



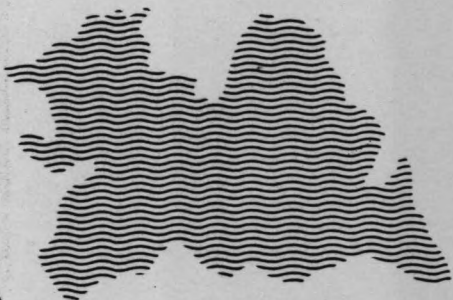
Provinciale Waterstaat Utrecht

Afdeling Natte Waterstaat en Recreatie
Bureau Waterhuishouding

BEPALING AFVOERRELATIE INLAATWERK WIJK BIJ DUURSTEDE

tussen de Lek en de Kromme Rijn.

stageverslag: K.J. van Esch



mei 1987

BEPALING AFVOERRELATIE INLAATWERK WIJK BIJ DUURSTEDEN
tussen de LEK en de KROMME RIJN

door

K.J. van Esch

Delft, mei 1987

Rapport in het kader van:

Doctoraalstudie TU-Delft, faculteit der Civiele Techniek

Begeleiders:

vakgroep Waterbouwkunde

- prof. dr. ir. M. de Vries

vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing

- ir. A. van Mazijk

Stage bij Provinciale Waterstaat Utrecht

Begeleiders:

afdeling Natte Waterstaat en Recreatie

- ir. K.H. de Kruijk

bureau Waterhuishouding

- dr. ir. H.H. Siebers

Voorwoord

Voor u ligt een rapport van een studie naar de afvoerrelatie van een inlaatwerk tussen de Lek en de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede in de provincie Utrecht. Dit rapport is bedoeld voor het bureau Waterhuishouding van de Provinciale Waterstaat Utrecht ten behoeve van de waterkwantiteitsstudies. De gepresenteerde relatie tussen de water- en schuifstanden enerzijds en het debiet anderzijds kan gebruikt worden als afvoerrelatie of als uitgangspunt voor eventuele verdere, naar een hogere nauwkeurigheid strevende, studies naar de afvoer door het inlaatwerk bij Wijk bij Duurstede.

Dit rapport is geschreven in het kader van mijn studie aan de, zoals dat sinds september 1986 heet, faculteit der Civiele Techniek van de TU Delft. Het vormt een deelstudie van het afstudeerproject dat als stage is uitgevoerd in opdracht van de Provinciale Waterstaat van Utrecht, afdeling Natte Waterstaat en Recreatie, bureau Waterhuishouding. De tijd voor deze deelstudie was beperkt zodat niet op alle vragen een volledig antwoord gegeven kon worden.

Bij deze wil ik alle medewerkers van PWS Utrecht die een bijdrage aan deze studie hebben geleverd bedanken, in het bijzonder mijn stage-begeleider dr.ir. H.H. Siebers, voor de inspirerende en leerzame samenwerking. Eenzelfde woord van dank gaat uit naar de begeleiders op de TU. Ook wil ik Rob Kleijwegt, met wie in een prettige samenwerking het hoofd-ontwerp van het afstudeerproject tot stand is gekomen, bedanken voor de tips, bemoedigingen, etc. bij deze deelstudie.

Karst Jan van Esch

Inhoudsopgave

Samenvatting	i
--------------------	---

Hoofdstuk

I.	Inleiding	1
II.	Beschrijving situatie en constructie inlaatwerk WbD	3
III.	Registratie waterstanden	8
IV.	Energieverliezen in de constructie	
	Inleiding	13
	Verliezen in het begindeel	14
	Verliezen in het tussendeel	15
	Verliezen in het eindeel	16
V.	Relatie debiet - water- en schuifstanden	
	Algemeen	18
	Berekening coëfficiënt Cd	20
	Berekening coëfficiënt Cv	21
	Berekening debiet	22
	Calibratie van de gevonden relatie	23
VI.	Computerprogramma voor de debietberekening	
	Inleiding	25
	Structuur van het programma	25
	Het werken met het programma	28
	Listing computerprogramma	31
VII.	Conclusies en Aanbevelingen	42

Literatuur

Bijlage : Listing computerprogramma inclusief symbol/
label cross reference dictionary

Lijst van figuren

Figuur

1. Kromme Rijn gebied in de provincie Utrecht	1
2. Situatie inlaatwerk Wijk bij Duurstede	3
3. Foto aanzicht inlaatwerk vanaf Lekzijde	4
4. Foto aanzicht inlaatwerk vanaf kwelkomzijde	4
5. Foto kwelkom en aanzicht stuw Singelbrug	5
6. Aanzichten inlaatwerk (bron: PWS Utrecht)	6
7. Zijaanzicht inlaatwerk	7
8. Aanzicht doorstroomopening en dorpels	7
9. Gevoeligheid S, bron: [1, p.93]	9
10. Relatie stroomsnelheid - afwijking vlotter	10
11. Dempende werking inlaatopening vlotterbuis	10
12. Plaats van de vlotter in de kwelkom	12
13. Onderverdeling constructie m.b.t. energieverliezen	13
14. Contractie bij landhoofd	14
15. Stroming bij dorpel	15
16. Stroming onder de schuiven	18
17. Bepaling van de verhouding r	19
18. Verlaging pn voor de schuif door verliezen	20
19. Bepaling coëfficiënt Cv, bron [1, p.18]	22
20. Diagram 1: top level	25
21. Diagram 2: de hoofdlijnen van het programma	26
22. Diagram 3: Subroutine SCHUIF	27
23. Diagram 4: Subroutine AFVCOE	27
24. Diagram 5: Subroutine DEBIET	28

25. Diagram 6: Subroutine DEBACC	29
26. Diagram 7: Sub-subroutines AFCAC1, 2 en 3	30
27. Diagram 8: Sub-subroutine SLCAC1 en 2	30

lijst van tabellen

Tabel

1. Resultaten verwerking gegevens 1984	23
--	----

LIJST VAN SYMBOLEN

De belangrijkste symbolen zijn hieronder weergegeven.

A	=	Oppervlakte	[L ²]
a	=	hoogte waarover schuif geheven is	[L]
B	=	breedte	[L]
C	=	Chézy coëfficiënt	[L ^{1/2} T ⁻¹]
Cd	=	Afvoercoëfficiënt, zonder verliesverrekening	[-]
Cd'	=	Afvoercoëfficiënt met verliesverrekening	[-]
d	=	diameter	[L]
g	=	versnelling van de zwaartekracht	[LT ⁻²]
h	=	piëzometrisch niveau, waterstand	[L]
H	=	energiehoogte	[L]
i	=	verhang	[-]
k	=	equivalente zandruwheid volgens Nikuradse	[L]
P	=	Perimeter of natte omtrek	[L]
Q	=	debiet	[L ³ T ⁻¹]
R	=	hydraulische straal	[L]
r	=	verhoudingsgetal voor bepaling Cd	[-]
Re	=	Reynoldsgetal	[-]
S	=	gevoeligheid	[-]
s	=	dorpelhoogte	[L]
Sh	=	miswijzing vlotterstand	[L]
δ	=	dikte viskeuze sublaag	[L]
ν	=	kinematische viscositeit	[L ² T ⁻¹]

SAMENVATTING

Ten behoeve van waterkwantiteitsstudies in de provincie Utrecht is het van belang te weten hoeveel water er door het inlaatwerk Wijk bij Duurstede, dat de verbinding vormt tussen de Lek en de Kromme Rijn, ingelaten wordt. Daarom is een relatie gelegd tussen de geregistreeerde water- en schuifstanden en het te berekenen debiet. Ook is een computerprogramma ontwikkeld waarmee het debiet berekend kan worden bij invoer van water- en schuifstanden.

Het inlaatwerk is in 1865 in de Lekdijk gebouwd. Het heeft drie identieke inlaatopeningen van circa 18 meter lengte en 1,60 meter breedte, met in elke opening twee motorisch bediende stalen schuiven. Via een kwelkom en een stuw stroomt het water de Kromme Rijn in. De waterstanden worden gemeten met behulp van vlotters en evenals de schuifstanden vastgelegd op een schrijver.

In de buitenwaterstand treden schommelingen op, onder andere door de scheepvaart op de Lek, deze schommelingen zijn voor de debietberekening ongewenst. Daar bij de debietberekening wordt uitgegaan van de door de vlotter waargenomen waterstand, en de vlotter de schommelingen sterk gedempt weergeeft vormen deze schommelingen echter geen probleem voor de debietberekening. De vlotter staat te dicht bij het inlaatwerk. De onnauwkeurigheid die hierdoor ontstaat in de debietberekening is ondervangen door middel van het invoeren van een correctiefactor. De waterstandsregistratie in de kwelkom, aan de benedenstroomse zijde van het inlaatwerk, werkt niet als het peil beneden de N.A.P. +2,70 m zakt. Het verdient aanbeveling deze vlotter aan te passen zodat alle optredende waterstanden geregistreeerd worden, aangezien deze nodig zijn voor de debietberekening.

Uitgangspunt voor de relatie tussen de water- en schuifstanden enerzijds en het debiet anderzijds is een formule uit 'Discharge Measurement Structures' van Bos [1] voor stroming onder een schuif. In deze formule staan een afvoercoëfficiënt C_d en een snelheidscoëfficiënt C_v waarin de verliezen die volgens Bos [1] optreden zijn verwerkt. De extra verliezen die in het inlaatwerk bij Wijk bij Duurstede optreden zijn middels een stroomsnelheids afhankelijke factor ondergebracht in de coëfficiënt C_d . Ook de coëfficiënt C_v is stroomsnelheid afhankelijk gemaakt in verband met de niet ideale plaats van de vlotter buitendijks.

De gevonden relatie is gecalibreerd met een aantal meetgegevens. Na een kleine aanpassing (verhoging van een factor 0,61 tot 0,7) bleken de afwijkingen tussen berekende en gemeten waarden gering. Wegens gebrek aan voldoende nauwkeurige gegevens is het niet mogelijk meer gegevens voor de calibratie te gebruiken. Indien een grotere nauwkeurigheid nagestreefd wordt zullen aanvullende metingen nodig zijn of zullen proeven aan een schaalmodel moeten plaatsvinden. De

gevonden relatie moet met een middels nieuwe metingen te verkrijgen set meetgegevens gevalideerd worden.

Om uitspraken te doen omtrent de nauwkeurigheid van de relatie zal de nauwkeurigheid van de metingen bekend moeten zijn.

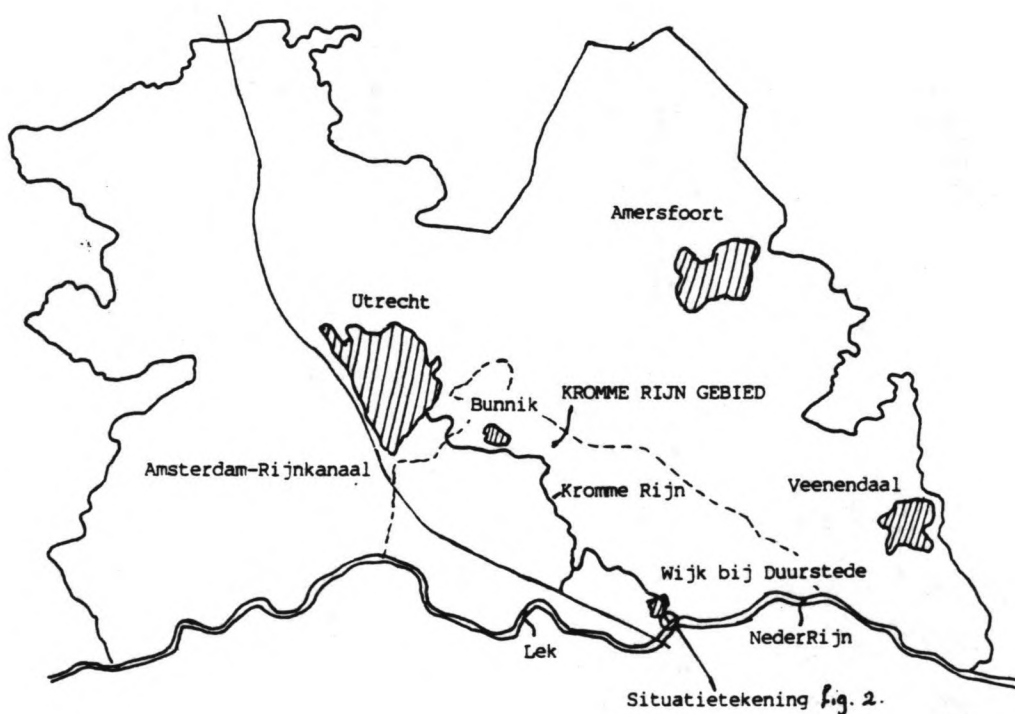
Met het hier gepresenteerde computerprogramma is het mogelijk het debiet in m³/s te berekenen met invoer van water- en schuifstanden.

