

ADVIES DEBIETMEETSTATION OUDE DIEP TE ECHTEN

W. Boiten

RAPPORT 8

September 1990

**Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen**

522030

INHOUD

	<u>pag.</u>
Symbolen en eenheden	
1. Inleiding	1
2. Beschrijving van de huidige Romijn overlaat	2
3. Waterstanden op pand 5 van de Hoogeveensche Vaart	3
4. Afvoerformules voor de huidige Romijn overlaat en de kans van opstuwing	4
5. Reconstructie van de huidige Romijn overlaat tot een horizontale lange overlaat	7
6. Voorstel tot het ontwerp van een V-vormige lange overlaat	10
7. Conclusies en aanbevelingen	11
Literatuur	12

SYMBOLEN EN EENHEDEN

A_1	oppervlakte dwarsprofiel in de h_1 -meetraai	m^2
b	bodembreedte	m
B	breedte overlaat	m
C_D	karakteristieke afvoercoëfficiënt	-
C_f	reductie coëfficiënt gestuwde afvoer	-
C_v	coëfficiënt aanloopsnelheid	-
g	versnelling ten gevolge van de zwaartekracht	m/s^2
h_1	overstorthoogte t.o.v. kruinblad	m
h_2	waterhoogte benedenstrooms t.o.v. kruinblad	m
H_1	energiehoogte bovenstrooms	m
H_2	energiehoogte benedenstrooms	m
H_B	hoogte driehoek bij V-vormige overlaten	m
L	kruinlengte	m
m	afvoercoëfficiënt	-
Q	debiet	m^3/s
Q_{PDR}	debiet Romijn overlaat met formule Provincie Drenthe	m^3/s
Q_{STR}	debiet Romijn overlaat volgens standaard richtlijnen	m^3/s
Q_{STL}	debiet horizontale lange overlaat	m^3/s
Q_{STV}	debiet V-vormige lange overlaat	m^3/s
R	afrondingsstraal	m
S	verdrinkingsgraad $S = 100 H_2/H_1$	%
S_1	verdrinkingsgraad bij overgang ongestuwde/gestuwde afvoer	%
X	procentuele onnauwkeurigheid in het debiet	%
α	openingshoek V-vormige overlaat	graden
δ_{h_1}	absolute fout in h_1	m

ROMIJN OVERLAAT IN HET OUDE DIEP

1. Inleiding

Op 28 juni 1990 werd door het Waterschap Middenveld opdracht verleend aan de Landbouwniversiteit om advies uit te brengen over de Romijn overlaat in het Oude Diep ten zuiden van Echten.

Het Oude Diep loopt door een relatief steil, snel reagerend stroomgebied. In haar loop bevinden zich een aantal klepstuwen, terwijl vlak voor de uitmonding in de Hoogeveensche Vaart, pand 5, een Romijn overlaat met vaste kruin is gebouwd.

Voor het Waterschap is deze overlaat, die tot voor kort door de Provincie Drenthe werd bemeten, een belangrijk debietmeetstation.

Het advies omvat de volgende onderwerpen:

- het bepalen van de nauwkeurigheid van de afvoerformule van de Provincie Drenthe
- onderzoek naar de mogelijkheid om de bestaande afvoerformule van de huidige overlaat te verbeteren
- het inschatten van de kans op opstuwning vanuit de Hoogeveensche Vaart
- het nagaan van de voordelen van het plat leggen van de huidige overlaat en het opstellen van de bijbehorende afvoerformule.

Het meetbereik is: $0 < Q < 4,66 \text{ m}^3/\text{s}$.

Het advies is uitgebracht door de vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica van de Landbouwniversiteit en stond onder leiding van ing. W. Boiten, die ook de auteur van dit rapport is.

