

Ontwerp Hobrad-overlaat

Project Evertsekoog, Texel

W. Boiten

RAPPORT 86

Sectie Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen

ISSN 0926-230X

966816

Ontwerp Hobrad-overlaat, project Evertsekoog, Texel

1. <u>Inleiding</u>	2
2. <u>Keuze van het type meetstuw</u>	3
3. <u>Beschrijving van de Hobrad overlaat</u>	4
4. <u>Hydraulisch ontwerp voor de knooppunten 1090 en 1095</u>	5
4.1 Ontwerp en afvoerrelatie	5
4.2 Hoogteligging	7
4.3 Samenvatting knooppunten 1090 en 1095	10
5. <u>Hydraulisch ontwerp voor het knooppunt 1000</u>	11
Literatuur	13

1. Inleiding (figuur 1)

Op 1 april 1999 verleende het Waterschap Hollands Kroon per brief 0499 opdracht aan de Landbouwniversiteit Wageningen, Sectie Waterhuishouding, tot het leveren van het hydraulisch ontwerp van drie beweegbare meetstuwen voor het project Evertsekoog op Texel. De opdracht is gebaseerd op voorgaand overleg te Wageningen d.d. 2 maart 1999 en conform de daarop volgende LUW offerte 40/26 WB/ah d.d. 15 maart 1999.

In het project Evertsekoog zullen regelbare meetstuwen worden gebouwd in de volgende drie knooppunten (zie figuur 1):

knoop punt	debiet Q (m ³ /s)	zomerpeil (m NAP)		winterpeil (m NAP)	
		bov.str.	ben.str.	bov.str.	ben.str.
1000	0 of 0,047	-0,40	-0,60	-0,60	-0,80
1090	0,047 < Q < 0,200	-0,40	-0,60	-0,60	-0,80
1095	0,047 < Q < 0,200	-0,40	-0,60	-0,60	-0,80

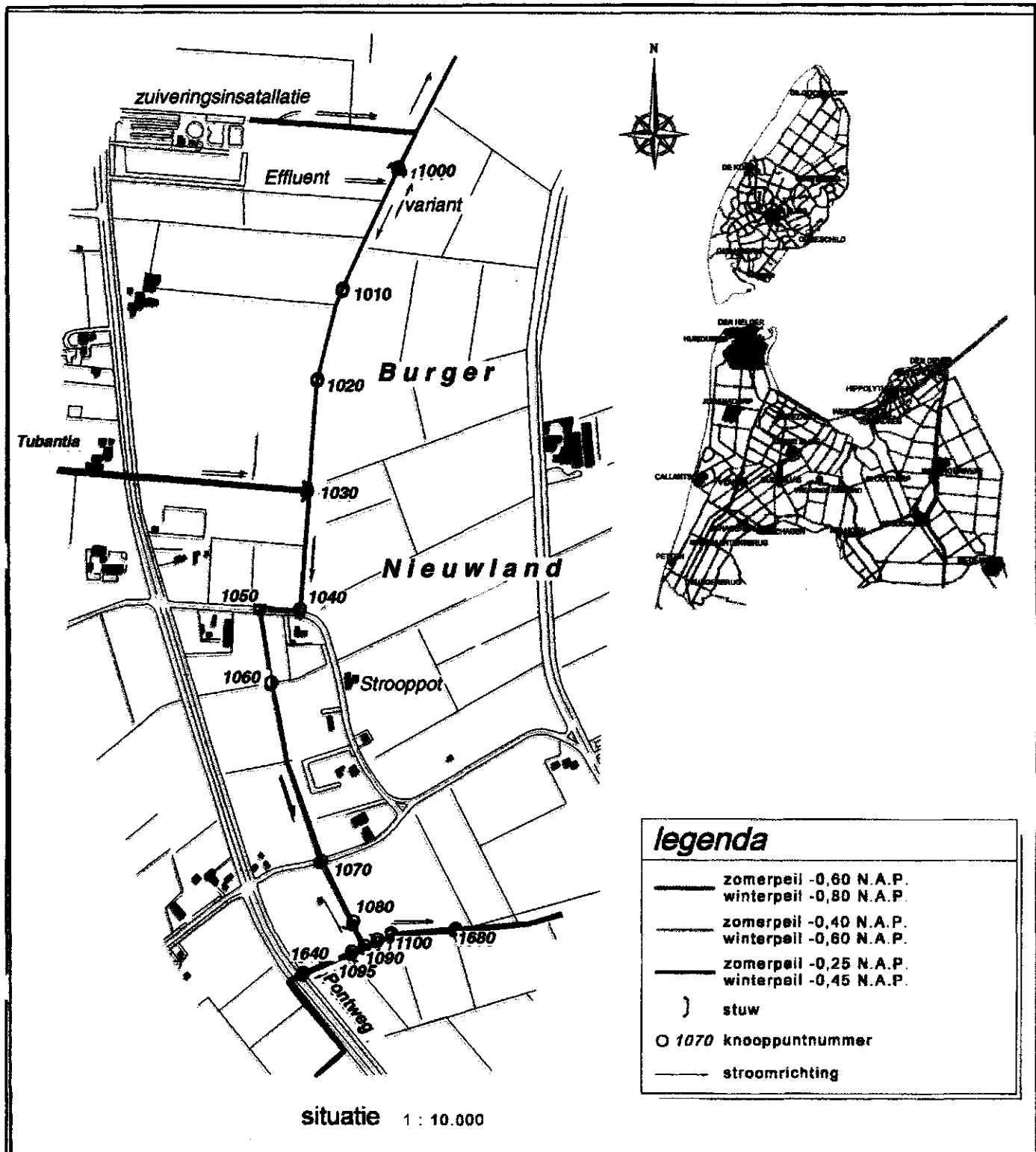
Ter plaatse van de meetstuwen is enig verval over de stuw nodig, als voorwaarde voor ongestuwde afvoer. Dit verval bedraagt ca. 0,20 m voor het maximum debiet. (zie ook de tabel in par. 4.1)

