,050	6,7	0,143	15,2	0,199
OV6/OV7	A	1,3	0,058	16,8	0,160	38,0	0,224
OV8/OV9	A	1,5	0,061	19,5	0,170	43,9	0,238
OV10	C	2,1	0,070	28,5	0,179	64,2	0,238
OV13/OV10	D	4,3	0,093	56,9	0,177	128,4	0,243
maximaal gewenste h_1			0,100		0,175		0,250

Tabel IV Geijkte overstorthoogtes h_1 bij de drie ontwerp debieten

Onderlinge vergelijking van beide tabellen laat zien, dat de geijkte h_1 waarden iets lager zijn dan de geschatte, met uitzondering van de ontwerp B meetschotten waarvoor in paragraaf 3 een te lage C_D waarde is ingeschat (1,20 i.p.v. 1,35 zoals na de ijking is gebleken uit figuur 10).

Slechts in een enkel geval wordt de gewenste overstorthoogte h_1 met een paar millimeters overschreden bij de éénmaal per jaar afvoeren.

Bij de 10% afvoeren zijn de h_1 waarden voor de basis ontwerpen A, B en C duidelijk lager dan de maximaal gewenste. Alleen een sterke verkleining van de openingshoek α in de onderste V had tot hogere h_1 waarden geleid: hiervoor is echter bewust niet gekozen om de gevoeligheid voor vervuiling niet te vergroten.

7. Nulpuntsbepaling

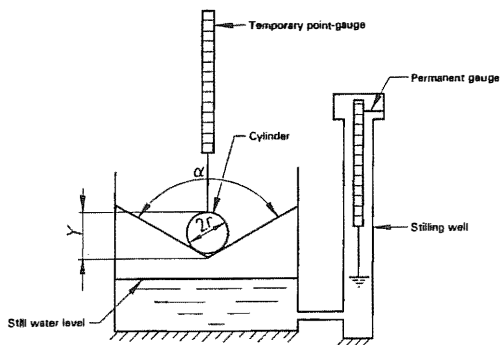
Geadviseerd wordt om de nulpuntsbepaling van de waterstandsmeter bij V-vormige meetschotten zeer nauwkeurig uit te voeren. Dat kan zoals is omschreven in ISO-standard 8333 (figuur 12) of op een alternatieve wijze (figuur 13).

In het kort komt het neer op het volgende:

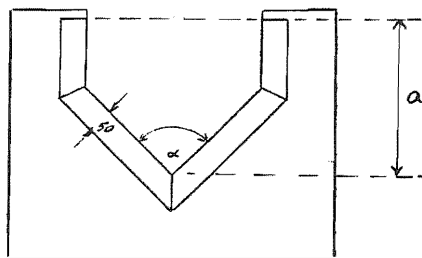
a. Volgens ISO 8333

In de V-vorm wordt een nauwkeurig ronde buis of staaf gelegd, waarvan de diameter exact bekend is. Met behulp van een waterpas wordt deze buis of staaf precies horizontaal gesteld. De waterstand bovenstrooms van de overlaat dient zich onder het nul-niveau te bevinden. Recht boven de staaf wordt een hulppeilnaald opgesteld en wel zodanig, dat de naald zich aan de bovenstroomse zijde van de overlaat bevindt. Met deze hulppeilnaald wordt nu de bovenkant van de ronde buis of staaf gemeten, en na het verwijderen van de buis of staaf de waterspiegel. Eveneens wordt de waterhoogte op de waterstandsmeter afgelezen. Iets minder nauwkeurig maar in het veld goed toepasbaar is het om in plaats van een hulppeilnaald een baakje met een millimeterverdeling en een scherpe punt aan de voet te gebruiken en deze met behulp van een waterpasinstrument af te lezen.

De afstand tussen de bovenkant van de buis of staaf en het nul-niveau (= laagste punt van de V-vorm) = $0,5d + 0,5d/\sin(\alpha/2)$ (waarin d = diameter van de buis of staaf).



Figuur 12 Nulpuntsbepaling volgens ISO 8333



Figuur 13 Alternatieve nulpuntsbepaling

b. Alternatieve nulpuntsbepaling

Afhankelijk van de situatie in het veld na montage van de meetschotten is de volgende methode eventueel toepasbaar. Nu worden, wederom met een baakje met scherpe punt en millimeterverdeling, de twee horizontale vlakjes aan de bovenkant van de halve afrondingsbuis tegen de bovenstroomse zijde van het meetschot gewaterpast (zie figuur 13).