Achtereenvolgens worden behandeld:

- par. 2: Beschrijving van de huidige Romijn overlaat
- par. 3: Waterstanden op pand 5 van de Hoogeveensche Vaart
- par. 4: Afvoerformules voor de huidige Romijn overlaat en de kans van opstuwning
- par. 5: Reconstructie van de huidige Romijn overlaat tot een horizontale lange overlaat
- par. 6: Voorstel tot het ontwerp van een V-vormige lange overlaat
- par. 7: Conclusies en aanbevelingen.

2. Beschrijving van de huidige Romijn overlaat

De Romijn overlaat wordt gekenmerkt door de volgende gegevens:

kruinbreedte $B = 7,50$ m

kruinlengte $L = 0,50$ m, afgerond met $R = 0,10$ m

kruinhoogte NAP + 5,065 m

bladhelling 1 : 25

geleidewanden ter weerszijden van het kruinblad.

De overlaat is in overeenstemming met de beschrijving uit de literatuur [1], mits de nu nog aanwezige stoorelementen worden verwijderd.

Het bovenstrooms pand wordt als volgt beschreven:

bodembreedte $b = 5,50$ m

bodemhoogte NAP + 4,40 m

taluds 1 : 2

Benedenstrooms van de overlaat wordt het peil bepaald door de waterstand op pand 5 van de Hoogeveensche Vaart. Het streefpeil is NAP + 4,80 m.

3. Waterstanden op pand 5 van de Hoogeveense Vaart

De waterstanden op dit kanaalpand worden gemeten op ruim 5 km ten westen en ruim 2 km ten oosten van de uitmonding van het Oude Diep.

Het streefpeil NAP + 4,80 m wordt een groot aantal dagen per jaar overschreden, met name in de zomermaanden.

Van de jaren 1988 en 1989 zijn de waterstanden op pand 5 bewerkt om na te gaan of deze mogelijkwijs opstuwning veroorzaken ter plaatse van de meetoverlaat. Een statistische bewerking van een zo korte meetreeks is niet zinvol. Aangenomen dat de jaren 1988 en 1989 min of meer representatief zijn, kan wel een globale indruk worden gegeven van overschrijdingsfrequenties. Deze zijn als volgt:

gemiddeld aantal dagen overschrijding	waterstand ter plaatse van Oude Diep
0	NAP + 5,38 m
1	NAP + 5,28 m
2	NAP + 5,19 m
3	NAP + 5,15 m
4	NAP + 5,12 m
5	NAP + 5,09 m
6	NAP + 5,07 m
7	NAP + 5,05 m

Hieruit blijkt dat de waterstand circa 6 dagen per jaar hoger staat dan het kruinblad van de overlaat.

In de hierna volgende paragrafen wordt onder meer aangegeven in hoeverre waterstanden hoger dan NAP + 5,065 m (kruinhoogte) op pand 5 kunnen leiden tot gestuwde afvoer over de Romijn overlaat.

4. Afvoerformules voor de huidige Romijn overlaat en de kans van opstuwung

De afvoerformule voor Romijn overlaten luidt als volgt:

$$Q = (2/3)^{3/2} \cdot g^{1/2} \cdot B \cdot C_D \cdot C_V \cdot C_f \cdot h_1^{1,50}$$

Hierin zijn:

Q debiet (m^3/s)

g versnelling van de zwaartekracht, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
de numerieke constante $(2/3)^{3/2} \cdot g^{1/2} = 1,705 \text{ m}^{0,5}/s$

B breedte van de overlaat (m). Voor deze overlaat is $B = 7,50 \text{ m}$

C_D karakteristieke afvoercoëfficiënt (-)

$C_D = f(h_1/L)$, waarbij L de kruinlengte is

C_V coëfficiënt voor de aanloopsnelheid (-)

$C_V = (1 + (Q^2 / A_1^2 \cdot 2gh_1))^{1,50}$, waarbij A_1 de oppervlakte is van het dwarsprofiel t.p.v. de h_1 -meetraai

C_f reductiecoëfficiënt voor gestuwde afvoer (-)

$C_f = f(S)$, waarbij $S = 100 H_2/H_1$. Voor ongestuwde afvoer geldt $C_f = 1$

h_1 overstorthoogte (m).