Hoofdstuk I

INLEIDING

De provincie Utrecht kan op grond van de waterhuishoudkundige toestand van het oppervlaktewater in drie hoofdgebieden worden verdeeld: een oostelijk, midden en westelijk gebied.

Het middengebied wordt globaal begrensd door het Gooi, de Utrechtse heuvelrug, de Neder Rijn en Lek, en het Lekkanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal. Een van de hoofdwatergangen in dit middengebied is de Kromme Rijn, (figuur 1). De wateraanvoer voor het noord-oostelijk deel van het Kromme Rijn gebied, ca. 12300 ha. groot, geschiedt vanuit de Lek via de inlaatsluis bij Wijk bij Duurstede.



Figuur 1: Kromme Rijn gebied in de provincie Utrecht

In verband met waterkwantiteitsstudies in de provincie Utrecht, door het bureau Waterhuishouding van de Provinciale Waterstaat, is het van belang te weten hoeveel water er de provincie binnenkomt en dus ook hoeveel er bij Wijk bij Duurstede wordt ingelaten. Bij het inlaatwerk worden waterstanden en schuifstanden op een schrijver geregistreerd. Er wordt dus niet direct een debiet bepaald. Probleemstelling

is dat een debiet verlangd wordt maar dat dit niet rechtstreeks te verkrijgen is.

Het doel van deze studie is daarom een relatie te leggen tussen de water- en schuifstanden enerzijds en het debiet door het inlaatwerk anderzijds. Ook wordt een computerprogramma ontwikkeld om bij invoer van water- en schuifstanden het debiet te berekenen.

In dit rapport wordt eerst ingegaan op de situatie bij en de constructie van het inlaatwerk, (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 komen de registratie van de waterstanden en de problemen die zich daarbij voordoen aan de orde. Hierna, in hoofdstuk 4, wordt ingegaan op de hydraulische aspecten, onder andere de optredende energieverliezen in de constructie. In hoofdstuk 5 wordt de relatie gelegd tussen de water- en schuifstanden en het debiet. Hierbij wordt rekening gehouden met de energieverliezen. De gevonden relatie wordt gecalibreerd met een set gegevens uit 1984.

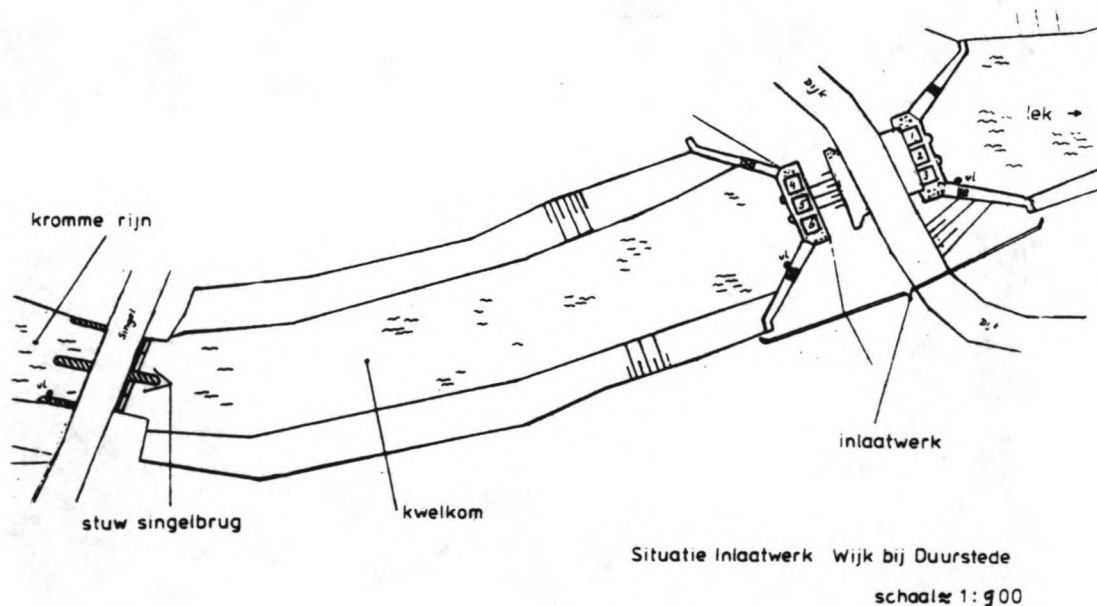
Het computerprogramma voor de debietberekening komt in hoofdstuk 6 aan de orde, waarbij de structuur aan de hand van diagrammen wordt verduidelijkt. Ook worden een aantal richtlijnen gegeven voor het werken met het programma. Een listing van het programma sluit dit hoofdstuk af. Tenslotte worden in hoofdstuk 7 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan die kunnen leiden tot een grotere nauwkeurigheid van de gepresenteerde afvoerrelatie.

Hoofdstuk II

BESCHRIJVING SITUATIE EN CONSTRUCTIE INLAATWERK WBD

Situatie

Het inlaatwerk vormt de verbinding tussen de Lek en de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede (zie de figuren 1 en 2) en geeft de mogelijkheid om ten behoeve van het achterliggende gebied water uit de Lek in de Kromme Rijn in te laten.



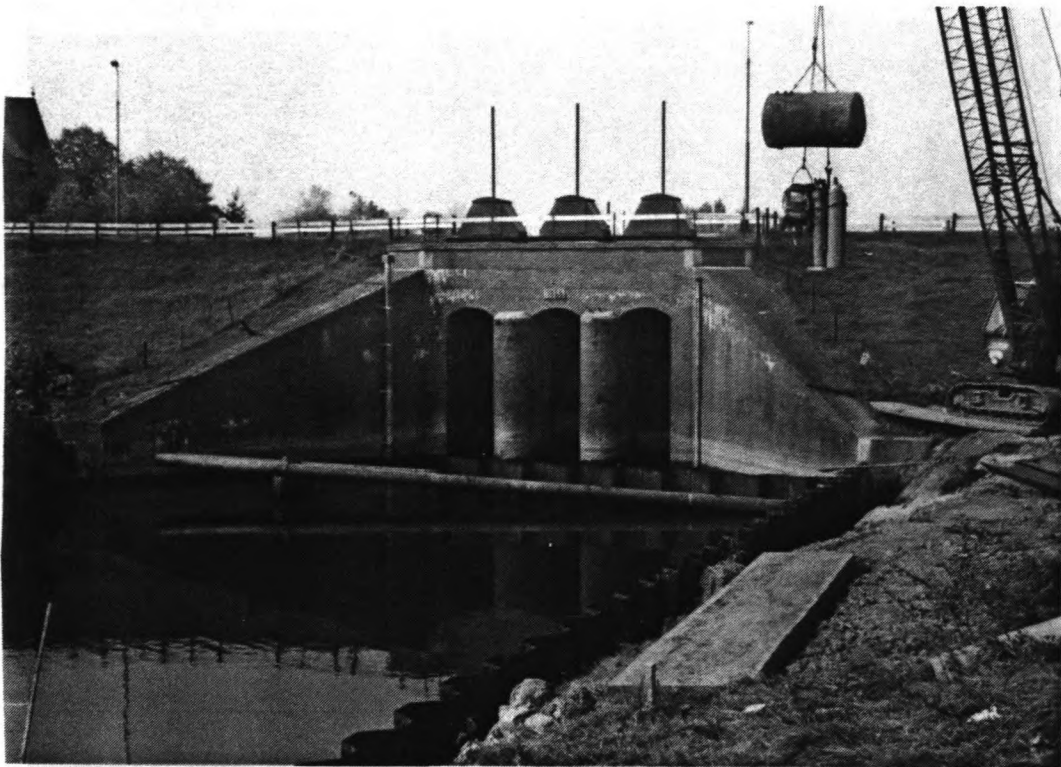
Figuur 2: Situatie inlaatwerk Wijk bij Duurstede

Vanuit de Lek voert een circa 200 meter lang en 20 meter breed kanaal het water naar het inlaatwerk in de Lekdijk. Het inlaatwerk is in 1865 gebouwd. Het bevat drie inlaatopeningen van elk 1,60 meter breed en circa 18 meter lang. Achter het inlaatwerk bevindt zich een kwelkom.

Tussen de kwelkom en de Kromme Rijn bevindt zich een stuw, de stuw Singelbrug, met twee vertikaal beweegbare schuiven. Bij een hoge waterstand op de Lek kan men het water met behulp van de stuw in de kwelkom opzetten om op die manier tegendruk te bieden aan de hoge buitenwaterstand zodat de kwelstroom onder en langs het inlaatwerk verminderd wordt.

In normale situaties is deze buffer niet nodig en zal het ingelaten water via de stuw de Kromme Rijn in stromen.

De waterstanden voor en achter het inlaatwerk worden opgemeten met behulp van vlotters en door een papierschrijver vastgelegd.



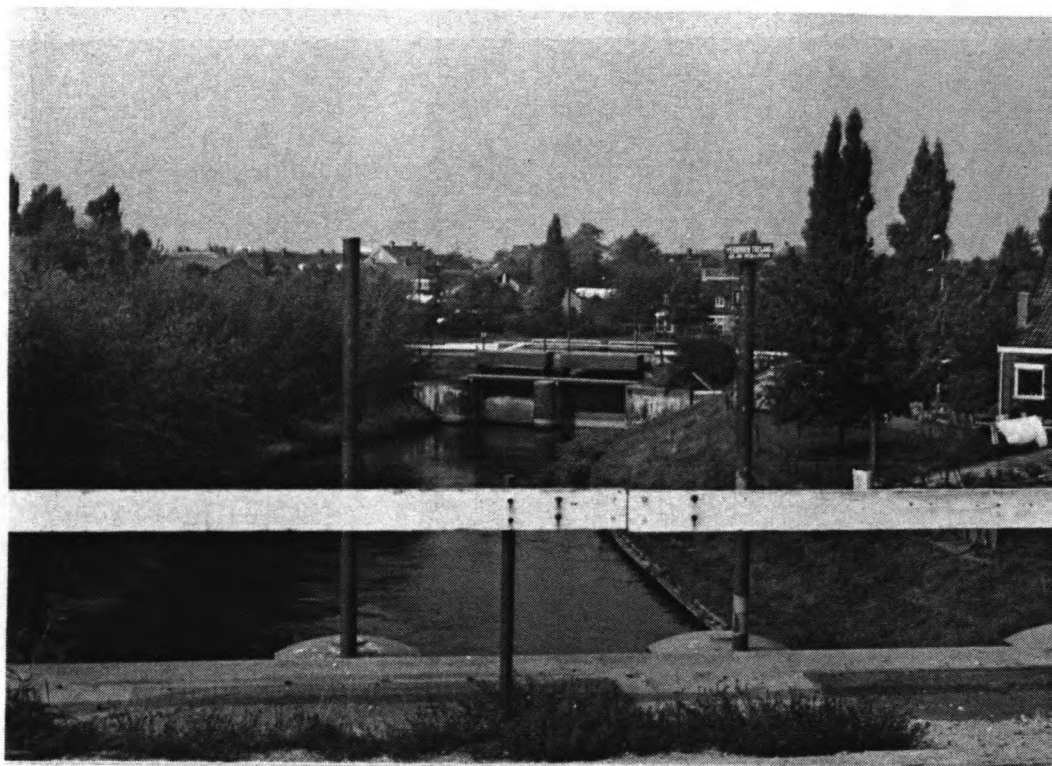
Figuur 3: Foto aanzicht inlaatwerk vanaf Lekzijde



Figuur 4: Foto aanzicht inlaatwerk vanaf kwelkomzijde

(De Stuw Singelbrug blijft in deze studie buiten beschouwing!)

Ter oriëntering volgen hierna enkele gegevens. De buitenwaterstand schommelt de meeste tijd tussen de N.A.P +3 en +4 meter. In droge perioden zakt het peil onder de N.A.P. +3



Figuur 5: Foto kwelkom en aanzicht stuw Singelbrug

m. In 1985 was het laagste peil N.A.P. +2,20 m. Het hoogste peil in 1982 was N.A.P. +6,60 m. Bij deze buitenwaterstand wordt echter niet meer ingelaten.

De waterstand in de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede schommelt rond de N.A.P. +2,50 m. Bij lage buitenwaterstanden zakt het peil mee. De waterstand in de kwelkom zal niet veel afwijken van die in de Kromme Rijn, uitzonderingen daargelaten.

Het gemiddelde debiet dat in 1982 ingelaten werd was 3,0 m³/s terwijl het jaarmaximum 6,6 m³/s bedroeg.