Van deze twee waarden wordt het gemiddelde genomen. In het laboratorium is voor alle meetschotten de afstand van dit gemiddelde tot het nul-niveau van de V-vorm van de overlaat bepaald. Deze afstand a is in tabel V vermeld. De nauwkeurigheid hiervan is 0,5 mm. Alle meetschotten zijn per type van een nummer rechtsonder voorzien.

Tabel V De afstanden a voor alle meetschotten

ontwerp + nr.	a (m)
A1	0,3110
A2	0,3125
A3	0,3100
A4	0,3100
A5	0,3095
A6	0,3105
B1	0,2715
B2	0,2710
C1	0,3115
D1	0,3100
D2	0,3100
D3	0,3095
D4	0,3095

Het voordeel van deze methode is, dat deze ook kan worden toegepast, wanneer er water over het meetschot stroomt. Het is uiteraard wel zaak om goed te registreren op welke lokatie welk nummer meetschot is geplaatst.

Aangezien de stuwputten zijn opgesteld in een terrein, waarin zettingen mogen worden verwacht, verdient het aanbeveling de nulpuntsbepaling van tijd tot tijd te controleren. Ook na een periode van langdurige strenge vorst kan een controle zinvol zijn.

8. Resumé en aanbevelingen

1. Met de keuze van de vier basis ontwerpen A, B, C en D als (debiet)meetschot in de stuwputten OV1 t/m OV10, OV13 en OV14 is aan de gestelde eisen voldaan:

- betrouwbare afvoerrelaties voor drie ontwerp afvoeren
- overstorthoogtes die in de maat lopen met het natuurlijk afvoer verloop in de bekkens

Figuren 2 en 3 geven de maatvoering van de vier basis ontwerpen.

Tabel II toont hoe de ontwerpen zijn verdeeld over de 12 meetlocaties.

2. De afvoerrelaties van de ontwerpen A, B, C en D zijn vastgesteld door ijking in het Hydraulica laboratorium

Figuren 5 t/m 8 tonen de afvoerrelaties zowel in grafiek- als in formulevorm.

3. De meetnauwkeurigheid wordt vrijwel uitsluitend bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de overstorthoogte h_i wordt gemeten. De absolute toevallige fout δ_h zal tot een minimum beperkt moeten worden.

Figuur 11 en tabel III geven een indruk van de meetfout X_Q .

Een betrouwbare gegevensinwinning vraagt permanente aandacht voor de vier fouten bronnen, zoals genoemd in paragraaf 5. In paragraaf 7 zijn aanbevelingen gedaan voor een correcte nulpuntsbepaling en de daarbij behorende nazorg.

Literatuur

Boiten, W., 1985
De Rossum stuw
Polytechnisch tijdschrift, editie Civiele Techniek, (40)2.

Staatsbosbeheer, 2000
Wandelen in het Bargerveen
Staatsbosbeheer, Driebergen

Bosker, R., 2003
Basisplan Bargerveen
Grontmij Advies en Techniek B.V., vestiging Drenthe

Fotoblad I De vier ontwerpen



Foto 2 Ontwerp B

Foto 1 Ontwerp A

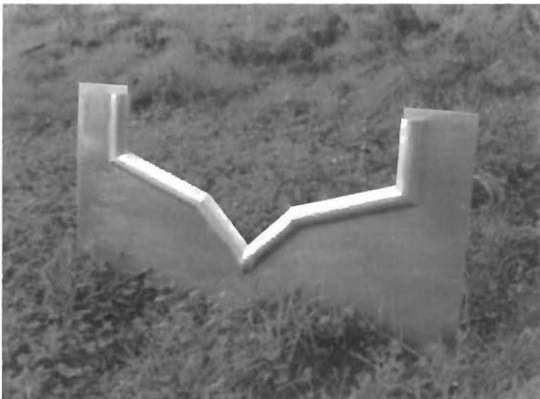


Foto 3 Ontwerp C

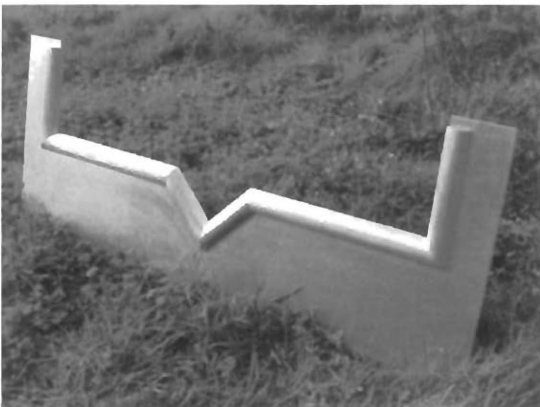


Foto 4 Ontwerp D

Fotoblad II IJking ontwerp D



Foto 5 Ontwerp D, alleen afvoer door het V-vormige gedeelte



Foto 6 Ontwerp D, afvoer over het rechthoekige gedeelte

Annex I Metingen en analyse, ontwerpen A, C en D voor $h_I \leq 0,105$ m.