De Provincie Drenthe hanteerde één afvoercoëfficiënt m in plaats van $C_D \cdot C_V$ en gebruikte een gemiddelde waarde $m = 1,035$ voor het gehele meetbereik. In werkelijkheid variëren echter zowel C_D als C_V .

In de volgende tabel worden de Q- h_1 relaties voor ongestuwde afvoer gegeven, alsmede de te verwachten onnauwkeurigheden in het debiet.

Q_{PDR} is het debiet, berekend met $m = 1,035$ volgens de Provincie Drenthe

Q_{STR} is het debiet, bepaald met de standaard richtlijnen, waarbij C_D is ontleend aan [1] en waar C_V is berekend voor de h_1 -meetraai

X_1 is de systematische fout in Q_{PDR} , de afwijking van Q_{STR}

X_{STR} is de grootste te verwachten toevallige fout in Q_{STR} , gebaseerd op een toevallige fout van 3% in C_D en een toevallige absolute fout $\delta_h = 0,004 \text{ m}$ in h_1

X_{PDR} is de gecombineerde fout in Q_{PDR} , $X_{PDR} = X_1 + X_{STR}$.

h_1 (m)	Q_{PDR} (m ³ /s)	Q_{STR} (m ³ /s)	X_1 (%)	X_{STR} (%)	X_{PDR} (%)
0,04	0,106	0,104	-1,6	15,3	16,9
0,06	0,195	0,195	0,3	10,4	10,7
0,08	0,299	0,304	1,5	8,1	9,6
0,10	0,419	0,428	2,3	6,7	9,0
0,12	0,550	0,566	2,9	5,8	9,7
0,15	0,769	0,795	3,4	5,0	8,4
0,20	1,184	1,226	3,5	4,2	7,7
0,25	1,654	1,720	4,0	3,8	7,8
0,30	2,175	2,297	5,6	3,6	9,2
0,35	2,740	2,953	7,8	3,4	11,2
0,40	3,348	3,686	10,1	3,4	13,5
0,45	3,995	4,488	12,3	3,4	15,7
0,50	4,679	5,362	14,6	3,4	18,0

Conclusies:

1. De gecombineerde fout in de afvoerformule van de Provincie Drenthe is vooral voor hogere debieten niet acceptabel.
2. Het verdient aanbeveling de standaard afvoerformule toe te passen. Een regressie berekening door de relatie $Q_{STR} - h_1$ levert de volgende formules op:
 $Q = 14,45 h_1^{1,53}$ voor $h_1 \leq 0,308$ m
 $Q = 17,04 h_1^{1,67}$ voor $h_1 > 0,308$ m
3. Voor de lagere debieten is de onnauwkeurigheid nog vrij groot. Dit is een gevolg van de relatief grote breedte van de overlaat. In paragraaf 6 wordt aangegeven hoe ook voor de lagere debieten een hogere nauwkeurigheid kan worden verkregen.

Begin van opstuwing

Opstuwing bij een Romijn overlaat treedt op, zodra de verdrinkingsgraad $S = 100 h_2/h_1$ de grenswaarde $S_1 = 30\%$ overschrijdt.

Voor de huidige Romijn overlaat is bij een aantal debieten de vermoedelijke frekwentie berekend, waarmee voor die debieten opstuwing optreedt.