Om het benodigde verval van 0,20 m over de meetlocaties 1090 en 1095 te verkrijgen, zal de stuw 1080 uit het ontwerp worden geschrapt. De ontwerppeilen die tot nu toe golden voor het noord-zuidpand tussen de punten 1000 en 1080 zijn dan ook van toepassing op het gedeelte tussen de punten 1080, 1090 en 1095.

Het advies houdt het volgende in:

- keuze van het type meetstuw, Hobrad overlaat of Rossumstuw
- hydraulisch ontwerp van de stuw, waarbij getracht wordt één ontwerp te maken voor de drie meetlocaties
- opstellen van de $Q-h_1$ relaties op basis van reeds beschikbare gegevens uit de literatuur

Het advies tot het hydraulisch ontwerp van de drie regelbare meetstuwen is uitgevoerd in april 1999 door ing. W. Boiten van de Landbouwniversiteit te Wageningen.



legenda

	zomerpeil -0,60 N.A.P. winterpeil -0,80 N.A.P.
	zomerpeil -0,40 N.A.P. winterpeil -0,60 N.A.P.
	zomerpeil -0,25 N.A.P. winterpeil -0,45 N.A.P.
	stuw
	knooppuntnummer
	stroomrichting

Fig. 1 Evertsekoog

schaal : zie tek.

getekend : B. Henneman

datum : 27/1/98

projektnr. : 9418 bladnr. :

wiz. :

d.d. :

Overzicht van de waterpeilen en stroomrichting na uitvoering plan Evertsekoog

Waterschap Hollands Kroon

tekeningnummer : formaat :

6.300 /98.001

A4

Postbus 23, 1770 AA Wieringerwerf, tel. 0227-606600, fax 0227-606611

2. Keuze van het type meetstuw

Onder de vele verschillende types meetstuwen zijn er slechts enkele die geschikt zijn voor uitvoering als regelbare stuw. Globaal zijn er de volgende drie categorieën regelbare stuwen:

- klepstuwen, die draaien om een laaggelegen as
- dubbele schuifstuwen, waarbij de hooggelegen schuif uitgerust is met een meetstuw, en de laaggelegen schuif als aanslag dient voor de hooggelegen schuif. Beide schuiven zijn beweegbaar in verticale sponningen. Zonodig kunnen beide schuiven tijdelijk geheel worden getrokken, hoewel de stuw dan zijn meetfunctie kwijt is.
- de verticale schuif met onderstort

Overleg tussen de LUW en het waterschap leidde tot een duidelijke voorkeur voor de dubbele schuifstuw: een klepstuw vraagt meer verval, een schuif met onderstort is minder geschikt voor het meten van lage debieten.

Bij de dubbele schuifstuw kan de hooggelegen schuif dan met één van de volgende drie types meetstuwen worden uitgevoerd:

- Hobrad overlaat (horizontal broadcrested adjustable)
- de V-vormige lange overlaat
- de Rossum stuw (V-vormige korte overlaat)

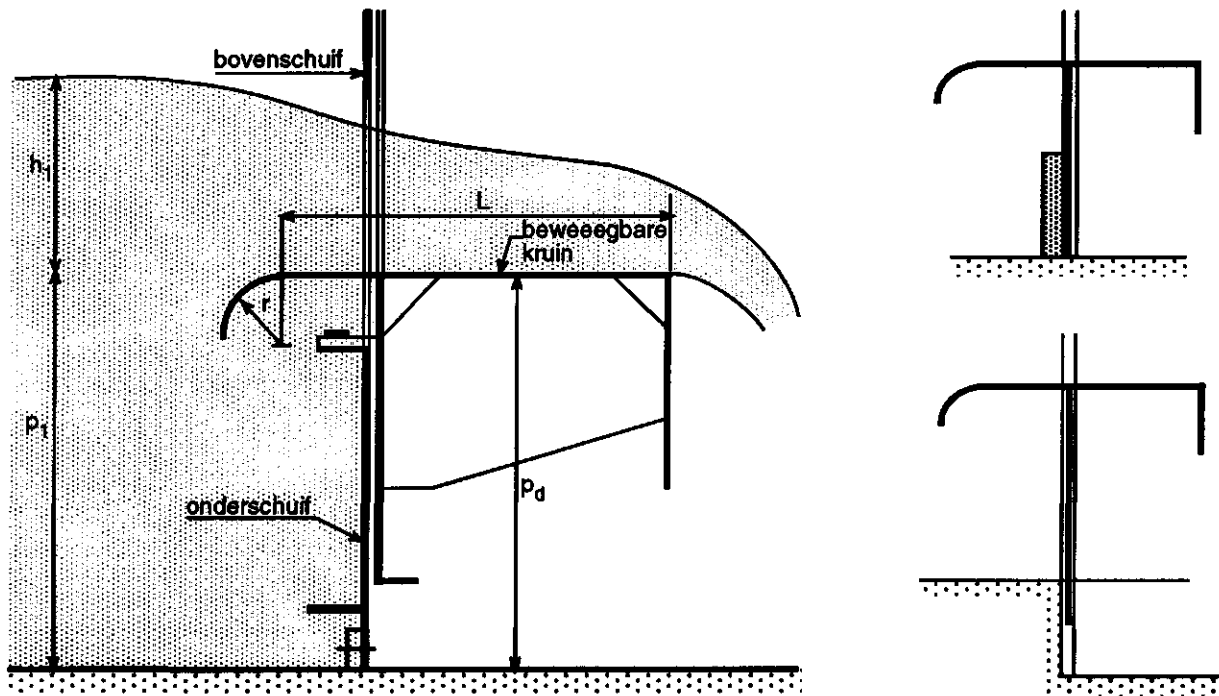
De keuze is gevallen op de Hobrad overlaat om de volgende redenen:

- Constructie hoogte. Een horizontaal meetblad heeft een geringere hoogte dan een V-vormig blad. De minimaal benodigde afstand tussen het gewenste waterpeil en de slootbodem (zie par. 4.2) is voor een dubbele schuifstuw met een horizontaal meetblad daardoor geringer dan voor een soortgelijke constructie met een V-vormig meetblad.
- het voorkómen van gestuwde afvoer. Ongestuwde afvoer is gegarandeerd zolang de verdrinkingsgraad $S = 100 h_2/h_1$ geringer is dan de modulaire limiet S_c . In dit opzicht heeft de Hobrad overlaat lichte voordelen boven de Rossumstuw.

Conclusie: De keuze is gevallen op een dubbele schuifstuw, uitgevoerd als Hobrad overlaat.

3. Beschrijving van de Hobrad overlaat (figuur 2)

De standaard overlaat bestaat uit een vlakke, horizontale kruin geplaatst tussen verticale wanden. De kruin kan zowel vast als beweegbaar worden uitgevoerd. De beweegbare uitvoering is in Nederland vooral bekend onder de naam Hobrad-overlaat (horizontal broadcrested aadjustable). De bovenstroomse kant van de kruin is zodanig afgerond, dat de stroming niet loslaat van de kruin. Daarnaast heeft het horizontale deel van de kruin (L) een minimale lengte van $1,75 H_{max}$ (figuur 2).



Figuur 2 Hobrad-overlaat, uitvoeringen met enkele en dubbele schuif.

De afvoerrelatie voor dit type overlaat wordt beschreven door:

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot g^{1/2} \cdot C_D \cdot C_V \cdot C_{dr} \cdot b \cdot h_1^{3/2}$$

met:

Q : afvoer (m^3/s)

g : versnelling van zwaartekracht ($9,81 m/s^2$)

C_D : afvoercoëfficiënt (-)

C_V : coëfficiënt voor de aanstroomsnelheid, $C_V = (H_1/h_1)^{3/2}$

C_{dr} : reductiefactor voor gestuwde afvoer (-)

(bij ongestuwde afvoer: $C_{dr} = 1$)

b : breedte van de kruin (m)

H_1 : bovenstroomse energiehoogte (m)

h_1 : overstorthoogte bovenstrooms (m)

4. Hydraulisch ontwerp voor de knooppunten 1090 en 1095 (figuur 3)

4.1 Ontwerp en afvoerrelaties

Voor de knooppunten 1090 en 1095 is het bereik $0,047 < Q < 0,200 \text{ m}^3/\text{s}$

De belangrijkste maten voor de Hobrad overlaat worden dan:

- kruinbreedte $b = 0,80 \text{ m}$
- kruinlengte $L = 0,50 \text{ m}$
- kruinafronding $r = 0,06 \text{ m}$

Bij deze combinatie van maten blijft de afvoer ongestuwd tot een debiet $Q = 0,225 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een verval van 0,20 m over de stuw.

Voor het opstellen van de afvoerrelatie zijn de waarden van $C_D = f(H_1/L)$ ontleend aan de literatuur.

Gezien de relatief lage stroomsnelheden in de slootpannen, zijn de waarden van C_V slechts minimaal (iets groter dan 1,0)

In het bereik $0,047 < Q < 0,200 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt de afvoerrelatie als volgt:

$$Q = 1,383 h_1^{1,519} \quad \text{Figuur 3 toont ook deze betrekking.}$$

In onderstaande tabel is voor een aantal debieten in het genoemde meetbereik de maximale benedenwaterstand h_2 t.o.v de kruin aangegeven waarbij de afvoer nog juist ongestuwd is.