Meetcijfers en overige gegevens van het V-vormige gedeelte ($\alpha = 90^\circ$) tot een hoogte van $h_I = \text{ca. } 0,105$ m van de ontwerpen A, C en D-meetschotten Bargerveen, zoals gebruikt in hoofdstuk 4.

meting nr.	h_I (m)	Q (m ³ /s)	C_D (-)	h_I/R (-)	Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)
A-24	0,0411	0,000560	1,290	1,64	0,000562	0,4
A-23	0,0482	0,000836	1,293	1,93	0,000826	-1,2
A-22	0,0559	0,001199	1,280	2,24	0,001198	-0,1
A-16	0,0658	0,001804	1,281	2,63	0,001811	0,4
A-15	0,0739	0,002414	1,282	2,96	0,002431	0,7
A-1	0,0821	0,00314	1,282	3,28	0,003170	1,0
A-2	0,0936	0,00439	1,292	3,74	0,004405	0,3
A-3	0,1071	0,00616	1,294	4,28	0,006161	0,0
C-27	0,0451	0,000703	1,283	1,80	0,000702	-0,2
C-28	0,0570	0,001260	1,281	2,28	0,001258	-0,1
C-29	0,0683	0,002000	1,294	2,73	0,001991	-0,5
C-30	0,0774	0,002738	1,296	3,10	0,002732	-0,2
C-1	0,0827	0,00323	1,295	3,31	0,003229	0,0
C-2	0,0921	0,00424	1,299	3,68	0,004230	-0,2
C-3	0,1025	0,00555	1,301	4,10	0,005524	-0,5
C-5	0,1093	0,00648	1,294	4,37	0,006479	0,0
D-25	0,0419	0,000580	1,273	1,68	0,000588	1,5
D-26	0,0566	0,001240	1,283	2,26	0,001236	-0,3
D-27	0,0683	0,001995	1,291	2,73	0,001991	-0,2
D-28	0,0780	0,002787	1,294	3,12	0,002786	0,0
D-1	0,0863	0,00360	1,298	3,45	0,003594	-0,2
D-2	0,0968	0,00482	1,304	3,87	0,004791	-0,6
D-3	0,1050	0,00583	1,287	4,20	0,005865	0,6

R = straal van de bovenstroomse afronding van de overstortrand (= 0,025 m)

Q_{ber} = debiet zoals berekend met de regressieformule uit hoofdstuk 4 voor het betreffende meetbereik

dQ = afwijking tussen het berekende debiet en het gemeten debiet
(= $(Q_{ber} - Q)/Q * 100$ %)

Annex II Metingen en analyse, ontwerp A

Meetcijfers en overige gegevens van de ontwerp A-meetschotten Bargerveen, zoals gebruikt in hoofdstuk 4.

meting nr.	h_1 (m)	Q (m ³ /s)	C_D (-)	h_1/R (-)		Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)	Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)
24	0,0411	0,000560	1,290	1,64	V-vormig	0,000563	0,5		
23	0,0482	0,000836	1,293	1,93	"	0,000830	-0,7		
22	0,0559	0,001199	1,280	2,24	"	0,001199	0,0		
16	0,0658	0,001804	1,281	2,63	"	0,001803	0,0		
15	0,0739	0,002414	1,282	2,96	"	0,002414	0,0		
1	0,0821	0,00314	1,282	3,28	"	0,003147	0,2		
2	0,0936	0,00439	1,292	3,74	"	0,004381	-0,2		
3	0,1071	0,00616	1,294	4,28	"	0,006162	0,0	0,00617	0,2
4	0,1189	0,00799	1,293	4,76	"			0,00794	-0,6
5	0,1314	0,01026	1,293	5,26	"			0,01021	-0,5
6	0,1433	0,01273	1,291	5,73	"			0,01274	0,1
7	0,1545	0,01536	1,291	6,18	"			0,01544	0,5
8	0,1652	0,01819	1,293	6,61	"			0,01828	0,5
9	0,1769	0,02158	1,293	7,08	"			0,02166	0,4
10	0,1863	0,02459	1,295	7,45	"			0,02459	0,0
11	0,2004	0,02937	1,288	8,02	"			0,02930	-0,3
12	0,2146	0,03447	1,275	8,58	rechthoekig			0,03439	-0,2
13	0,2286	0,0398	1,258	9,14	"			0,03975	-0,1
14	0,2413	0,0449	1,247	9,65	"			0,04485	-0,1
17	0,2538	0,05010	1,238	10,15	"			0,05009	0,0
18	0,2665	0,05550	1,228	10,66	"			0,05561	0,2
19	0,2800	0,06150	1,220	11,20	"			0,06167	0,3
20	0,2929	0,06760	1,217	11,72	"			0,06763	0,0
21	0,3092	0,07540	1,210	12,37	"			0,07533	-0,1