Q (m ³ /s)	h ₁	h _{2max}	maximum peil Hoogev. Vaart	overschrijding dagen/jaar
0,1	0,039	0,012	NAP + 5,077 m	5
0,2	0,061	0,018	NAP + 5,083 m	5
0,35	0,088	0,026	NAP + 5,091 m	5
0,5	0,111	0,033	NAP + 5,098 m	5
1,0	0,175	0,053	NAP + 5,118 m	4
2,0	0,275	0,083	NAP + 5,148 m	3
3,5	0,388	0,116	NAP + 5,181 m	2
4,66	0,460	0,138	NAP + 5,203 m	2

Teneinde de verdrinkingsgraad voldoende betrouwbaar te kunnen vaststellen is het gewenst de benedenwaterstand te meten in de nabijheid van de stuw. Gezien gestuwde afvoer gemiddeld ten hoogste 5 dagen voorkomt, zou hier volstaan kunnen worden met een eenvoudige lijnschrijver.

Als uit de metingen van h₁ en h₂ is gebleken dat S > 30% is, dan moet de coëfficiënt C_f worden ingebracht in de afvoerrelatie. Enkele waarden van C_f = f(S) volgen uit [1]:

S = 100 h ₂ /h ₁	C _f
40	0,983
50	0,971
60	0,955
70	0,934
75	0,910

Deze relatie is als volgt uit te drukken:

$$C_f = 0,646 + 0,192 \log 100 \left(\frac{h_1 - h_2}{h_1} \right), \text{ geldig voor } h_2/h_1 \geq 0,30$$

De afvoerformules worden hiermee als volgt:

$$Q = 14,45 \cdot C_f \cdot h_1^{1,53} \quad \text{voor } h_1 \leq 0,308 \text{ m}$$

$$Q = 17,04 \cdot C_f \cdot h_1^{1,67} \quad \text{voor } h_1 > 0,308 \text{ m}$$

5. Reconstructie van de huidige Romijn overlaat tot een horizontale lange overlaat

Een nadeel van de Romijn overlaat ten opzichte van een horizontale lange overlaat is een grotere gevoeligheid voor gestuwde afvoer.

Door de huidige Romijn plaat plat te leggen, ontstaat de standaard horizontale lange overlaat.

In de volgende tabel wordt de Q - h_1 relatie voor ongestuwde afvoer gegeven, alsmede de te verwachten onnauwkeurigheid in het debiet.

Q_{STL} is het debiet, bepaald met de standaard richtlijnen, waarbij C_D is ontleend aan eigen eerder uitgevoerd onderzoek, terwijl C_V weer berekend is voor de h_1 -meetraai.

X_{STL} is de grootst te verwachten toevallige fout in Q_{STL} , gebaseerd op een toevallige fout van 2% in C_D en een toevallige absolute fout $\delta_h = 0,004$ m in h_1 .

h_1 (m)	Q_{STL} (m ³ /s)	X_{STL} (%)
0,04	0,098	15,1
0,06	0,183	10,2
0,08	0,283	7,8
0,10	0,395	6,3
0,12	0,520	5,4
0,15	0,729	4,5
0,20	1,133	3,6
0,25	1,600	3,1
0,30	2,138	2,8
0,35	2,742	2,6
0,40	3,422	2,5
0,45	4,176	2,5
0,50	4,990	2,5

Een regressie berekening door de relatie Q_{STL} - h_1 levert de volgende formules op:

$$Q = 12,80 \cdot h_1^{1,51} \quad \text{voor } h_1 \leq 0,235 \text{ m}$$

$$Q = 15,45 \cdot h_1^{1,64} \quad \text{voor } h_1 > 0,235 \text{ m}$$

Begin van opstuwing

Bij de horizontale lange overlaat varieert de grenswaarde S_1 - waarbij ongestuwde afvoer overgaat in gestuwde afvoer - van 72% tot 30%, afhankelijk van de parameter h_1/L .

De grenswaarde S_1 is als volgt afhankelijk van de parameter h_1/L :

h_1/L (-)	S_1 (%)
$\leq 0,35$	72
0,4	68
0,5	54
0,6	43
0,7	36
$\geq 0,8$	30

Ook voor deze overlaat is bij een aantal debieten de vermoedelijke frekwentie berekend, waarmee voor die debieten opstuwing optreedt.