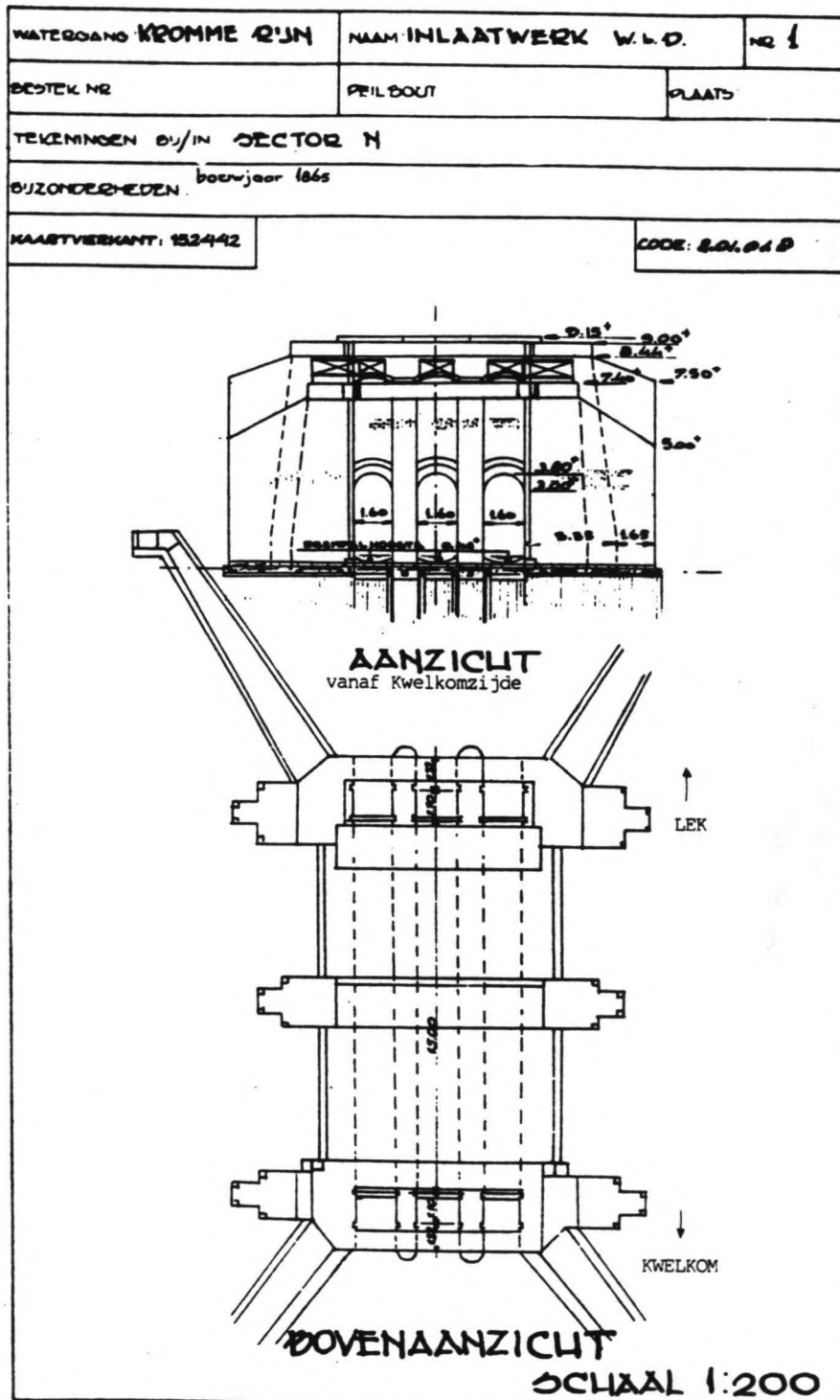
Bron: jaarverslag Waterhuishouding [7].

Constructie

Het inlaatwerk is gemetseld in baksteen. De drie inlaatopeningen hebben een gebogen dak met het midden op 3,80 m boven N.A.P. Ook de bodem is gebogen met het midden op 0,27 m boven N.A.P. Voor de aanzichten van de doorstroomopening wordt verwezen naar de figuren 6 en 7.

De inlaatopeningen kunnen afgesloten worden. Vroeger gebeurde dat met houten schuiven die sloten op de dorpels met de bovenkant op N.A.P. +0,60 m (figuur 8).

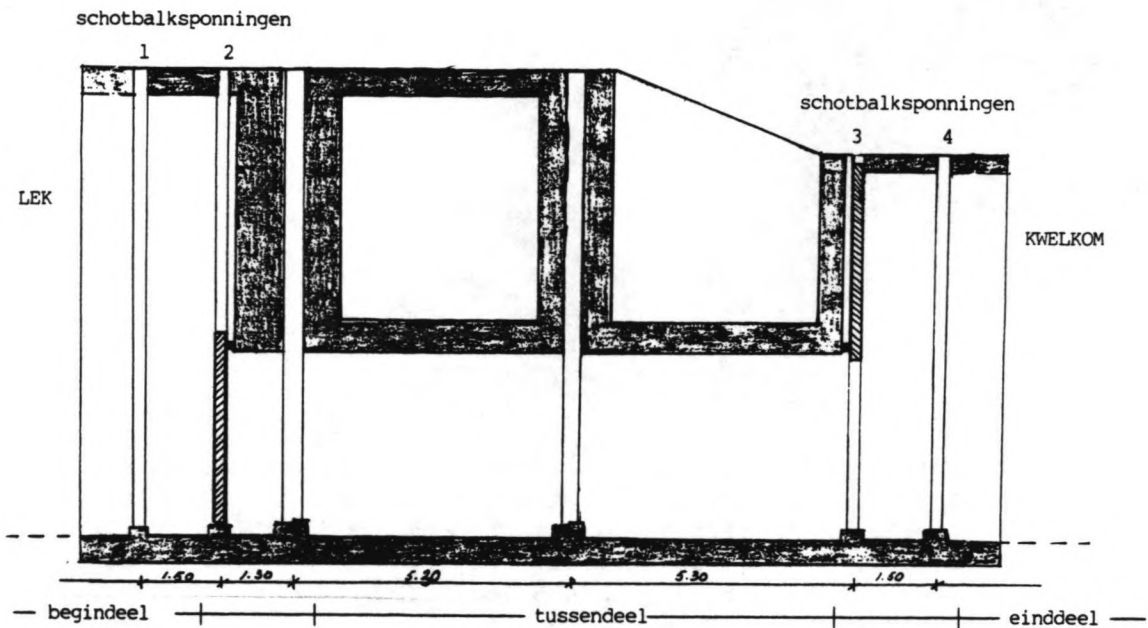
In geval van nood kan men de constructie afsluiten met schotbalken waarvoor er sponningen in de constructie zijn aangebracht. In 1976 zijn de oude schuiven vervangen door motorisch bediende stalen schuiven, genummerd 1 tot en met 6 zoals in figuur 2, die geplaatst zijn in de schotbalksponningen 2 en 3 (figuur 7) en nu dus sluiten op dorpels met de bovenkant op N.A.P. +0,40 m. De oude dorpels zijn blijven zitten.



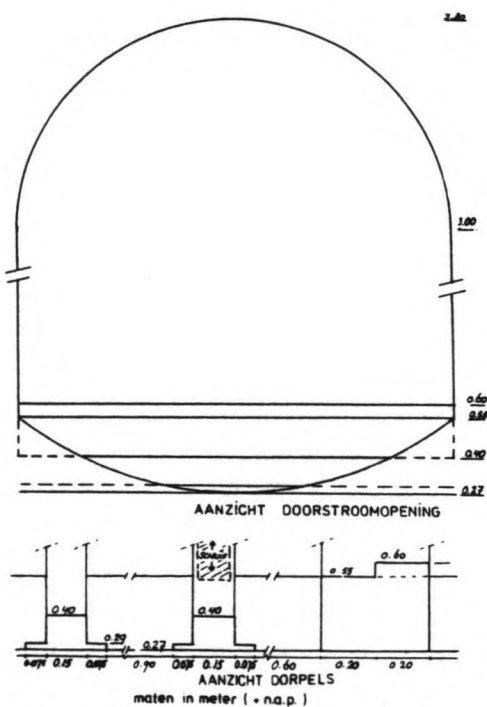
Figuur 6: Aanzichten inlaatwerk (bron: PWS Utrecht)

De constructie kan opgebouwd worden gedacht uit drie delen per inlaatopening.

1. Begindeel, bestaande uit de constructie tot de eerste schuif



Figuur 7: Zijaanzicht inlaatwerk



Figuur 8: Aanzicht doorstroomopening en dorpels

2. Tussendeel, bestaande uit de constructie tussen de 2 schuiven
3. Eindeel, bestaande uit de constructie vanaf de tweede schuif.

In de situaties waarin ingelaten wordt treedt in het tussendeel een situatie met vrije waterspiegel op.

Hoofdstuk III

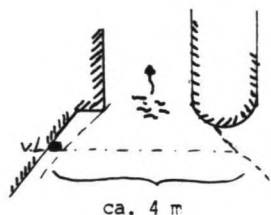
REGISTRATIE WATERSTANDEN

Waterstandsregistratie Lek

Aan de Lekzijde van het kunstwerk wordt de waterstand waargenomen door een vlotter. Deze vlotter bevindt zich in een buis met een binnendiameter van 12 cm met een gesloten onderzijde. Op circa 10 cm vanaf de onderzijde zit een gaatje met een binnendiameter van 0,5 cm welke de verbinding vormt tussen het water in de buis en het water erbuiten. De vlotter is geplaatst op circa 1 meter vanaf de instroomopening van het kunstwerk. Om buiten het versnellingsgebied te blijven zou de afstand volgens Bos [1] 3 à 4 maal de waterdiepte moeten zijn. De gemiddelde waterdiepte is ongeveer 3 meter waaruit een afstand volgt van 9 à 12 meter uit het kunstwerk voor de plaats van de vlotter.

Voorbeeld

Om te kijken wat deze invloed eigenlijk is en wat dat voor gevolg heeft voor de gevoeligheid van Q kan het volgende voorbeeld dienen:



$$Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{verval over de schuif} : 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Aanname : breedte stroombaan bij vlotter} : 4 \text{ m}$$

$$\text{waterdiepte bij vlotter} : 3 \text{ m}$$

$$\text{Stroomoppervlak } A = 12 \text{ m}^2$$

$$v = 0,33 \text{ m/s} \rightarrow \frac{v^2}{2g} = \frac{0,11}{19,6} = 0,01 \text{ m}$$

Het verval over de schuif wordt bepaald met het door de vlotter waargenomen piëzometrisch niveau. De energiehogte voor de schuif is dit piëzometrisch niveau plus de snelheidshogte ter plaatse van de vlotter. De fout in de bepaling van het verval als men uitgaat van alleen het door de vlotter waargenomen piëzometrisch niveau, Δ verval, is hier 0,01 m. Bos definieert de gevoeligheid S als:

"the fractional change of discharge of the structure that is caused bij a unit rise, usually $h=0,01\text{m}$, of the upstream level" [1,p.92]

waarin Δh wordt veroorzaakt door verandering in de water-spiegel, afleesfout, verkeerde locatie meetpunt, etc. Het een en ander is ook in een grafiek uitgezet, zie figuur 9.

$$s = \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{(dQ/dh) \Delta h}{Q}$$

met gebruik van de relatie

$$Q = \text{Constante} \cdot h^u \rightarrow s = \frac{\text{Constante} \cdot u \cdot h^{u-1} \Delta h}{\text{Constante} \cdot h^u} = \frac{u}{h} \Delta h$$

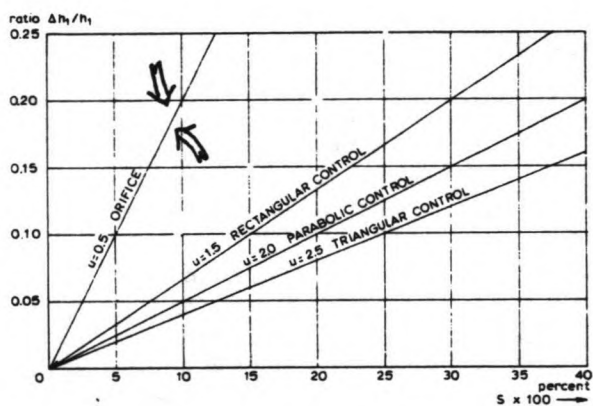
In dit geval gaat het over het verval over de schuif zodat

$$Q = \text{Constante} \cdot \sqrt{\text{verval}} = \text{Constante} \cdot (\text{verval})^{\frac{1}{2}} \rightarrow u = \frac{1}{2}$$

$$s = \frac{1}{2} \frac{\Delta \text{verval}}{\text{verval}}$$

Het aangenomen verval is 0,50 m, de afwijking in het verval door verwaarlozing van de snelheidshoogte is 0,01 m

$$s = \frac{1}{2} \frac{0,01}{0,50} = 0,01 = 1\%$$



Sensitivity as a function of relative change in head and shape of control section

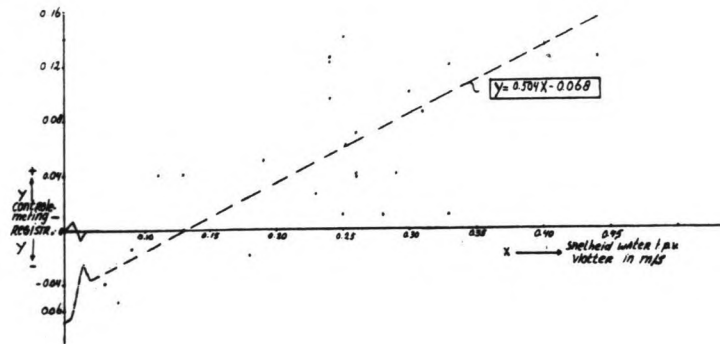
Figuur 9: Gevoeligheid S, bron: [1, p.93]

De waarden die uit dit voorbeeld volgen dienen slechts als indicatie omdat met andere waterstanden en debiet er andere waarden voor de afwijking in Q volgen. Wat wel valt te zien in de formule voor de gevoeligheid S is dat de afwijking groter wordt naarmate het verval over de schuif afneemt. De afwijking zal dus het grootst zijn bij een groot debiet en een klein verval.