R = straal van de bovenstroomse afronding van de overstortrand (= 0,025 m)

Q_{ber} = debiet zoals berekend met de regressieformule uit hoofdstuk 4 voor het betreffende meetbereik

dQ = afwijking tussen het berekende debiet en het gemeten debiet
 (= $(Q_{ber} - Q)/Q * 100$ %)

Annex III Metingen en analyse, ontwerp B

Meetcijfers en overige gegevens van de ontwerp B-meetschotten Bargerveen, zoals gebruikt in hoofdstuk 4.

meting nr	h_I (m)	Q (m ³ /s)	C_D (-)	h_I/R (-)	Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)	Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)
30	0,0439	0,000365	1,414	1,76	0,000365	0,1		
2	0,0544	0,000622	1,410	2,18	0,000623	0,1		
29	0,0557	0,000662	1,415	2,23	0,000659	-0,4		
1	0,0672	0,001035	1,383	2,69	0,001035	0,0		
28	0,0674	0,001041	1,381	2,70	0,001043	0,2		
4	0,0804	0,00161	1,374	3,22	0,001610	0,0		
27	0,0846	0,001834	1,379	3,38	0,001832	-0,1		
5	0,0908	0,002195	1,383	3,63	0,002196	0,1	0,00219	-0,4
6	0,1031	0,00299	1,371	4,12			0,00299	0,0
26	0,1049	0,00311	1,365	4,20			0,00312	0,4
7	0,1160	0,00401	1,369	4,64			0,00401	-0,1
8	0,1284	0,00517	1,369	5,14			0,00516	-0,2
25	0,1406	0,00646	1,364	5,62			0,00646	0,0
9	0,1423	0,00665	1,362	5,69			0,00665	0,1
10	0,1540	0,00807	1,357	6,16			0,00809	0,3
11	0,1664	0,00980	1,358	6,66			0,00980	0,0
24	0,1723	0,01069	1,357	6,89			0,01068	-0,1
12	0,1803	0,01193	1,352	7,21			0,01194	0,1
13	0,1926	0,01407	1,352	7,70			0,01405	-0,2
23	0,1969	0,01481	1,347	7,88			0,01483	0,1
14	0,2036	0,01613	1,349	8,14			0,01610	-0,2
15	0,2142	0,01826	1,346	8,57			0,01824	-0,1
22	0,2218	0,01984	1,340	8,87			0,01987	0,1
16	0,2251	0,02061	1,341	9,00			0,02060	0,0
17	0,2376	0,02352	1,337	9,50			0,02352	0,0
21	0,2446	0,02523	1,334	9,78			0,02526	0,1
18	0,2521	0,02719	1,333	10,08			0,02720	0,0
19	0,2688	0,03180	1,328	10,75			0,03183	0,1
20	0,2693	0,03202	1,331	10,77			0,03197	-0,1

R = straal van de bovenstroomse afronding van de overstortrand (= 0,025 m)

Q_{ber} = debiet zoals berekend met de regressieformule uit hoofdstuk 4 voor het betreffende meetbereik

dQ = afwijking tussen het berekende debiet en het gemeten debiet
(= $(Q_{ber} - Q)/Q * 100$ %)

Annex IV Metingen en analyse, ontwerp C

Meetcijfers en overige gegevens van het ontwerp C-meetschot Bargerveen, zoals gebruikt in hoofdstuk 4.