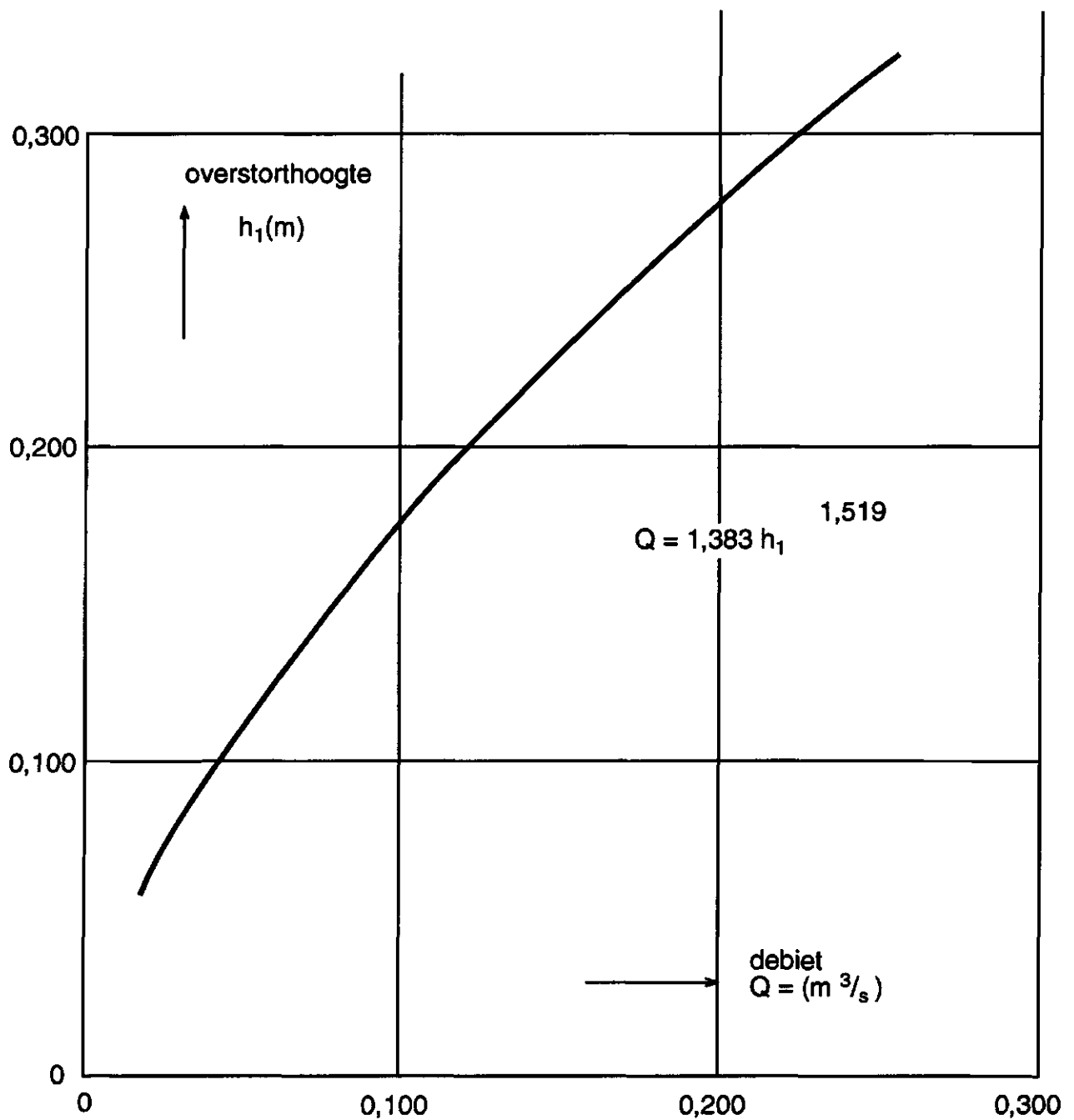
h_1 (m)	Q (m^3/s)	S_t %	h_2 (max)	$h_1 - h_2$ max	X_Q %
0,108	0,047	66,7	0,072	0,036	6,2
0,150	0,078	66,7	0,100	0,050	4,8
0,200	0,120	60	0,120	0,080	3,9
0,250	0,168	50	0,125	0,125	3,3
0,280	0,200	41,8	0,117	0,163	2,1
0,303	0,225	34,0	0,103	0,200	3,0

Hieruit blijkt dat de afvoer ongestuwd blijft tot $Q = 0,225 \text{ m}^3/\text{s}$, zolang het verval van 0,20 m ter plaatse van de stuw gehandhaafd wordt.

In de laatste kolom van de tabel staat de te verwachten fout X_Q in de debietbepaling, aangenomen dat de absolute fout in het meten van h_1 slechts $\delta_h = 0,004 \text{ m}$ bedraagt. (aanbeveling: een vlotter gestuurde waterstandsmeter òf het duurdere type drukdoos)