Bij vergelijking van een aantal geregistreerde gegevens met handmatige controlemetingen (uitgevoerd door medewerkers van PWS Utrecht) komen afwijkingen in de buitenwaterstand naar voren die tot 20 centimeter kunnen oplopen. Aangezien het debiet door het inlaatwerk bepaald zal worden met behulp van de door de vlotter waargenomen waterstand, moet gekeken worden waardoor deze afwijkingen veroorzaakt worden en of dit gevolgen heeft voor de debietbepaling.

Er blijkt geen verband te bestaan tussen het verschil tussen registratie en controlemeting en de hoogte van de buitenwaterstand.

Bij het uitzetten van de verschillen tegen de stroomsnelheid ter plaatse van de vlotter is er een verband te bespeuren. (Zie figuur 10).



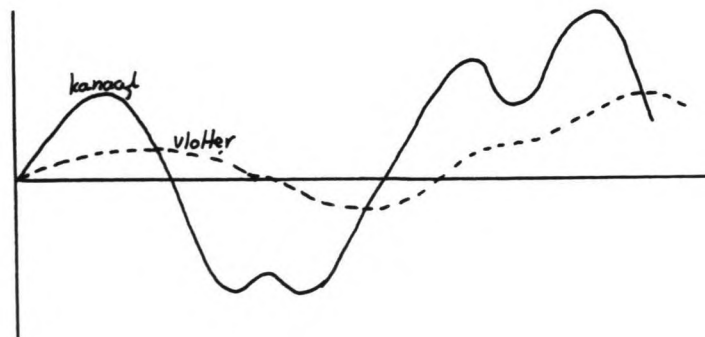
Figuur 10: Relatie stroomsnelheid - afwijking vlotter

Bij het toepassen van lineaire regressie komt er een lijn uit met een correlatiecoëfficiënt van 0,73. Dit lijkt hoog, maar de afwijking van de individuele punten met de lijn kan vrij groot zijn. Dit betekent dat op basis van deze relatie geen correctie als functie van de stroomsnelheid ter plaatse van de vlotter op de vlotterwaarneming toegepast kan worden.

De waterstand voor het inlaatwerk kan beïnvloed worden door de scheepvaart in de Lek. Door passerende schepen wordt water 'weggezogen' uit en 'opgestuwd' in het aanstroomkanaal naar het inlaatwerk. Dit veroorzaakt een schommeling in de waterstand. In Bos [1,p.66] en in het ISO Standards Handboek 16 [6, p.427] wordt als algemene richtlijn gegeven dat het totaal aan dwarsdoorsnedes van de inlaatopeningen van de vlotterbuis bij benadering 1% van de binnendoorsnede van de vlotterbuis moet zijn. Bij de hier beschouwde vlotterbuis met een binnen diameter van 0,12 m en een inlaatopening-diameter van 0,005 m komt dit slechts op 0,2%.

Dwarsdoorsnede vlotterbuis : $\frac{1}{2} \pi d^2 = \frac{1}{2} * \pi * 12^2 = 113 \text{ cm}^2$

Dwarsdoorsnede inlaatopening : $\frac{1}{2} \pi d^2 = \frac{1}{2} * \pi * 0,5^2 = 0,2 \text{ cm}^2$



Figuur 11: Dependende werking inlaatopening vlotterbuis

Dit heeft tot gevolg dat de schommelingen sterk worden gedempt en dat de waterstand in de vlotterbuis na-ijlt bij de buitenwaterstand. Zie ook figuur 11 .

Een indicatie voor de miswijzing ten gevolge van de demping kan gevonden worden door de berekening te volgen die gegeven wordt in het ISO Standards Handbook, [6] p.447.

$$Sh = \frac{W}{2g} \left(\frac{Aw}{Ap} \right)^2 \left(\frac{dh}{dt} \right)^2 = \frac{1,5}{19,6} \left(\frac{113}{0,2} \right)^2 \left(\frac{0,30}{120} \right)^2 = 0,15 \text{ m}$$

- Sh = miswijzing in meters
W = een coëfficiënt voor verliezen bij intreding van water in de vlotterbuis, de lengte van het inlaatpijpje is nagenoeg 0, W is dan 1,5
Aw = doorsnede vlotterbuis = 113 cm²
Ap = doorsnede inlaatopening = 0,2 cm²
dh/dt = mate van verandering van de waterspiegelhoogte in het kanaal bij de vlotter in m/s. Voor deze indicatie wordt uitgegaan van een schommeling van 0,30 m in 2 minuten.

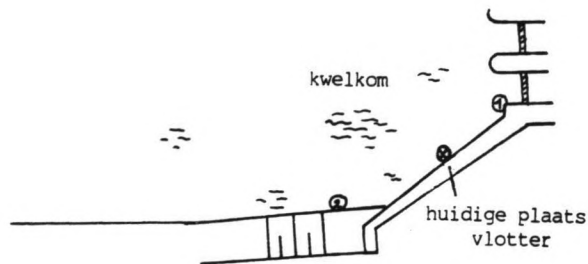
De golfbeweging is gerelateerd aan de tijd die een schip nodig heeft om de ingang van het aanstroomkanaal te passeren (in de orde van grootte van 2 min.), en aan de frequentie van de passerende schepen. Deze golfbeweging is niet of nauwelijks te voorspellen of te beschrijven.

Bij de debietbepaling gaat men uit van een momentopnamen van de waterstand die geldt voor de hele tijdstap waarover men de ingelaten hoeveelheid berekent, bijvoorbeeld 20 minuten. Hierdoor zijn schommelingen in de waterstand ten gevolge van de scheepvaart ongewenst. Als men uitgaat van een waterstand die net op het moment van waarnemen hoog is door de schommeling zal er een afwijking in het berekende debiet optreden ten opzichte van het werkelijke debiet. Daarom is het gunstig dat de vlotter de schommelingen ten gevolge van de scheepvaart sterk dempt. Mits de opening in de vlotterbuis goed onderhouden wordt kan bij de debietbepaling uitgegaan worden van de door de vlotter waargenomen buitenwaterstand.

Waterstandsregistratie Kwelkom

In de kwelkom treden niet van die waterstandsschommelingen op als in het aanstroomkanaal. Voor de debietbepaling is het energieniveau juist achter de schuif nodig. De vlotter staat echter in het verdragingsgebied waar energieverlies optreedt. De vlotter verplaatsen naar het kunstwerk (1 in figuur 12) zou betekenen dat er tussen schuif en vlotter geen verdragingsverlies optreedt, wel staat de vlotter dan in een gebied waar de snelheidshoogte aanzienlijk kan zijn en de stroming turbulent is. Dit zorgt voor een onnauwkeurigheid in de afvoerrelatie.

Verplaatsen van de vlotter naar een plaats achter het verdragingsgebied, 2 in figuur 12 , betekent dat de snelheidshoogte verwaarloosbaar is, maar dat er extra energie verloren is gegaan door wrijving en vertraging. Dit levert dan weer een groter verschil op tussen het piëzometrisch niveau



Figuur 12: Plaats van de vlotter in de kwelkom

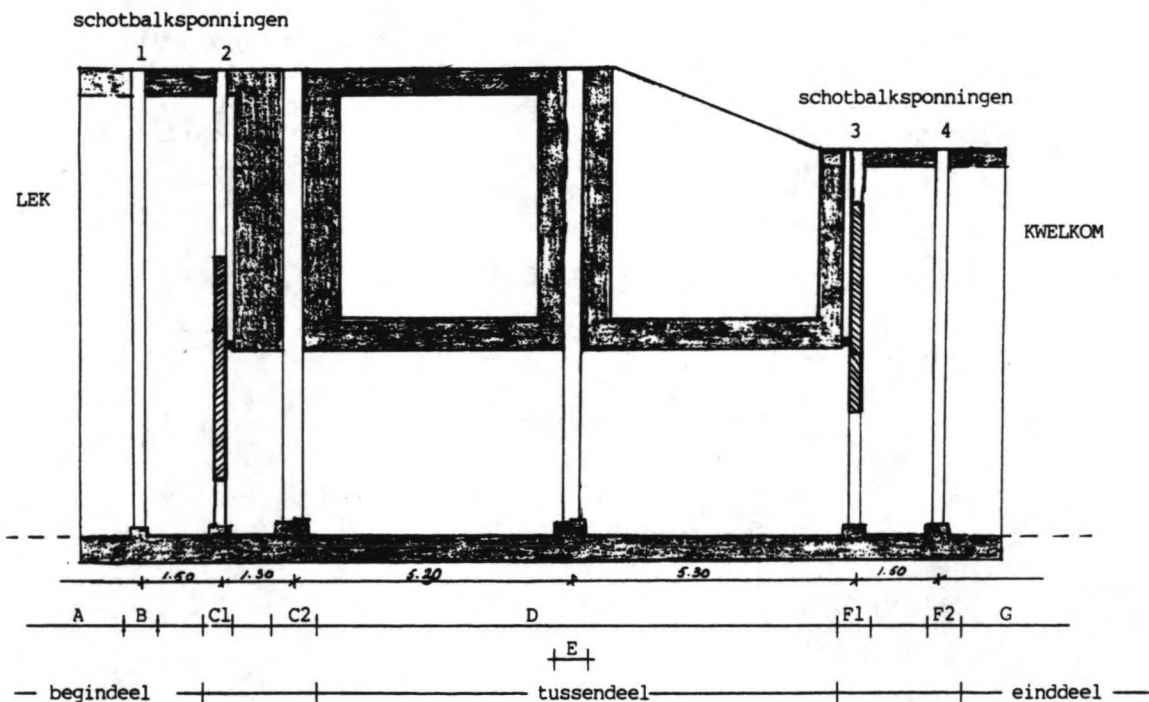
achter de schuif en bij de vlotter. Dit zorgt ook voor een extra onnauwkeurigheid in de afvoerrelatie. Verplaatsing van de vlotter zal dus voordelen maar ook nadelen hebben en is dus niet aan te bevelen. Bij vergelijking van de registratiegegevens en de controlemetingen blijkt dat de vlotter geen waterstanden lager dan N.A.P. +2,70 m aangeeft. De waterstand kan wel aanzienlijk lager zijn. Als bij de debietbepaling uitgegaan wordt van de door de vlotter waargenomen waterstand zouden er grote afwijkingen kunnen optreden tussen het werkelijke en het berekende debiet. Het verdient aanbeveling om deze vlotter aan te passen zodat alle optredende waterstanden geregistreerd worden.

Hoofdstuk IV

ENERGIEVERLIEZEN IN DE CONSTRUCTIE

4.1 INLEIDING

Bij de debietbepaling (hoofdstuk 5) zal uitgegaan worden van een relatie die gegeven wordt in [1]. In deze relatie wordt gebruik gemaakt van een karakteristieke afvoercoëfficiënt C_d waarin onder andere verliezen verwerkt zijn die bij de stroming onder een schuif optreden. In dit hoofdstuk komen de verliezen aan de orde die bij de relatie in [1] niet voorkomen maar die wel van invloed zijn op het debiet door dit inlaatwerk bij Wijk bij Duurstede (dorpels, wrijving, vertraging).



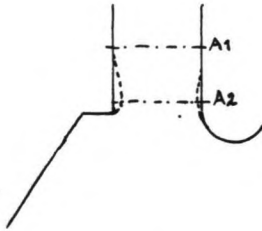
Figuur 13: Onderverdeling constructie m.b.t. energieverliezen

Daarom zal in dit hoofdstuk per gedeelte van de constructie (figuur 13) gekeken worden wat die verliezen zijn en wat de invloed op het debiet kan zijn. Er wordt van uitgegaan dat de verliezen die bij de schuiven (C en F in fig. 13) optreden verwerkt zijn in de relatie die Bos in [1] geeft.