meting nr.	h_t (m)	Q (m ³ /s)	C_D (-)	h_t/R (-)		Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)	Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)
27	0,0451	0,000703	1,283	1,80	V-vormig	0,000704	0,1		
28	0,0570	0,001260	1,281	2,28	"	0,001258	-0,1		
29	0,0683	0,002000	1,294	2,73	"	0,001994	-0,3		
30	0,0774	0,002738	1,296	3,10	"	0,002739	0,0		
1	0,0827	0,00323	1,295	3,31	"	0,003238	0,2		
2	0,0921	0,00424	1,299	3,68	"	0,004242	0,0		
3	0,1025	0,00555	1,301	4,10	"	0,005536	-0,3		
5	0,1093	0,00648	1,294	4,37	"	0,006487	0,1	0,00646	-0,2
4	0,1132	0,00709			VV-vormig			0,00710	0,2
6	0,1214	0,00863			"			0,00863	0,0
7	0,1283	0,01009			"			0,01012	0,3
8	0,1361	0,01209			"			0,01206	-0,3
9	0,1435	0,01412			"			0,01415	0,2
10	0,1501	0,01625			"			0,01624	0,0
11	0,1569	0,01868			"			0,01864	-0,2
12	0,1634	0,02118			"			0,02118	0,0
13	0,1714	0,02457			"			0,02463	0,3
14	0,1819	0,02980			"	0,02973	-0,2	0,02978	-0,1
15	0,1890	0,0335			rechthoekig	0,03357	0,2		
16	0,1981	0,0388			"	0,03874	-0,2		
17	0,2056	0,0432			"	0,04320	0,0		
18	0,2162	0,0498			"	0,04980	0,0		
19	0,2257	0,0560			"	0,05599	0,0		
20	0,2364	0,0633			"	0,06326	-0,1		
21	0,2468	0,0707			"	0,07061	-0,1		
22	0,2573	0,0784			"	0,07829	-0,1		
23	0,2708	0,0884			"	0,08853	0,2		
24	0,2804	0,0961			"	0,09604	-0,1		
25	0,2944	0,1074			"	0,10729	-0,1		
26	0,3072	0,1179			"	0,11787	0,0		

R = straal van de bovenstroomse afronding van de overstortrand (= 0,025 m)

Q_{ber} = debiet zoals berekend met de regressieformule uit hoofdstuk 4 voor het betreffende meetbereik

dQ = afwijking tussen het berekende debiet en het gemeten debiet
 (= $(Q_{ber} - Q)/Q * 100 \%$)

Annex V Metingen en analyse, ontwerp D

Meetcijfers en overige gegevens van de ontwerp D-meetschotten Bargerveen, zoals gebruikt in hoofdstuk 4.

meting nr	h_f (m)	Q (m ³ /s)	C_D (-)	h_f/R (-)		Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)	Q_{ber} (m ³ /s)	dQ (%)
25	0,0419	0,000580	1,273	1,68	V-vormig	0,000584	0,6		
26	0,0566	0,001240	1,283	2,26	"	0,001229	-0,9		
27	0,0683	0,001995	1,291	2,73	"	0,001995	0,0		
28	0,0780	0,002787	1,294	3,12	"	0,002799	0,4		
1	0,0863	0,00360	1,298	3,45	"	0,003609	0,2		
2	0,0968	0,00482	1,304	3,87	"	0,004793	-0,6		
3	0,1050	0,00583	1,287	4,20	"	0,005842	0,2	0,005919	1,5
4	0,1081	0,00731			rechthoekig			0,007224	-1,2
5	0,1110	0,00844			"			0,008507	0,8
6	0,1145	0,01005			"			0,010145	0,9
7	0,1185	0,01211			"			0,012151	0,3
8	0,1225	0,01428			"			0,014315	0,2
9	0,1268	0,01682			"			0,016839	0,1
10	0,1316	0,01986			"	0,01977	-0,4	0,019922	0,3
11	0,1370	0,02353			"	0,02364	0,5		
12	0,1438	0,02857			"	0,02862	0,2		
13	0,1508	0,03406			"	0,03407	0,0		
14	0,1576	0,0396			"	0,03965	0,1		
15	0,1637	0,0448			"	0,04489	0,2		
16	0,1702	0,0508			"	0,05071	-0,2		
17	0,1772	0,0573			"	0,05724	-0,1		
18	0,1840	0,0640			"	0,06382	-0,3		
19	0,1902	0,0701			"	0,07002	-0,1		
20	0,1991	0,0793			"	0,07922	-0,1		
21	0,2092	0,0901			"	0,09007	0,0		
22	0,2188	0,1009			"	0,10074	-0,2		
23	0,2279	0,1111			"	0,11114	0,0		
24	0,2361	0,1206			"	0,12073	0,1		
29	0,2466	0,1331			"	0,13327	0,1		
30	0,2597	0,1495			"	0,14925	-0,2		