Hobrad overlaat Evertsekoog Texel

B = 0,80 m L = 0,50 m



Figuur 3 Afvoerrelatie Hobrad-overlaat Evertsekoog, Texel

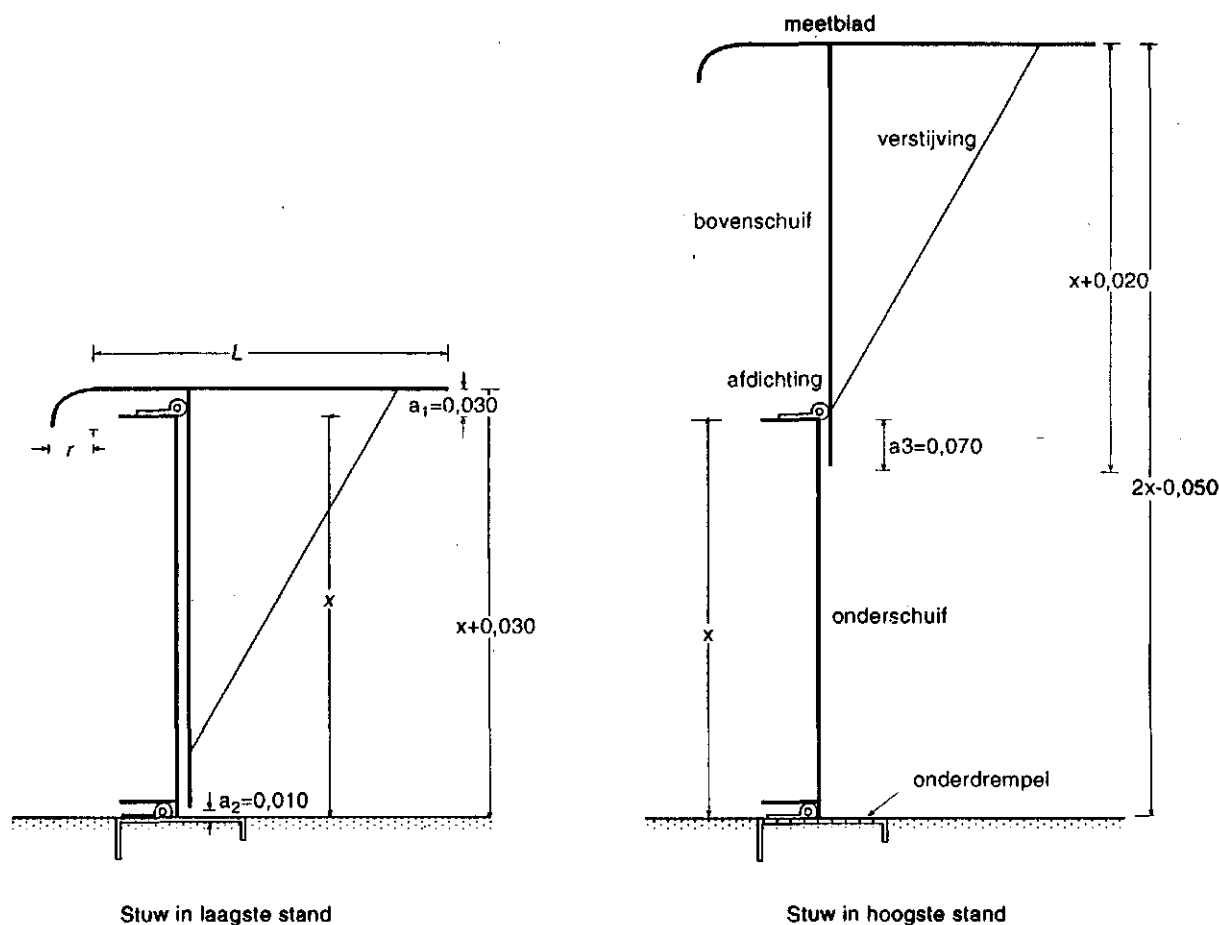
4.2 Hoogteligging (figuur 4)

Het bewegingsbereik van een dubbele schuifstuw wordt bepaald door het hoogteverschil tussen het streefpeil en de slootbodembodem ter plaatse van de stuw.

Figuur 4 toont een Hobrad-overlaat uitgevoerd als dubbele schuifstuw, in de laagst mogelijke stand en de hoogst mogelijke stand: het maximale bewegingsbereik.

In constructieve zin nemen we het volgende aan:

- beide schuiven zijn van roestvrij staal, plaatdikte circa 6 mm
- de schuiven zijn beweegbaar in verticale sponningen, in te kassen in het beton of metselwerk
- de onderschuif rust op een r.v.s onderdrempel die op het niveau ligt van de betonbodem
- het meetblad krijgt een verstijvingsstrip aan de achterkant van de bovenschuif



Figuur 4 Hobrad-overlaat uitgevoerd als dubbele schuifstuw

In figuur 4 onderscheiden we de volgende elementen:

a) Hobrad in laagste stand

- hoogte onderschuif x
- hoogteverschil tussen bovenkant meetblad en bovenkant onderschuif, $a_1 = 0,030$ m
- speling onder onderkant bovenschuif $a_2 = 0,010$ m bij de laagste stand

resultaat: laagste stand meetblad $x + 0,030$ m

constructie hoogte bovenschuif met meetblad $x + 0,020$ m

b) Hobrad in hoogste stand

- minimale overlap tussen schuiven $a_3 = 0,070$ m

resultaat: hoogste stand meetblad $2x - 0,050$ m

Voor de stuwen 1090 en 1095 geldt het meetbereik $0,047 < Q < 0,200$ m³/s.

Het bijbehorende bereik in overstorthoogte is $0,11 < h_1 < 0,28$ m.

- laagste stand meetblad mag worden verwacht als de maximale afvoer met $h_1 = 0,28$ m zich voordoet bij het winterpeil NAP - 0,60 m. De kruinhoogte is dan NAP - 0,88 m.
- hoogste stand meetblad zal zich voordoen als de stuw bij zomerpeil NAP - 0,40 m niet hoeft af te voeren, $h_1 = 0$. De kruinhoogte is dan NAP - 0,40 m.