Q (m ³ /s)	h_1	h_{2max}	maximum peil Hoogev. Vaart	overschrijding dagen/jaar
0,1	0,040	0,029	NAP + 5,094 m	5
0,2	0,064	0,046	NAP + 5,111 m	4
0,35	0,092	0,066	NAP + 5,131 m	4
0,5	0,117	0,084	NAP + 5,149 m	3
1	0,185	0,130	NAP + 5,195 m	2
2	0,287	0,129	NAP + 5,194 m	2
3,5	0,404	0,128	NAP + 5,193 m	2
4,66	0,481	0,144	NAP + 5,209 m	2

Als uit de metingen van h_1 en h_2 is gebleken dat de afvoer gestuwd is, dan moet de coëfficiënt $C_f = f(S)$ voor het bereik $h_1/L \leq 0,35$ zijn:

$S = 100 h_2/h_1$	C_f
70	0,991
75	0,982
80	0,953
85	0,888

In formule:

$$C_f = 0,182 + 0,598 \log 100 \left(\frac{h_1 - h_2}{h_1} \right), \text{ geldig voor } h_2/h_1 \geq 76,7$$

Conclusies:

1. Het horizontaal leggen van het kruinblad heeft in hoofdzaak 2 gevolgen:
 - de onnauwkeurigheden in de debietbepaling zijn iets lager
 - de kans op gestuwde afvoer is enigszins gereduceerd.Hoewel de verbeteringen duidelijk aanwezig zijn, zijn ze anderszijds van bescheiden omvang.
2. Vooral het meten van de lage afvoeren blijft tamelijk onnauwkeurig. In de volgende paragraaf wordt een geheel nieuw ontwerp voorgesteld, waarvan de verbeteringen omvangrijker zijn.

6. Voorstel tot het ontwerp van een V-vormige lange overlaat

V-vormige lange overlaten worden speciaal ontworpen voor die lokaties, waar ook de lage debieten nog redelijk nauwkeurig moeten worden gemeten. Daarnaast is dit type duidelijk minder gevoelig voor opstuwing.

Ter illustratie wordt het volgende ontwerp voorgesteld:

kruinbreedte $B = 7,50$ m

kruinlengte $L = 0,75$ m

kruinhoogte NAP + 5,065 m

$\tan(\alpha/2) = 18,75$ waardoor $H_B = 0,20$ m

Voor een aantal debieten worden h_1 en X_Q gegeven, alsmede de kans van opstuwing.

STV (m^3/s)	h_1 (m)	X_Q (%)	h_{2max}	maximum peil Hoogev. Vaart	overschrijding dagen/jaar
0,1	0,114	9,3	0,091	NAP + 5,156 m	3
0,2	0,150	7,3	0,122	NAP + 5,187 m	2
0,35	0,188	6,1	0,152	NAP + 5,217 m	2
0,5	0,216	5,5	0,175	NAP + 5,240 m	1
1	0,287	3,8	0,235	NAP + 5,300 m	1
2	0,396	2,8	0,305	NAP + 5,370 m	1
3,5	0,513	2,5	0,323	NAP + 5,388 m	1
4,66	0,586	2,5	0,311	NAP + 5,376 m	1

Conclusies:

Het ontwerp van een V-vormige lange overlaat leidt tot:

- een betere nauwkeurigheid, vooral voor de lage debieten
- een geringere kans op gestuwde afvoer
- verhoging van de bovenwaterstand, maximaal ter grootte van $0,5 H_B$ (in het geïllustreerde ontwerp 0,10 m).

Het verdient aanbeveling het ontwerp van een V-vormige lange overlaat in overweging te nemen als alternatief voor de huidige Romijn overlaat.