R = straal van de bovenstroomse afronding van de overstortrand (= 0,025 m)

Q_{ber} = debiet zoals berekend met de regressieformule uit hoofdstuk 4 voor het betreffende meetbereik

dQ = afwijking tussen het berekende debiet en het gemeten debiet
(= $(Q_{ber} - Q)/Q * 100 \%$)

**Inlichtingen zijn verkrijgbaar bij het
secretariaat:**

Wageningen Universiteit
Departement Omgevingswetenschappen
Sectie Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11
6709 PA Wageningen
telefoon : 0317 - 482778
telefax : 0317 - 484885

**For information please contact the
secretariat:**

Wageningen University
Department of Environmental Sciences
Sub-department Water Resources
Nieuwe Kanaal 11
6709 PA Wageningen
The Netherlands
telephone : +31 - (317) - 482778
telefax : +31 - (317) - 484885

Internet: www.dow.wau.nl/whh

EERDER VERSCHENEN RAPPORTEN/PREVIOUS REPORTS

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (€)
51.	Boiten, W., A. Dommerholt en M. Soet, 1995. Handboek debietmeten in open waterlopen.	*
52.	Boiten, W., 1995. Het opstellen van de afvoerkrommen van klepstuwen.	8,00
53.	Boiten, W., 1995. Afvoerrelaties klepstuwen op de samenvloeiing van de Veengoot en de Van Heeckerenbeek.	*
54.	Benning, R.G., 1995. Towards a new lumped parameterization at catchment scale.	11,00
55.	Bastiaansen, C.J.M., 1995. Lui River Valley Model, and some of its applications.	10,00
56.	He, Q., K.D.W. Nandalal, J.J.K.M. Bogardi and D. Milutin, 1995. Application of stochastic dynamic programming models in optimization of reservoir operations: A study of algorithmic aspects.	15,00
57.	Lanen, H.A.J. van, B. van de Weerd, R. Dijkma, H.J. ten Dam en G. Bier, 1995. Hydrogeologie van het stroomgebied van de Noor en de effecten van grondwateronttrekkingen aan de westrand van het Plateau van Margraten. Basisrapport.	*
58.	Lanen, H.A.J. van, R. Dijkma en B. van de Weerd, 1995. De effecten van grondwateronttrekkingen aan de westrand van het Plateau van Margraten op de hydrogeologie van het Noordal. Samenvattend rapport.	*
59.	Bogardi, J.J.K.M., B.A.H.V. Broens, M.D.U.P. Kularathna, D. Milutin en K.D.W. Nandalal, 1995. Long-term assessment of a multi-unit reservoir system operation: the <i>ShellDP</i> programme package manual.	25,50
60.	Dommerholt, A., 1995. Afvoerrelatie meetoverlaat Stermerdinkbrug.	*
61.	Dijkma, R., J.H. Bouma en H.F. Gertsen, 1995. Proefproject verdroging Duurswouderheide. Hoe effectief zijn de beheersmaatregelen?	*
62.	Verburg, P.H., 1995. De relatie tussen de vochttoestand van de bodem en de vochtindicatie van de vegetatie. Een nadere bepaling van de grens tussen 'vochtig' en 'droog' binnen het ecotopensysteem.	12,00

* niet te koop bij de sectie, alleen ter inzage/not for sale at the department, for inspection only.