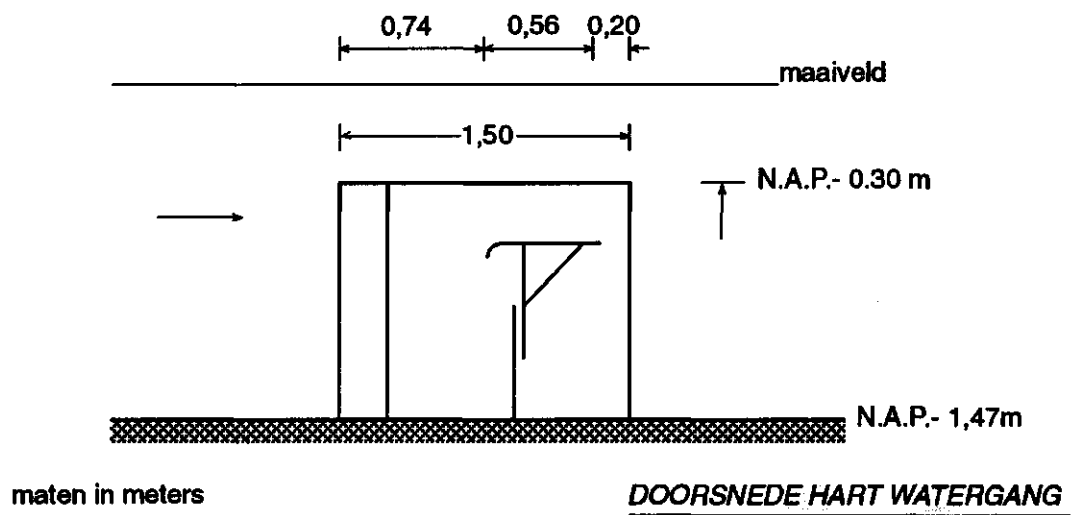
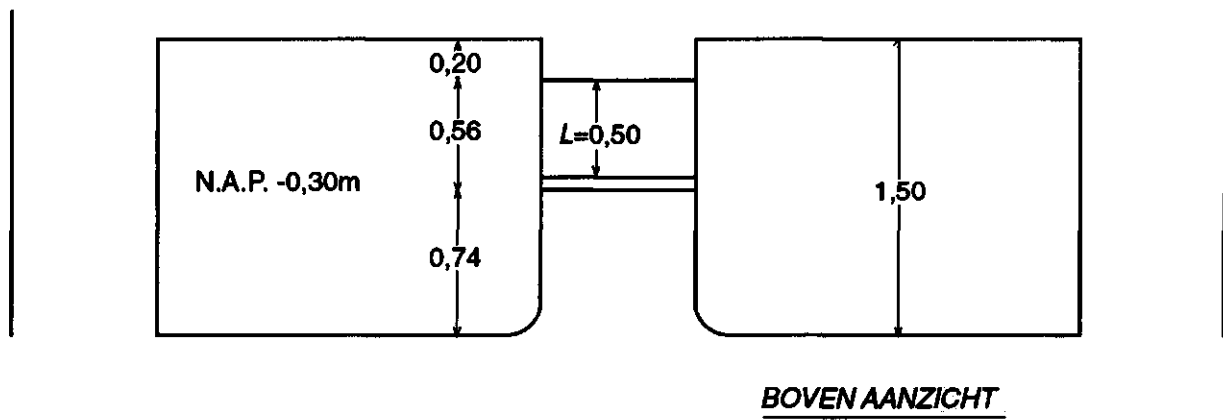
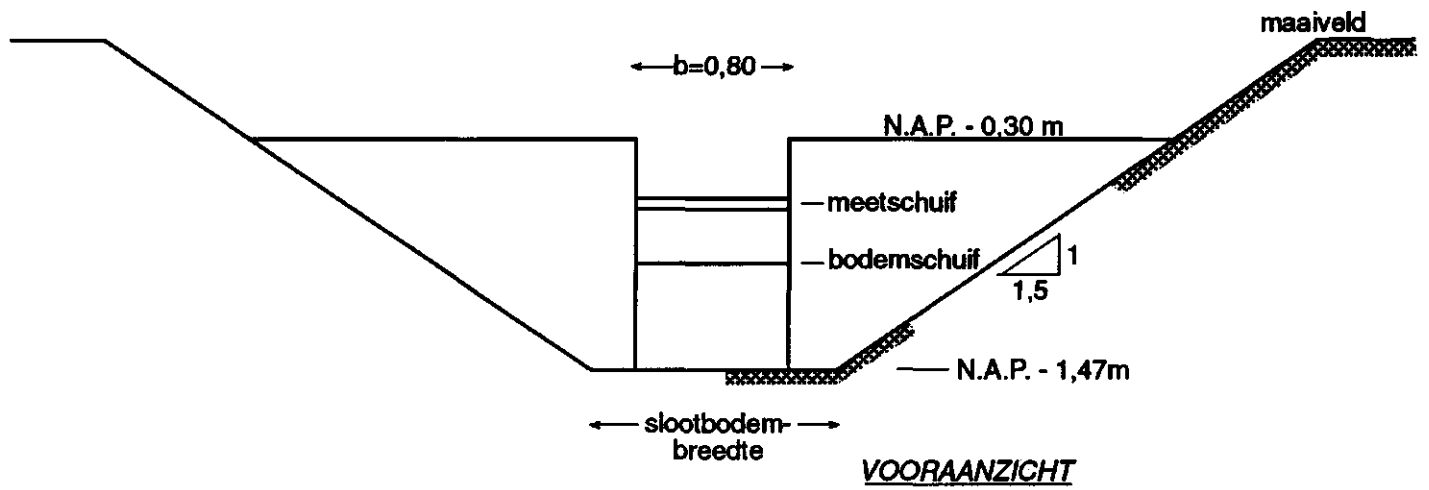
Nu geldt: $(2x - 0,050) - (x + 0,030) = (\text{NAP} - 0,40) - (\text{NAP} - 0,88)$

waaruit volgt $x = 0,56$ m

De slootbodem komt nu op $(\text{NAP} - 0,88) - (0,56 + 0,03) = \text{NAP} - 1,47$ m

In het ontwerp was de slootbodem NAP - 1,30 m.