4.2 VERLIEZEN IN HET BEGINDEEL

Instroming, deel A figuur 13.

Bij de instroming in de constructie kan er dwarscontractie optreden (Zie figuur 14). In [5] is onderzoek gedaan naar de grootte van de contractiecoëfficiënt bij zijdelingse contractie bij meetstuwten, hoewel dit geen betrekking had op schuiven met onderafvoer.



Figuur 14: Contractie bij landhoofd

De uitkomsten worden daarom gebruikt als indicatie. Voor slecht afgeronde landhoofden werd een coëfficiënt gevonden van 0,97 - 0,99. Hier wordt uitgegaan van een coëfficiënt van 0,9. Door de contractie ontstaat een vertraging na de kleinste doorsnede. Het verlies dat hierdoor ontstaat kan benaderd worden met Carnot: ([4])

$$\Delta H = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \xi = \left[1 - \frac{A1}{A2}\right]^2$$
$$A2 = 0,9 \cdot A1 \quad \xi = [1 - 0,9]^2 = 0,01$$

Het verlies is circa 1 % van de snelheidshoogte dus zeer gering.

Voorbeeld

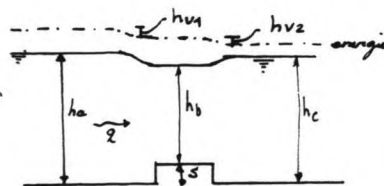
$$Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$$
$$h \text{ ten opzichte van de bodem} = 3,0 \text{ m}$$
$$A = b \cdot h = 1,60 \cdot 3,0 = 4,8 \text{ m}^2$$
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4}{4,8} = 0,83 \text{ m/s} \rightarrow \frac{v^2}{2g} = 0,04 \text{ m}$$

1% hiervan is 0,4 mm

Dorpel, deel B figuur 13.

Na de instroming in de constructie komt op circa 1 meter vanaf de bovenstroomse rand de eerste dorpel. Door de gekromde bodem is deze niet constant van hoogte. In het midden is hij 13 cm hoog, aan de zijkanten is hij verzonken. (Zie ook figuren 7 en 8). Omdat de verzinkingen ook verliezen opleveren wordt uitgegaan van een dorpel met een constante hoogte van 13 centimeter.

In [3, deel 2, p155/156] wordt ingegaan op het verschijnsel bodemval en drempel, zie figuur 15 .



Figuur 15: Strooming bij dorpel

Verhoging bodem:
$$h_a + \frac{v_a^2}{2g} = s + h_b + \frac{v_b^2}{2g} + h_{v1}$$

Verlaging bodem:
$$h_b + \frac{v_b^2}{2g} + s = h_c + \frac{v_c^2}{2g} + h_{v2}$$

Fraanje [3] stelt dat $h_{v1} = 0,1 \frac{v_b^2}{2g}$ en $h_{v2} = 0,2 \frac{v_b^2}{2g}$

Als de stroomlijnen nu boven de dorpel weer ingesteld zouden zijn voordat de verlaging optreedt zou het totale verlies gesteld kunnen worden op $0,3 \frac{v_b^2}{2g}$

Door de geringe lengte van de dorpel (0,15 m) zal dit echter niet het geval zijn. Omdat in werkelijkheid de dorpel niet constant van hoogte is, maar eigenlijk in de dwarsdoorsnede gezien een samenstel van een drempel in het midden en een bodemval aan de zijkanten zal het verlies kleiner zijn dan $0,3 \frac{v_b^2}{2g}$ en groter dan $0,1 \frac{v_b^2}{2g}$.

Het verlies voor een dorpel wordt gesteld op: $\text{verlies} = 0,2 \frac{v_b^2}{2g}$ waarin v de stroomsnelheid boven de dorpel is. Door de verliezen tussen het registratiepunt van de waterstand en de schuif zal het piëzometrisch niveau bij de schuif lager zijn dan door de vlotter wordt aangegeven.

Hierdoor zal ook het verval over de schuif kleiner zijn en dus zal er een kleiner debiet optreden. Deze verliezen moeten daarom in de debietbepaling meegenomen worden. De verliezen zijn snelheidsafhankelijk, en dus afhankelijk van Q en de waterstand.

4.3 VERLIEZEN IN HET TUSSENDEEL

In het tussendeel zal verlies optreden door wrijving en door de dorpel. Deze verliezen zijn van invloed op het debiet doordat ze een kleiner piëzometrisch niveau voor de tweede schuif veroorzaken als in het geval zonder verliezen. Daarom moeten ze in de debietbepaling meegenomen worden.

Wrijvingsverlies, deel D figuur 13.

Voor de bepaling van dit verlies zal eerst met behulp van het Reynoldsgetal bepaald worden of de strooming turbulent of

laminair is. Daarna wordt met een algemene formule voor een willekeurige leiding met homogene ruwheid k de C -waarde bepaald (White-Colebrook). Met behulp van de formule van Chézy wordt daarna het wrijvingsverhang i bepaald. Door vermenigvuldiging van dit verhang met de lengte waarover de wrijving optreedt wordt het verlies verkregen.

Het metselwerk van de constructie is oud, bouwjaar 1865. Met behulp van de gegevens uit [4, p.71] wordt voor de k een waarde van 0,005 m gevonden.

$$Re = \frac{v R}{\nu} \quad R = \text{hydraulische straal} = \frac{A}{P}$$

$$P = \text{Perimeter of natte omtrek}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Stel } h = 2,50 \text{ m} \quad A = 1,60 * 2,50 = 4 \text{ m}^2 \\ \quad \quad \quad \quad P = 2,5 + 1,6 + 2,5 = 6,6 \text{ m} \end{array} \right\} R = \frac{4}{6,6} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Stel } v = 0,1 \text{ m/s} \rightarrow Re = \frac{0,1 * 0,6}{10^{-6}} = 60000 > 600 \text{ à } 800$$

turbulente stroming, zelfs bij kleine v

$$\text{Schatting } C : C = 18 \log \frac{12 R}{k} = 18 \log \frac{12 * 0,6}{0,005} = 57 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$$

$$\text{Chézy} : v = C \sqrt{R i} \rightarrow i = \frac{v^2}{C^2 R}$$

Het wrijvingsverhang i is snelheidsafhankelijk. Er moet gecontroleerd worden of in de formule voor de schatting van C terecht is uitgegaan van een hydraulisch ruwe situatie.

$$\text{Stel } v = 1 \text{ m/s} \rightarrow i = \frac{1^2}{57^2 * 0,6} = 513 * 10^{-6}$$

$$\delta = \frac{11,6 \nu}{u_*} = \frac{11,6 * 10^{-6}}{\sqrt{9,8 * 0,6 * 513 * 10^{-6}}} = 211 * 10^{-6}$$

$$\text{White-Colebrook: } C = 18 \log \frac{12 R}{k + \delta / 3,5} = 18 \log \frac{12 * 0,6}{0,005 + 211 * 10^{-6} / 3,5}$$

$$= 57 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$$

Dus inderdaad hydraulisch ruw, C blijft hetzelfde.

$$\text{wrijvingsverhang} : i = \frac{1}{C^2 R} * v^2 = 513 * 10^{-6} * v^2 = 10 * 10^{-3} \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{lengte waarover wrijving optreedt: ca. } 12 \text{ m}$$

$$\text{verlies over deze afstand door wrijving: } 0,12 * \frac{v^2}{2g}$$

Hierbij wordt aangenomen dat de stroming waarvoor de wrijving van betekenis is over de gehele afstand tussen de schuiven optreedt. In werkelijkheid zal een klein gedeelte achter de eerste schuif hiervoor niet meetellen, omdat net achter de schuif de neer optreedt van een watersprong. Aangezien dit gedeelte moeilijk te bepalen is, en het verschil niet zo groot zal zijn wordt uitgegaan van de totale afstand tussen de schuiven.

Dorpel, deel E figuur 13.

Net zoals bij de dorpel in het instroomdeel wordt ervan uitgegaan dat er over de dorpel een verlies optreedt van 0,2

maal de snelheidshoogte boven de dorpel.

4.4 VERLIEZEN IN HET EINDDEEL

Bij het verlaten van de constructie treedt voornamelijk verlies op door vertraging, deel G in figuur 13.

Het vertragingverlies kan benaderd worden met Carnot:

$$\Delta H = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \xi = \left[1 - \frac{A1}{A2} \right]^2$$

Stel de breedte van de stroombaan ter plaatse van de vlotter circa 5 meter.

$$\xi = \left[1 - \frac{1,60}{5} \right]^2 = 0,5$$
$$H = 0,5 \frac{v^2}{2g}$$

De verliezen treden op tussen de tweede schuif en de vlotter. Het piëzometrisch niveau net achter de schuif zal dus hoger zijn als door de vlotter wordt waargenomen. Als het verlies tussen de schuif en de vlotter niet zou worden meegenomen zou er een te groot verval over de schuif worden aangenomen, waardoor een te groot debiet berekend zou worden. Het verlies is afhankelijk van de snelheidshoogte, en dus van het debiet, en kan gesteld worden op:

$$0,5 \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B (h3 - \text{bodemhoogte})}$$

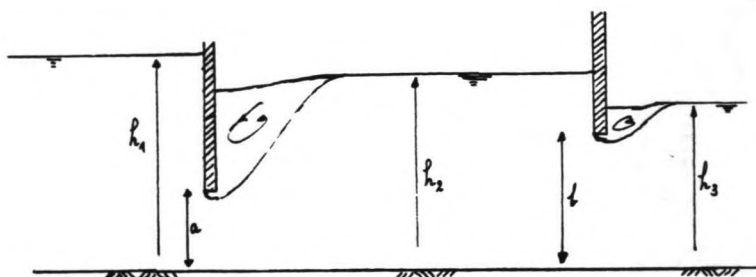
waarin h3 de waterstand in de kwelkom is.

Hoofdstuk V

RELATIE DEBIET - WATER- EN SCHUIFSTANDEN

5.1 ALGEMEEN

De in dit hoofdstuk gegeven relatie is gebaseerd op de relatie die gegeven wordt in 'Discharge Measurement Structures', ed. M.G.Bos [1, p.298 e.v.]. De in het vorige hoofdstuk berekende verliezen worden in de relatie betrokken.



Figuur 16: Stroming onder de schuiven

De basisvergelijking voor het debiet onder een schuif is

$$Q = C_d C_v A \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

In deze vergelijking is h_1 het piëzometrisch niveau vlak voor de eerste schuif en h_2 het piëzometrisch niveau achter de eerste schuif, ($h_1 - h_2$ is dus het verval over de schuif). Dit kan ook voor de tweede schuif opgesteld worden met h_2 en h_3 , zie figuur 16. In de basisvergelijking staan twee coëfficiënten:

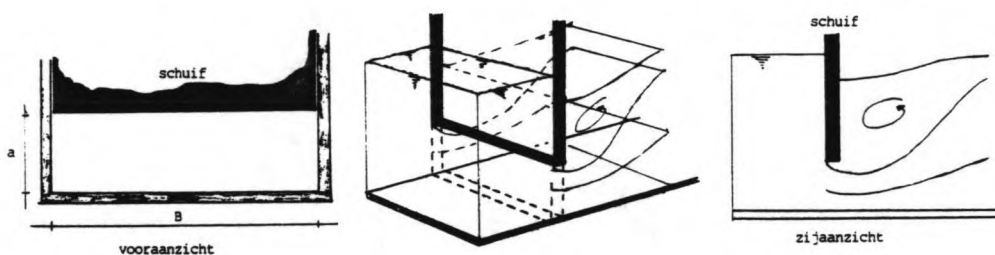
- C_d , een afvoercoëfficiënt waarin de volgende aannamen worden gecompenseerd:
 1. Afwezigheid van energieverlies tussen de vlotter en de schuif
 2. Rechte en parallelle stroomlijnen bij de vlotter en onder de schuif
 3. Uniforme snelheidsverdeling bij de vlotter en de schuif. [2]
- C_v , een snelheidscoëfficiënt die ingevoerd wordt omdat de aanloopsnelheid verwaarloosd wordt (er wordt uitgegaan van het piëzometrisch niveau in plaats van het energieniveau)

Ten opzichte van het geval in [1], waarin geen dorpels en extra wrijving en vertraging zitten, zitten er in deze constructie extra snelheidsafhankelijke verliezen (de verliezen bij B, D, E, G in figuur 13) die in bovengenoemde coëfficiënten zullen worden ondergebracht.

De uitdrukking die Bos [1, p.299] hanteert voor C_d is:

$$C_d = 0,61 (1 + 0,15 r)$$

Hierin is r de verhouding tussen de lengte van de wanden die na de betreffende opening verwijding van de stroombaan verhinderen en de natte omtrek van de betreffende opening. In dit geval de bodem waarop de schuif sluit met een breedte B en de verticale wanden tussen de bodem en de onderkant van de schuif met een hoogte a , zie figuur 17.