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (€)
63.	Denecke, H.W., 1995. Voorlopige evaluatie drainagesysteem militaire oefenterrein Marnewaard.	*
64.	Arts, M.P.T. en W. Boiten, 1995. Meetnet voor afvoermetingen in de Renkumse Beken.	*
65.	Arts, M.P.T. en R. Dijkma, 1995. Morra park, voorlopige resultaten grond- en oppervlaktewater meetnet.	*
66.	Akker, M.F.A. van den en B.J.H. van de Wiel, 1996. Hoogwatervoor- spellingen voor de Rijn bij Lobith met hybride methoden. De hydrologische Muskingum methode uitgebreid met lineaire en niet- lineaire updatingstechnieken.	18,00
67.	Soet, M., P. Petrovic, J.N.M. Stricker, W. Meijninger, A. van Schaik en T. Lapsansky, 1996. Water budget of maize on heavy clay in a continental climate: field experiment and model simulation. Final report of the project "Evaporation estimation comparison".	*
68.	Torfs, P.J.J.F. en H. Middelkoop, 1996. Analysis of discharge series from the Rhine basin at different levels of aggregation.	*
69.	Dijkma, R. (ed.), 1996. International excursion Hydrogeology - SLOVAKIA, september 8-15, 1996. Excursion report.	,-
70.	Oevelen, P.J. van and I.H. Woodhouse, 1996. NOPEX/FOREST-DYNAMO ground data collection and data analysis report.	11,50
71.	Dam, J.C. van, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk and C.A. van Diepen, 1997. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment.	20,50
72.	Warmerdam, P.M.M. (ed.) en M. Quist (ed.), 1997. Verslag van de buitenlandse excursie Hydrologie naar België, 1 t/m 5 september 1997.	,-
73.	Moors, E.J., J.N.M. Stricker and G.D. van den Abeele, 1998. Evapo- transpiration of cut over bog covered by <i>Molinia Caerulea</i> .	8,50
74.	Eertwegh, G.A.P.H. van den en C.R. Meinardi, 1998. Water- en nutriën- tenhuishouding van het stroomgebied van de Hupselse beek.	*
75.	Eertwegh, G.A.P.H. van den, J.R. Hoekstra en C.R. Meinardi, 1998. Praktijkproef nutriëntenbalans: nutriëntenbelasting in oppervlaktewater via drainage van akkerbouwpercelen op zeeklei.	*
76.	Boiten, W. 1998. Levering drie Rossum-stuwen Schouwen West.	*
77.	Oevelen, P.J. van, M.A.M. Vissers and I.H. Woodhouse, 1998. RESMEDES Spain 1996. Ground data collection and analysis report.	12,50
78.	Dijkma, R., H.A.J. van Lanen, W.J. Ackerman en H.F. Gertsen, 1998. De afvoer van de Noor (Zuid-Limburg). Periode 1992 - 1997.	*
79.	Soet, M., J.N.M. Stricker, P. Droogers and J. Esenbrink, 1998. EFEDA-Spain and HAPEx-Sahel. A further analysis of data.	*
80.	Wojcik, R., P.J.J.F. Torfs and S. Ignar, 1998. Sensitivity of output covariance to non-second order properties of the input in the case of unsaturated zone models.	11,50

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (€)
81.	Kroes, J.G., J.C. van Dam, J. Huygen en R.W. Vervoort, 1998. Users Guide of SWAP 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment.	16,00
82.	Boiten, W., 1998. Levering Rossum-stuw. Polder de Noordplas.	*
83.	Boiten, W., 1998. IJking Friese spuisluizen. Friese Sluis te Zoutkamp, Suatiesluis Nes, Ameland.	*
84.	Dijksma, R. en J.F. Borsje, 1999. Het Morra Park. Water als lust of last.	*
85.	Klok, E.J. and K.P. Roelofsma, 1999. Modelling of glacier and snow melt processes within the hydrological catchment model WaSiM-ETH.	12,50
86.	Boiten, W., 1999. Ontwerp Hobrad-overlaat. Project Evertsekoog, Texel.	*
87.	Warmerdam, P.M.M. en P.J.J.F. Torfs, 1998. Verslag van de buitenlandse excursie Hydrologie naar de landendriehoek Frankrijk, Duitsland en Luxemburg. 30 augustus tot 5 september 1998.	,-
88.	Wójcik, R., 1999. Non-linear stochastic methods for discharge prediction.	27,00
89.	Kalma, J.D., R.A. Feddes, G. Boulet, M.F. McCabe and S.W. Franks, 1999. Towards effective land surface parameters for use with SVAT models: the use of similarity scaling and inversion techniques.	6,50
90.	Kalma, J.D., S.W. Franks, B.J.J.M. van den Hurk, M.F. McCabe and R.A. Feddes, 1999. Estimating large scale land surface fluxes: the use of remote sensing data with SVAT and NWP models	7,00
91.	Ovaa, B.P.S.A., 1999. Gebiedscontracten. Een nieuwe kijk op sturing van regionaal landgebruik en waterbeheer.	11,50
92.	Boiten, W., 2000. Report Overseas Study Tour Rhine Basin, 7-21 November 1999. Hydrology Project India.	*
93.	Boiten, W., 2000. Debietmeetstations in het gebied Halkenbroek.	*
94.	Schaaf, S. van der en P.M.M. Warmerdam, 2000. Herstel van het watersysteem in het bebouwde gebied van Wageningen. Haalbaarheidsonderzoek.	14,00
95.	Dommerholt, A., 2000. Meetopstelling voor aan- en afvoer van water in de Vlietpolder bij Hoogmade. Onderdeel project "Water- en Nutriëntenhuishouding Veenweideproject".	*
96.	Boiten, W. 2000. Debietmeetstations op de Schipbeek; Kloosterstuw te Deventer, inlaatgemaal Twentekanaal te Markelo.	*
97.	Dijksma, R. (ed.), 2000. International excursion Hydrogeology – Poland. 3-10 September 2000.	,-
98.	Dijksma, R. en H.A.J. van Lanen, 2001. De afvoer van de Noor (Zuid-Limburg). Periode 1992-2000.	*
99.	Boiten, W., 2001. Rehabilitation of the Busongo Reservoir near Sirigu, Bolgatanga, Ghana.	8,00
100.	Uijlenhoet, R., M.J.M. de Wit, P.M.M. Warmerdam and P.J.J.F. Torfs, 2001. Statistical Analysis of Daily Discharge Data of the River Meuse and its Tributaries (1968-1998): Assessment of Drought Sensitivity.	7,00