Terwille van het benodigde meetbereik moet de bodem ter plaats van de meetstuwen met 0,17 m worden verlaagd.



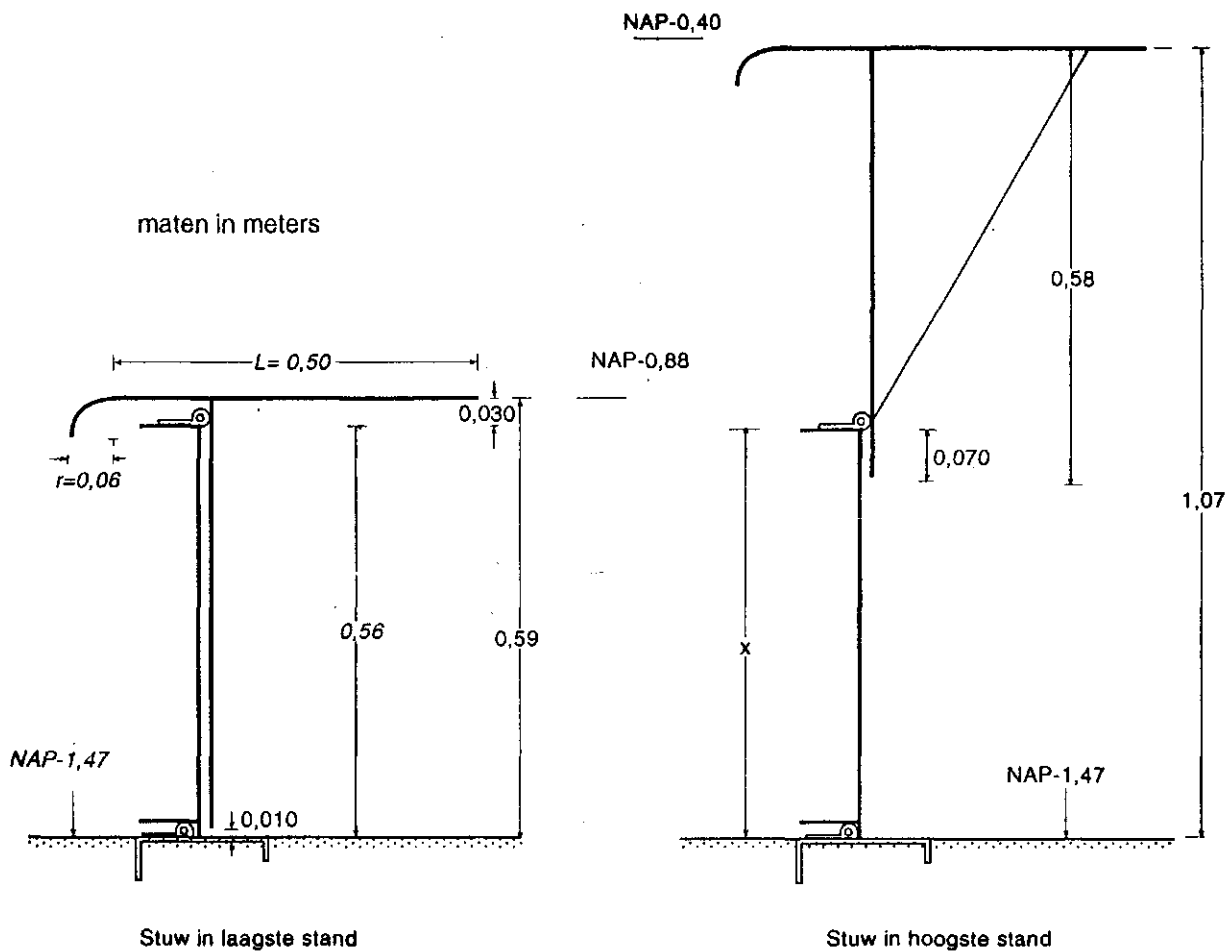
Figuur 5 Layout kunstwerk met Hobrad-overlaat.

4.3 Samenvatting knooppunten 1090 en 1095 (figuren 5 en 6)

bodemhoogte (onderdrempel)	NAP - 1,47 m
breedte Hobrad-overlaat	$b = 0,80$ m
kruinlengte	$L = 0,50$ m
kruinafronding	$r = 0,06$ m
constructiehoogte onderschuif	0,56 m
constructiehoogte bovenschuif met meetblad	0,58 m

het bewegingsbereik is van NAP - 0,88 m tot NAP - 0,40 m

de afvoerrelatie luidt $Q = 1,383 h_1^{1,519}$, geldig tot $Q = 0,225$ m³/s mits er geen opstuwung uit benedenstroomse richting plaats vindt (zie de tabel in par. 4.1)



Figuur 6 Volledige maatvoering Hobrad-overlaat 1090 en 1095

Figuur 5 toont de layout van het kunstwerk (beton of metselwerk) waarin de Hobrad overlaat is gesitueerd. De maten 0,74 m vóór het stuwblad en 0,20 m erachter zijn nodig terwille van de gewenste twee-dimensionale stroming over de stuw (standaard ontwerp).

De bovenwaterstand moet worden gemeten op een afstand $X \geq 3h_{\max}$ bovenstrooms van het stuwblad. Voor $Q = 0,200 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt $X \geq 0,84 \text{ m}$. Voor een extreme afvoer $Q = 0,500 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt $X \geq 1,54 \text{ m}$. Het verdient derhalve aanbeveling de bovenwaterstand te meten op een afstand $1,54 - 0,74 = 0,80 \text{ m}$ vóór de beton/metselwerk constructie.