Als een waterstandsverhoging, groter dan 0,10 m acceptabel is, dan kan de openingshoek α kleiner worden gekozen, waardoor de voordelen van een V-vormige lange overlaat worden versterkt.

7. Conclusies en aanbevelingen

- De waterstanden op pand 5 van de Hoogeveensche Vaart staan gedurende een aantal dagen per jaar hoger dan het kruinblad van de overlaat. Gebaseerd op de waterstandsmetingen van 1988 en 1989 kan dit gedurende circa 6 dagen per jaar het geval zijn. Voor de Romijn overlaat kan dit gedurende 5 dagen per jaar leiden tot gestuwde afvoer.
- In dit advies zijn drie types overlaat onderling vergeleken:
 - de huidige Romijn overlaat
 - horizontale lange overlaat (platgelegde Romijn overlaat)
 - V-vormige overlaat.

De drie types zijn beoordeeld op de meetfout X_Q en de kans van opstuwning vanuit de Hoogeveensche Vaart.

Q (m ³ /s)	meetfout X_Q (%)				aantal dgn/jaar opstuwing		
	huidige Romijn overlaat		horiz. lange overlaat	V-vormige lange overlaat	Romijn over- laat	over- laat	V-vormige overlaat
	formule Prov. Drenthe	nieuwe formule					
0,1	17,2	15,5	14,8	9,3	5	5	3
0,2	10,7	10,2	9,6	7,3	5	4	2
0,35	9,3	7,5	6,8	6,1	5	4	2
0,5	8,8	6,2	5,5	5,5	5	3	1
1	7,9	4,5	3,8	3,8	4	2	1
2	8,4	3,6	2,8	2,8	3	2	1
3,5	13,0	3,4	2,5	2,5	2	2	1
4,66	16,3	3,4	2,5	2,5	2	2	1

- De afvoerformule van de Provincie Drenthe voor de huidige Romijn overlaat leidt tot vrij grote onnauwkeurigheden. De verbeterde afvoerformule voor ongestuwde afvoer over de Romijn overlaat luidt:

$$Q = 14,45 h_1^{1,53} \quad \text{voor } h_1 \leq 0,308 \text{ m}$$

$$Q = 17,04 h_1^{1,67} \quad \text{voor } h_1 > 0,308 \text{ m}$$

Het verdient aanbeveling deze formules in te voeren bij het installeren van de nieuwe registratie- en verwerkingsapparatuur bij de Romijn overlaat.

Als uit de metingen van h_1 en h_2 is gebleken dat de verdrinkingsgraad $S_1 > 30\%$ is, dan is de afvoer gestuwd. Voor het

bepalen van het debiet moet dan een reductie-coëfficiënt C_f worden geïntroduceerd (zie par. 4).

4. Het horizontaal leggen van het kruinblad leidt tot lichte verbeteringen met betrekking tot de meetnauwkeurigheid en de kans van opstuwingen. De afvoerformule voor ongestuwde afvoer over de horizontale lange overlaat luidt:

$$Q = 12,80 h_1^{1,51} \quad \text{voor } h_1 \leq 0,235 \text{ m}$$

$$Q = 15,45 h_1^{1,64} \quad \text{voor } h_1 > 0,235 \text{ m.}$$

5. Als met name de lage debieten nauwkeuriger moeten worden gemeten, verdient het aanbeveling, het ontwerp van een V-vormige lange overlaat in overweging te nemen. Bij dit type overlaat neemt de kans op gestuwde afvoer verder af. Een nadeel kan zijn, dat het waterpeil bovenstrooms hoger komt te staan.
6. Voor het betrouwbaar meten van de debieten over de Romijn overlaat, worden de volgende maatregelen aanbevolen:
- het verwijderen van de stoor-elementen
 - installatie van een waterstandsmeetpunt (h_2 -meting) benedenstrooms van de overlaat
 - regelmatig schoon houden van het kruinblad.

Literatuur

1. Discharge Measurement Structures, 3e druk 1989.