Figuur 17: Bepaling van de verhouding r

De uitdrukking voor r wordt dan

$$r = \frac{B + 2a}{2B + 2a}$$

De bovengenoemde uitdrukking geldt voor gladde schuiven. Een toename van de ruwheid van het oppervlak van de schuif heeft een afname van de snelheid parallel aan de schuif tot gevolg hetgeen weer een afnemende contractie tot gevolg heeft, en dus een grotere 'doorstroomopening' [1, p.32]. Dit levert een groter debiet op. De wrijving door de ruwheid van de schuif zal een afname van het debiet tot gevolg hebben. Er wordt van uitgegaan dat het tweede proces ondergeschikt is aan het eerste.

De schuiven van het inlaatwerk zijn opgebouwd uit stalen platen. Ze worden niet regelmatig schoongemaakt. Algen groei kan dus zeer wel mogelijk zijn. De waarde 0,61 in de formule voor C_d zal waarschijnlijk te laag zijn.

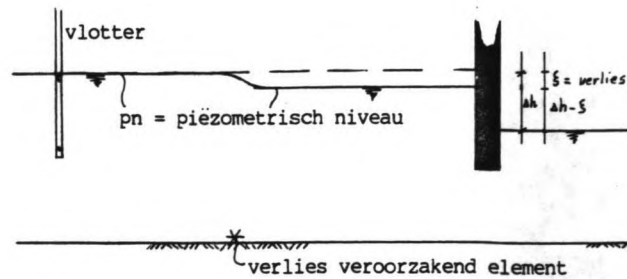
In het navolgende wordt de coëfficiënt C_d aangepast, waarbij als uitgangspunt de C_d op bovenvermelde wijze berekend wordt waarna deze wordt vermenigvuldigd met een, snelheidsafhankelijke, factor om de verliezen in rekening te brengen. Deze factor reduceert de coëfficiënt C_d omdat de verliezen een afname van het debiet tot gevolg hebben.

Hierbij staat C_{da} voor de coëfficiënt voor de eerste schuif en C_{db} voor de coëfficiënt voor de tweede schuif. Hetzelfde geldt voor de coëfficiënt C_v .

De vergelijking die Bos [1] hanteert is: $Q = C_d C_v A \sqrt{2g \Delta h}$ waarin Δh het verval over de schuif is.

De verliezen tussen de plaats waar de waterstand waargenomen wordt en de schuif leveren een verlaging van het piëzometrisch niveau op ten opzichte van het waargenomen piëzometrisch niveau, en dus een verkleining van het verval over de schuif, zie figuur 18.

De vergelijking voor Q wordt dan: $Q = C_d C_v A \sqrt{2g(\Delta h - \delta)}$



Figuur 18: Verlaging pn. voor de schuif door verliezen

De coëfficiënten worden nu als volgt aangepast aan de optredende verliezen: $cd' = cd \sqrt{1 - \xi / \Delta h}$

$$\begin{aligned}
 Q' &= cd' cv A \sqrt{2g \Delta h} \\
 &= cd \sqrt{1 - \xi / \Delta h} cv A \sqrt{2g \Delta h} \\
 &= cd cv A \sqrt{2g \Delta h} (1 - \xi / \Delta h) \\
 &= cd cv A \sqrt{2g \Delta h - 2g \Delta h \xi / \Delta h} \\
 &= cd cv A \sqrt{2g \Delta h - 2g \xi} \\
 &= cd cv A \sqrt{2g (\Delta h - \xi)} = Q
 \end{aligned}$$

De verliezen kunnen dus op deze wijze in de coëfficiënten worden ondergebracht.

5.2 BEREKENING COEFFICIENT CD

De letters achter het verlies veroorzakende element (dorpel, wrijving, vertraging) slaan terug op figuur 13.

Stroming onder twee schuiven

De onderstaande aanpassingen gelden voor de situatie dat in een inlaatopening allebei de schuiven in het water hangen. Het verlies van de eerste dorpel wordt op de volgende manier in de Cd voor de eerste schuif ingevoerd:

$$\begin{aligned}
 cda' &= cda \sqrt{1 - \left(\frac{0.2 v^2}{2g} / \Delta h \right)} \\
 v &= \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B(h1 - \text{dorpel}[\text{B}])}
 \end{aligned}$$

Bij de coëfficiënt voor de tweede schuif wordt rekening gehouden met alles wat zich in het tussendeel en in het einddeel afspeelt. De coëfficiënt voor de tweede schuif kan dan geschreven worden als:

$$cdb' = cdb \sqrt{1 - \left(\frac{0.2 v1^2}{2g} / \Delta h \right) - \left(\frac{0.12 v2^2}{2g} / \Delta h \right) - \left(\frac{0.5 v3^2}{2g} / \Delta h \right)}$$

dorpel[E]
wrijving[D]
vertraging[G]

$$v1 = \frac{Q}{A1} = \frac{Q}{B(h2 - \text{dorpel}[\text{B}])}$$

$$v2 = \frac{Q}{A2} = \frac{Q}{B(h2 - \text{bodem}[\text{B}])}$$

$$v3 = \frac{Q}{A3} = \frac{Q}{B(h3 - \text{bodem}[\text{B}])}$$

Stroming onder de schuif aan de Lekzijde

Als alleen de schuif aan de Lekzijde in het water hangt moeten de verliezen die zowel voor als achter deze schuif optreden meegenomen worden. (Nu spelen ook de dorpels bij de schuif aan de kwelkomzijde mee). De uitdrukking voor Cda' wordt dan:

$$cda' = cda \sqrt{1 - \frac{0.2 \frac{v_1^2}{2g} / \Delta h}{\text{dorpel[B]} - \frac{0.2 \frac{v_2^2}{2g} / \Delta h}{\text{dorpel[E]}}} - \frac{0.12 \frac{v_3^2}{2g} / \Delta h - (2 \frac{0.2 \frac{v_4^2}{2g} / \Delta h)}{\text{dorpel[F] en F2}}}{\frac{0.5 \frac{v_5^2}{2g} / \Delta h}{\text{vertraging[G]}}}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{B(h_1 - \text{dorpelhoogte 1})}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{Q}{B(h_3 - \text{dorpelhoogte 2})}$$

$$v_3 = \frac{Q}{A_3} = \frac{Q}{B(h_3 - \text{bodemhoogte})}$$

$$v_4 = \frac{Q}{A_4} = \frac{Q}{B(h_3 - \text{dorpelhoogte 1})}$$

$$v_5 = \frac{Q}{A_5} = \frac{Q}{B(h_3 - \text{bodemhoogte})}$$

Stroming onder schuif aan de kwelkomzijde

Ook in dit geval moeten alle verliezen in een coëfficiënt ondergebracht worden. (Nu spelen ook de dorpels bij de schuif aan de Lekzijde mee). De uitdrukking voor Cdb' wordt dan

$$cdb' = cdb \sqrt{1 - \frac{2 \frac{0.2 \frac{v_1^2}{2g} / \Delta h}{\text{dorpels[B en C1]} - \frac{0.2 \frac{v_2^2}{2g} / \Delta h}{\text{dorpels[C2 en E]}}}{\frac{0.12 \frac{v_3^2}{2g} / \Delta h - \frac{0.5 \frac{v_4^2}{2g} / \Delta h}{\text{vertraging[G]}}}{\text{wrijving[D]}}}}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{B(h_1 - \text{dorpelhoogte 1})}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{Q}{B(h_1 - \text{dorpelhoogte 2})}$$

$$v_3 = \frac{Q}{A_3} = \frac{Q}{B(h_1 - \text{bodemhoogte})}$$

$$v_4 = \frac{Q}{A_4} = \frac{Q}{B(h_3 - \text{bodemhoogte})}$$

5.3 BEREKENING COEFFICIENT CV

De Cv kan bepaald worden met de grafiek uit Bos [1, p.18], die ook hieronder is weergegeven (figuur 19), als functie van Cd A*/Al.

Cva:

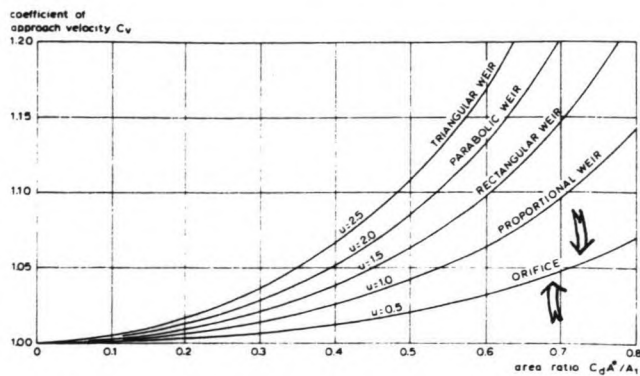
Bv = Breedte stroombaan bij vlotter 4 m

BR = Breedte stroombaan bij schuif = 1.6 m

$$\frac{A^*}{Al} = \frac{BR}{Bv} = \frac{1.6}{4} = 0.4$$

$$Cda \approx 0.7 - 0.8 \text{ dus } Cda \frac{A^*}{Al} \approx 0.3$$

$$Cva \approx 1.01$$



A^* = wetted area at control section if waterdepth equals $y = h_1$
 A_1 = wetted area at head measurement station
 Approach velocity coefficient for various control sections.

Figuur 19: Bepaling coefficient Cv, bron [1, p.18]

Aangezien de eerste vlotter al in een versnellingsgebied staat zal voor Cva een snelheidsafhankelijke vergroting moeten plaatsvinden. De uitdrukking voor Cva wordt dan:

$$Cva' = Cva \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{2g \Delta h}\right)}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{Bv(h1 - \text{bodemhoogte})}$$

Voor Cvb geldt dat $A^*/A1$ gelijk aan 1 is omdat de breedte in het tussendeel niet verandert. Deze waarde wordt dus geheel uit de grafiek hierboven bepaald, behalve in het geval dat de Lekschuiven niet van invloed zijn hetgeen normaal gesproken niet voorkomt. Als voor de Cd waarde 0,7 aangehouden wordt volgt voor de Cvb een waarde van 1,05.

5.4 BEREKENING DEBIET

Met de formule van Bos kan nu het debiet onder de schuiven bepaald worden. Stel Qa is het debiet onder de schuif aan de Lekzijde en Qb is het debiet onder de schuif aan de Kwelkomzijde. Omdat er in het tussendeel geen water verdwijnt of erbij komt moet de continuïteit gelden: $Qa = Qb$.

$$Qa = Cda Cva Aa \sqrt{2g (h1 - h2)}$$

$$Qb = Cdb Cvb Ab \sqrt{2g (h2 - h3)}$$

Uit bovenstaande vergelijkingen kan Q geëlimineerd worden zodat de onbekende $h2$ uitgerekend kan worden. Deze $h2$ is een min of meer fictieve waterstand tussen de schuiven die op zou treden als er totaal geen verliezen waren. De verliezen worden echter in de coëfficiënten verrekend zodat er hier met deze $h2$ gerekend kan worden. De uitdrukking voor $h2$ wordt dan:

$$h2 = \frac{Cda^2 Cva^2 Aa^2 h1 + Cdb^2 Cvb^2 Ab^2 h3}{Cda^2 Cva^2 Aa^2 + Cdb^2 Cvb^2 Ab^2}$$

Door deze vergelijking in te vullen in bijvoorbeeld de vergelijking voor Qa wordt Qa gevonden, waarna de snelheids-, en dus debiets-, afhankelijke verliezen berekend kunnen worden, waardoor itererend de juiste Q door een inlaatopening gevon-

den wordt. De startwaarde voor deze iteratie wordt verkregen uit de berekening van het debiet uit water- en schuifstanden volgens de basisvergelijking uit [1], zie ook begin paragraaf 5.1, zonder de verliezen in rekening te brengen. Door dit te herhalen voor elke inlaatopening en de resultaten te sommeren wordt het totale debiet door het inlaatwerk gevonden. Hierbij is geen rekening gehouden met onderlinge beïnvloeding van de inlaatopeningen, omdat deze nauwelijks in te schatten en te kwantificeren is. Het debiet wordt alleen berekend als er daadwerkelijk water ingelaten wordt. Als het water vanuit de kwelkom de Lek instroomt zal er geen debiet berekend worden. Ook als het water vrij, zonder invloed van schuiven naar binnen stroomt is het debiet onbepaald.

5.5 CALIBRATIE VAN DE GEVONDEN RELATIE

Met behulp van het in het volgende hoofdstuk te bespreken computerprogramma zijn de debieten bepaald uit 6 sets meetgegevens uit 1984. Hieruit is gebleken dat verhoging van de waarde 0,61 in de formule $Cd = 0,61 \cdot (1 + 0,15 \cdot R)$ tot 0,70 de beste resultaten oplevert.