Figuur 6 toont de volledige maatvoering van de Hobrad overlaat.

Het ontwerp is geheel gebaseerd op ongestuwde afvoer. Het daarvoor benodigde verval over de stuw $h_1 - h_{2\max}$ staat aangegeven in de tabel in par. 4.1.

Als aan deze voorwaarde niet wordt voldaan, dan zal er gestuwde afvoer optreden, waarbij de bepaling van het debiet niet meer mogelijk is.

5. Hydraulisch ontwerp voor het knooppunt 1000

Voor het regime op dit meetpunt zijn er - voor zover nu bekend is - twee mogelijkheden:

- afvoer van het effluent van r.w.z.i $Q = 0,047 \text{ m}^3/\text{s}$
- geen afvoer

Voor het ontwerp zijn er diverse mogelijkheden:

- a) het ontwerp van de punten 1090 en 1095 wordt geheel overgenomen, zowel de maatvoering als de hoogteligging, en dus ook de afvoerrelatie.

voordeel: de stuw kan bij extreme afvoer uit het gebied naast de beide andere worden benut tot $Q = 0,225 \text{ m}^3/\text{s}$ voor ongestuwde afvoer bij winterpeil

nadeel: voor het bedoelde bereik $Q = 0,047 \text{ m}^3/\text{s}$ is de overstorthoogte h_1 relatief gering en daardoor de meetfout X_Q relatief groot (zie de tabel in par. 4.1)

- b) de maatvoering van het meetblad aanhouden, en de hoogtematen aanpassen aan het bedoelde meetbereik, waarbij de bodemhoogte NAP – 1,30 m kan worden gehandhaafd.

In samenvatting wordt dan het ontwerp als volgt:

bodemhoogte (onderdrempel)	NAP – 1,30 m
breedte Hobrad-overlaat	$b = 0,80 \text{ m}$
kruinlengte	$L = 0,50 \text{ m}$
kruinafronding	$r = 0,06 \text{ m}$

hoogte onderschuif 0,475 m

hoogte bovenschuif met meetblad 0,495 m

het bewegingsbereik is van NAP - 0,795 m tot NAP - 0,40 m

de afvoerrelatie blijft $Q = 1,383 h_1^{1,519}$ voor ongestuwde afvoer

voordeel: de stuw kan bij extreme afvoer uit het gebied nog worden benut tot debieten

$$Q = 0,115 \text{ m}^3/\text{s} (h_1 = 0,195 \text{ m}) \text{ bij winterpeil.}$$

nadeel: voor het bedoelde bereik $Q = 0,047 \text{ m}^3/\text{s}$ blijft de meetfout X_Q relatief groot.

- c) het bestaande meetblad versmallen van $b = 0,80 \text{ m}$ tot bijvoorbeeld $b = 0,40 \text{ m}$ en de hoogtematen aanpassen onder handhaving van de bodemhoogte NAP - 1,30 m.

In samenvatting wordt het ontwerp dan als volgt:

bodemhoogte (onderdrempel) NAP - 1,30 m

breedte Hobrad overlaat $b = 0,40 \text{ m}$

kruinlengte $L = 0,50 \text{ m}$

kruinafroning $r = 0,06 \text{ m}$

hoogte onderschuif 0,475 m

hoogte bovenschuif met meetblad 0,495 m

het bewegingsbereik is van NAP - 0,795 m tot NAP - 0,40 m

de afvoerrelatie wordt $Q = 0,691 h_1^{1,519}$ voor ongestuwde afvoer

voordelen:

- voor het bedoelde bereik $Q = 0,047 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt de meetfout gereduceerd van $X_Q = 6,2 \%$ tot $X_Q = 4,3\%$
- bij extreme afvoeren uit het gebied kan de stuw nog worden benut tot debieten $Q = 0,058 \text{ m}^3/\text{s}$ ($h_1 = 0,195 \text{ m}$) bij winterpeil

In overzicht

	A	b	c
Bodemhoogte (m NAP)	-1,47	-1,30	-1,30
breedte overlaat b (m)	0,80	0,80	0,40
kruinlengte L (m)	0,50	0,50	0,50
kruinafroning r (m)	0,06	0,06	0,06
hoogte onderschuif (m)	0,56	0,475	0,475
hoogte bovenschuif (m)	0,58	0,495	0,495
bewegingsbereik (m NAP)	-0,88 tot -0,40	-0,795 tot -0,40	-0,795 tot -0,40
afvoerrelatie Q (m^3/s)	$Q = 1,383 h_1^{1,519}$	$Q = 1,383 h_1^{1,519}$	$Q = 0,691 h_1^{1,519}$
Q_{\max} bij winterpeil (m^3/s)	0,225	0,115	0,058
meetfout X_Q bij $Q = 0,047 \text{ m}^3/\text{s}$	6,2 %	6,2%	4,3%

Het waterschap heeft een voorkeur uitgesproken voor optie a, conform de uitvoeringswijze bij de knooppunten 1090 en 1095, omdat hierbij het grootste meetbereik mogelijk is, ondanks de iets grotere meetfout bij lagere afvoeren.

Literatuur

Boiten, W., A. Dommerholt en M. Soet, 1994
Handboek debietmeten in open waterlopen
Stowa publicatie 94-13