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (€)
101.	Loon, E.E. van and P.A. Troch, 2001. Book of Abstracts. International Workshop on Catchment scale Hydrologic Modeling and Data Assimilation. Wageningen, September 3-5, 2001.	14,00
102.	Boiten, W., 2001. Inrichting debietmeetnet Vallei en Eem. Vooronderzoek, richtingsadvies en ontwerp van een lange overlaat achter de Grebbesluis.	*
103.	Dommerholt, A., W. Boiten en M.R. Hoffmann, 2001. Meetopstelling voor hoogwater peilregistratie. Afwijking tussen gemeten en werkelijke waterhoogte.	*
104.	Wit, M.J.M. de (ed.), P. Warmerdam, P. Torfs, R. Uijlenhoet, E. Roulin, A. Cheymol, W. van Deursen, P. van Walsum, M. Ververs, J. Kwadijk and H. Buiteveld, 2001. Effect of climate change on the hydrology of the river Meuse.	18,00
105.	Loon, A. van (ed.) en G. v.d. Meijden (ed.), 2001. Hydrologie excursie – Duitsland. 2 – 7 september 2001.	,-
106.	Dommerholt, A., W. Boiten en R.T. Oosterhoff, 2002. Modelonderzoek van de Venturi-meetdoorlaat. Een vispasseerbare debietmeet-inrichting.	*
107.	Breukels, M., B.P.S.A. Ovaa en P.M.M. Warmerdam, 2002. Water als ordenend principe. Interviews.	10,00
108.	Boiten, W., 2002. Inlaatduiker Oosterhout. Herijking van de afvoerrelatie	*
109.	Uijlenhoet, R., 2002. Parameterization of Rainfall Microstructure for Radar Meteorology and Hydrology.	20,00
110.	Uijlenhoet, R., 2002. Development of a Stochastic Model of Rainfall for Radar Hydrology.	8,00
111.	Boiten, W., R. Velner, R. Dijkstra en J.W. Kole, 2002. Waterbalansen voor de polders Atsjetille, Edens, Rodenburg en Grouster Laagland. Rapportage over de gegevensverwerking en de waterbalansen van de meetplichtige gebieden binnen Wetterskip Mame-Middelsee voor 1997, 1998 en 1999.	*
112.	Käfer, J., 2002. Het gewicht van bedekking. Optimalisatie van de berekening van gewogen gemiddelde indicatiewaarden voor vegetatieopnamen.	10,00
113.	Boiten, W., 2002. Visgeleiding Stedelijke Roer te Roermond.	*
114.	Boiten, W. en A. Dommerholt, 2003. IJking Aflaatwerk naar het Twenthekanaal in Lochem.	*
115.	Loon, E.E. van and P.A. Troch (eds.), 2003. Final Report of the DAUFIN project.	23,00
116.	Wójcik, R. and P.J.J.F. Torfs, 2003. PARDENS – an experimental program for Parzen density fitting.	9,00
117.	Dommerholt, A. en W. Boiten, 2003. IJking Reinkstuw in de Buurserbeek.	*
118.	Boiten, W., 2004. Hydraulisch ontwerp dubbelwerkende meetschuif bij de Gietwaterplas	*
119.	Boiten, W. en J.W. Kole, 2004. IJking inlaat Burgvlietkade te Gouda.	*
120.	Boiten, W., A. Dommerholt en J. Römelingh, 2004. Meetschotten Bargerveen. Ontwerp, constructie en ijking.	*