Datum	Tijd	H1	H3	Sch1	Sch2	Sch3	Sch4	Sch5	Sch6	Q1	Q2	Q3	Qtot	Q gemeten
19840626	1200	3.15	2.59	0.01	0.73	0.74	0.00	2.10	1.75	0.00	2.73	2.71	5.49	5.2:
19840924	1200	3.37	2.58	0.03	0.40	1.24	0.02	2.10	1.75	0.08	1.36	4.77	6.71	6.7
19841008	1200	3.67	2.30	0.02	0.03	0.48	0.02	2.10	1.75	0.09	0.19	2.87	3.15	3.1
19841022	1200	3.24	2.32	0.01	0.00	0.92	0.00	2.08	1.75	0.00	0.00	4.12	4.12	3.9
19841105	1200	2.75	2.23	0.03	0.35	0.52	0.02	2.10	1.75	0.06	1.23	2.69	4.03	4.3
19841120	1200	2.86	2.29	0.00	0.33	0.79	0.00	2.10	1.75	0.00	1.33	2.88	4.20	4.3
19870311	1055	3.00	3.10	0.01	0.73	0.74	0.00	2.10	1.75	-0.10	-0.10	-0.10	-0.30	
19870311	1057	2.00	1.98	0.01	0.73	1.98	0.01	1.75	2.10	**** vrije doorstroming!				

Tabel 1.

Resultaten verwerking gegevens 1984

Dit is te zien in tabel 1. (Calibratie is het vaststellen van de systeemparemeters). De laatste twee reeksen geven aan wat er gebeurt als het water naar buiten stroomt en als er vrije doorstroming optreedt omdat de schuiven boven water hangen.

Wegens gebrek aan voldoende nauwkeurige, gegevens is het niet mogelijk meer gegevens voor de calibratie te gebruiken. Indien een grotere nauwkeurigheid nagestreefd wordt zullen aanvullende metingen noodzakelijk zijn, of zullen proefnemingen aan een schaalmodel van het inlaatwerk gedaan moeten worden. Men zal de meerkosten dan zorgvuldig moeten afwegen tegen de grotere nauwkeurigheid.

Ook zal nog met gegevens uit nieuwe metingen validatie van het model moeten plaatsvinden. Deze gegevens mogen dan niet

voor de calibratie gebruikt zijn. In het laatste hoofdstuk zullen ook aanbevelingen gedaan worden met betrekking tot de uit te voeren metingen.

Hoofdstuk VI

COMPUTERPROGRAMMA VOOR DE DEBIETBEREKENING

6.1 INLEIDING

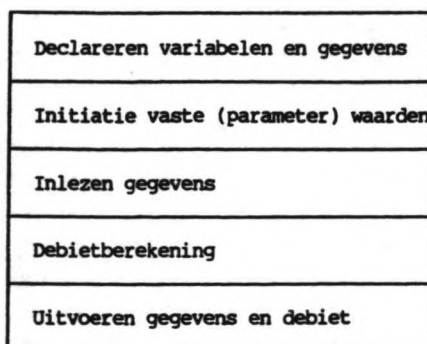
In dit hoofdstuk komt het computerprogramma aan de orde waarmee met invoer van de water- en schuifstanden het debiet berekend kan worden. Dit gebeurt met de relaties uit de vorige hoofdstukken, waarmee het debiet door elke inlaatopening berekend wordt.

Achtereenvolgens komen in dit hoofdstuk de structuur van het ontwikkelde programma en de bijbehorende documentatie aan de orde. Tot slot wordt een listing van het programma gegeven. In de bijlagen bevindt zich een uitgebreide listing, inclusief symbol en label cross reference dictionary.

6.2 STRUCTUUR VAN HET PROGRAMMA

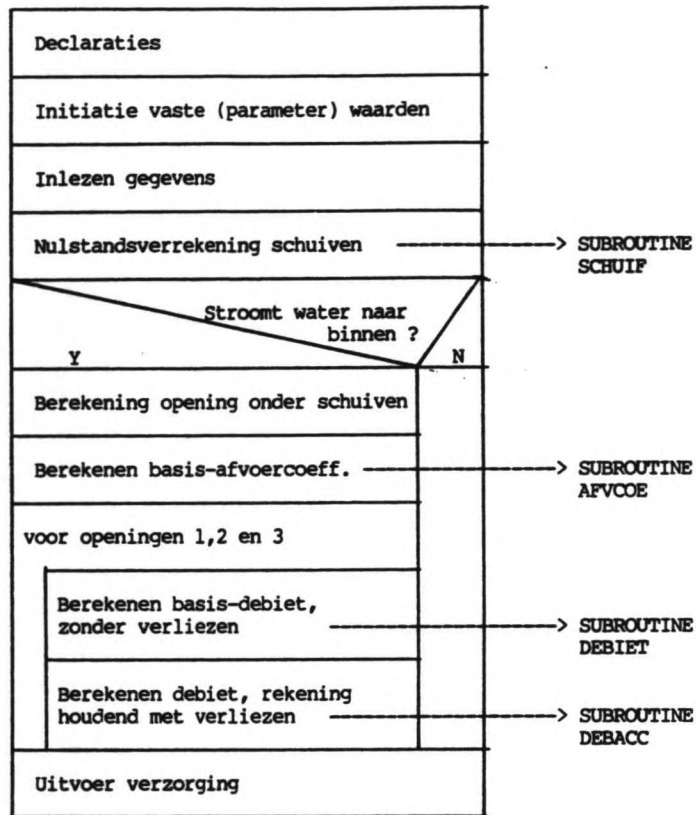
In deze paragraaf zal aan de hand van structuurdiagrammen getracht worden de structuur te verduidelijken. De wijze waarop deze diagrammen zijn samengesteld is afgeleid uit [9]. Eerst wordt een grof, zogenaamd top-level diagram gegeven waarin de bedoeling van het programma aangegeven wordt. In diagram 2 wordt dit uitgewerkt en gedetailleerd, waarbij ook naar subroutines gewezen wordt. Daarna volgen de diagrammen van de subroutines SCHUIF, AFVCOE, DEBIET en DEBACC, en van de sub-subroutines AFCAC1, 2 en 3 en SLCAC1 en 2.

Het eerste diagram, te zien in figuur 20, is zoals gezegd het top level diagram. Dit diagram geeft zeer grof weer wat het programma doet.



Figuur 20: Diagram 1: top level

In diagram 2, figuur 21, wordt het top level diagram nader uitgewerkt en staan de hoofdlijnen van het programma weergegeven. Duidelijk wordt dat het programma alleen een debiet berekent als het water inderdaad naar binnen stroomt.

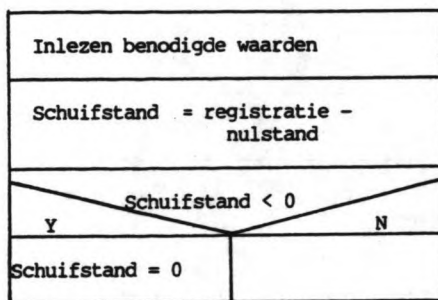


Figuur 21: Diagram 2: de hoofdlijnen van het programma

Na de doorstroomopening - berekening en de berekening van de basis afvoercoëfficiënt (die later vermenigvuldigd wordt met een van het optredende verlies afhankelijke factor) wordt voor alle drie de inlaatopeningen het debiet berekend in subroutine DEBIET. De waarden die hieruit komen dienen als 'startwaarden' voor de berekening in DEBACC, debietaccent, waar rekening wordt gehouden met de snelheids-, en dus debiets-, afhankelijke verliezen.

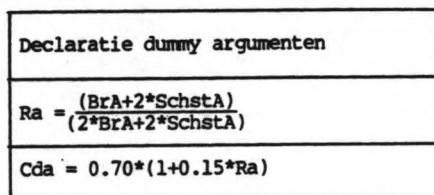
Het derde diagram, figuur 22, heeft betrekking op de subroutine SCHUIF. In deze subroutine worden de nulstanden van de schuif verwerkt.

Het kan namelijk voorkomen dat de registratie een waarde van enkele centimeters aangeeft terwijl de schuif gesloten is. Dit moet dan gecorrigeerd worden. De waarden waarmee gecorrigeerd moet worden, nulwaarden genoemd, worden als parameter in het hoofdprogramma vastgelegd. Ook bevindt zich in deze subroutine een beveiliging tegen negatieve schuifstanden.



Figuur 22: Diagram 3: Subroutine SCHUIF

In diagram 4, figuur 23, komt de subroutine AFVCOE, AFVoerCOEfficient, aan de orde.

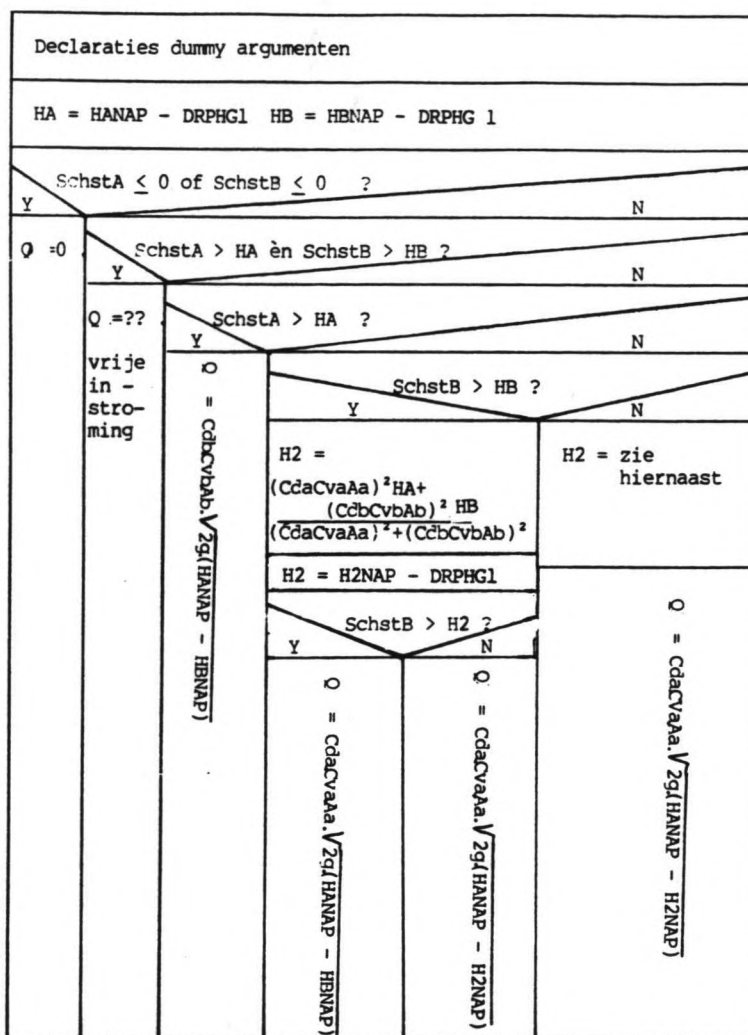


Figuur 23: Diagram 4: Subroutine AFVCOE

Deze subroutine berekent de afvoercoëfficiënt Cd voor een schuifopening die gebruikt wordt in de subroutine DEBIET.

Het diagram dat in figuur 24 te zien is, is van de subroutine DEBIET. In deze subroutine wordt een debiet berekend zonder rekening te houden met de verliezen. Het debiet dient als 'startwaarde' voor de berekening waar wel rekening met de verliezen wordt gehouden. De verliezen zijn snelheids- en dus debietsafhankelijk. DEBIET levert een reële beginwaarde. Er wordt getest of er water kan stromen (of de schuiven geheven zijn), of er vrije doorstroming plaatsvindt (als beide schuiven in een opening geheel boven de waterspiegel geheven zijn) en of er een of twee schuiven de stroming beïnvloeden. Het bijbehorende debiet wordt dan bepaald.

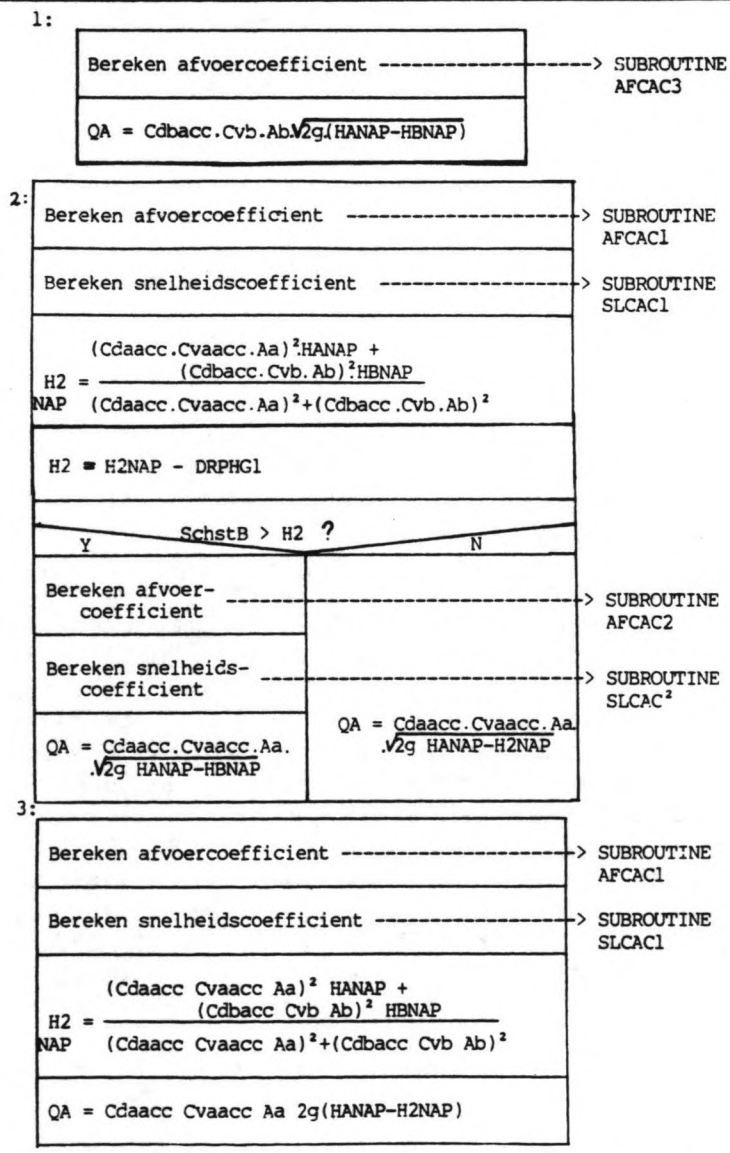
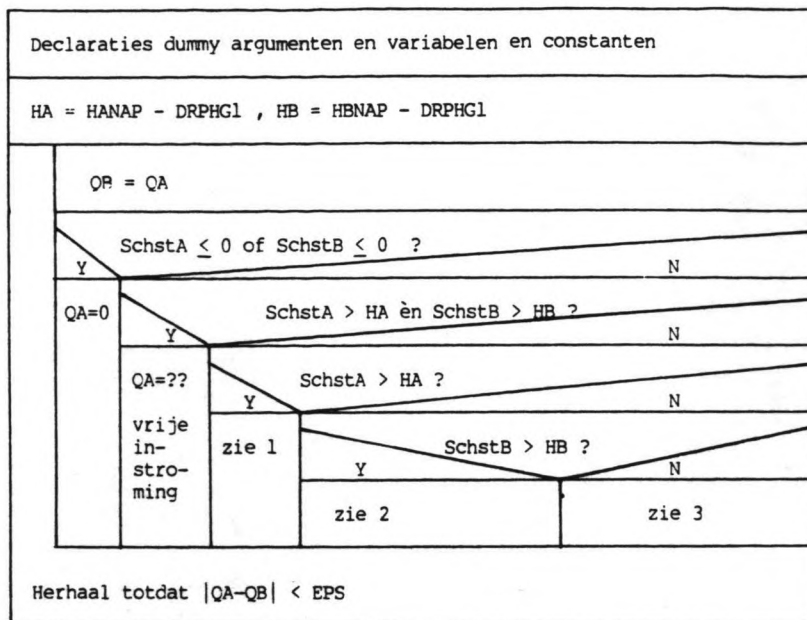
In diagram 6, figuur 25, wordt de eigenlijke kern van het programma weergegeven. In deze subroutine DEBACC, DEBiet ACCent, wordt voor een inlaatopening het debiet bepaald, rekeninghoudend met de verliezen. Deze verliezen worden in eerste instantie bepaald met het debiet uit de subroutine DEBIET. Dan wordt op dezelfde wijze als in DEBIET gekeken of er stroming en zo ja welke stroming optreedt en wordt een debiet bepaald. Met dit debiet worden opnieuw de verliezen bepaald en wordt weer een debiet berekend. Zodra het verschil tussen twee opvolgende debieten kleiner is dan een waarde Eps stopt de berekening en wordt het laatste debiet als het juiste aangehouden. De waarde Eps moet als parameter in de subroutine worden vastgelegd.



Figuur 24: Diagram 5: Subroutine DEBIET

Het diagram 7, zie figuur 26, geldt voor de sub-subroutines AFCAC1, 2 en 3, AFvoerCoefficient ACcent 1, 2 en 3. De cijfers 1, 2 en 3 duiden op verschillende stromingstoestan- den: allebei de schuiven van invloed, alleen de buitenste schuif of alleen de binnenste schuif. Met het bekende debiet worden de stroomsnelheden bepaald, waarna de verliesfactor berekend wordt waarmee de basis-afvoercoëfficiënt, berekend in AFVCOE, vermenigvuldigd wordt.

Als laatste komt in figuur 27 het diagram van de sub-subrou- tines SLCAC1 en 2, SneLheidsCoëfficiënt ACcent aan de orde. In deze sub-subroutines worden de snelheidscoëfficiënten Cv berekend, afhankelijk van de stroomsnelheid. Ook hier slaan de cijfers 1 en 2 op verschillende stromingssituaties.



Figuur 25: Diagram 6: Subroutine DEBACC

6.3 HET WERKEN MET HET PROGRAMMA

Het programma rekent een debiet uit in m3/s. Dit is nog niet een bepaalde hoeveelheid in een periode aangezien er nog

Declaratie dummy argumenten en variabelen
Berekenen verval over de schuif/schuiven H
Berekenen stroomsnelheden
Berekenen Cdaacc en/of Cdbacc, rekening houdend met verliezen

Figuur 26: Diagram 7: Sub-subroutines AFCAC1, 2 en 3

Declaratie dummy argumenten en variabelen
Berekenen verval over de eerste schuif
Berekenen stroomsnelheid bij buitenste vlotter
Berekenen Cvaacc

Figuur 27: Diagram 8: Sub-subroutine SLCAC1 en 2

geen tijdstapberekening heeft plaatsgevonden. Dit komt door dat het programma nog niet gevalideerd is en dit met gegevens uit nieuwe metingen nog moet gebeuren. Als alle relaties gecalibreerd en gevalideerd zijn kan eventueel met enige aanpassingen het invoercontrole- en verbeter programma van A.J.C. van de Kerk, die voor PWS Utrecht voor de stuw Hoogland bij Amersfoort een computerprogramma voor debietbepaling heeft ontwikkeld, aan dit programma gekoppeld worden.

De in- en uitvoerverzorging is niet gelijk aan de standaard die men bij PWS Utrecht wil gaan hanteren. Bij Wijk bij Duurstede is sprake van datum+tijd, 2 waterstanden, en 6 schuifstanden. Als voor elk gegeven 12 posities nodig zijn, komen we op 9 maal 12 plus drie spaties begin plus acht spaties afscheiding tussen de gegevens, totaal 119 posities. Dit past niet op een record met lengte 80. De totale record zal dan gesplitst moeten worden. In het kader van deze studie is hier geen aandacht aan besteed. Daar komt bij dat Wijk bij Duurstede op dit moment niet op cassettebandjes geregistreerd wordt. De gegevens worden nog niet automatisch ingelezen, maar met de hand. Hierdoor hoeft de in- en uitvoerwijze die in dit programma gehanteerd wordt geen probleem te zijn. Is dit wel zo dan moeten enige aanpassingen plaatsvinden aan de in en uitvoerformats.

Informatie over het programma is verder opgenomen in de in de volgende paragraaf weergegeven listing, waar in het commentaargedeelte, voorafgegaan door een *, richtlijnen zijn opgenomen voor het werken met het programma. In de bijlage is een listing opgenomen zonder commentaar, maar met een symbol en label cross reference dictionary.

6.4 LISTING COMPUTERPROGRAMMA

In deze paragraaf wordt een listing van het computerprogramma gegeven waarmee het debiet berekend kan worden. Ook worden hierin richtlijnen voor het werken met het programma en commentaar gegeven (regels vooraf gegaan door een *).

```
//WWBKJE JOB 0570,VANESCH,TIME=(0,2)
// EXEC F77TCG
//FORT.SYSIN DD *
    PROGRAM WIBIDN
*
* Dit Programma berekent het debiet door het inlaatwerk bij Wijk bij
* Duurstede als functie van de waterstand buiten (h1nap), binnen
* (h3nap) en de schuifstanden (Schst1 tm 6), op een bepaalde datum
* in de vorm JRMDDGURMI, bijvoorbeeld 196110312345 hetgeen betekent
* kwart voor twaalf 's avonds op 31 oktober 1961. De invoer moet
* als volgt aangeleverd worden: 3 posities leeg, 12 posities tijd-
* aanduiding (datum en tijd), 4 posities waterstand Lek, 4 posities
* waterstand kwelkom, 6 maal 4 posities schuifstanden, allen gescheiden
* door een lege positie. De water- en schuifstanden worden aangeleverd
* in meters, met twee cijfers achter de decimale punt. De uitvoer
* bestaat uit de invoer plus 3 maal 5 posities debiet door de aparte
* inlaatopeningen en 1 maal 6 posities totaaldebit door het inlaatwerk.
* De debieten worden uitgerekend in m3/s en nog niet in een totale
* hoeveelheid per periode omgezet. De reden hiervoor is dat dit
* programma wel gecalibreerd is met een aantal gegevens uit 1984,
* maar met middels nieuwe metingen te verkrijgen gegevens nog
* gevalideerd moet worden. Na validatie kan dit programma ( na enige
* aanpassingen) gekoppeld worden aan het invoergegevens-controle en
* verbeterprogramma van A.J.C. van de Kerk, zodat de hoeveelheid per
* periode automatisch bepaald kan worden. Structuurdiagrammen en
* achtergronden van dit programma zijn beschreven in het rapport
* "Bepaling afvoerrelatie inlaatwerk Wijk bij Duurstede tussen de Lek
* en de Kromme Rijn" door K.J. van Esch, mei 1987, PWS Utrecht,
* bureau Waterhuishouding.
*
* AUTEUR K.J. VAN ESCH
* TAAL: FORTRAN 77
* DATUM: MEI 1987
*
* DECLARATIES Voor de betekenis der symbolen verwijs ik naar de lijst
* die hieronder gegeven wordt.
*
    REAL H1NAP, H2NAP, H3NAP, H1, H3, DELTAH
    REAL Q1, Q2, Q3, QTOT
    REAL CD1, CD2, CD3, CD4, CD5, CD6
    REAL CV1, CV2, CV3, CV4, CV5, CV6
    REAL A1, A2, A3, A4, A5, A6
    REAL SCHST1, SCHST2, SCHST3, SCHST4, SCHST5, SCHST6
    REAL NULW1, NULW2, NULW3, NULW4, NULW5, NULW6
    REAL BR, G, BODEMH, DRPHG1
    INTEGER STROM, BESCH
    CHARACTER*12 DATIJD
* H1NAP staat voor de buitenwaterstand, gegeven ten opzichte van NAP.
* H2NAP staat voor de waterstand tussen de schuiven ten opzichte van NAP
* H3NAP staat voor de kwelkomwaterstand ten opzichte van NAP
* H1 en H3 zijn de waterstanden ten opzichte van een ander referentievlak.
* DELTAH is het verschil tussen twee waterstanden.
* Q1, 2 en 3 zijn debieten door de inlaatopeningen 1, 2 en 3
* QTOT is de som van Q1, 2 en 3
* CD1 tot en met 6 zijn de afvoercoëfficiënten voor de schuiven 1 t/m 6
* CV1 tot en met 6 zijn de snelheidscoëfficiënten voor de schuiven 1 t/m 6.
* A1 tot en met 6 zijn de oppervlakken van de openingen onder de
* schuiven 1 tot en met 6
* SCHST1 tot en met 6 zijn de schuifstanden 1 tot en met 6
* NULW1 tot en met 6 zijn de nulwaarden van de schuiven 1 tot en met 6
```



```

* BR is de breedte van de instroomopening
* G is de versnelling van de zwaartekracht
* BODEMH is de bodemhoogte
* DRPHG1 is de hoogte van dorpel 1
* STROM is een indicator die 1 gesteld wordt als er vrije doorstroming
* optreedt
* BESCH is een indicator die 1 is als het verval over een schuif negatief
* wordt in de berekening van het debiet met verliezen. Het water stroomt
* dan naar buiten. Het debiet wordt dan als waarschuwing (!!) op -0.60
* gesteld.
* DATIJD is een characterstring waarin de datum en de tijd weergegeven
* worden

```

```

* INITIEREN

```

```

* De waarden die als parameter gegeven worden zijn constanten in het
* programma.

```

```

PARAMETER (G=9.81)
PARAMETER (BR=1.60)
PARAMETER (BODEMH=0.35)
PARAMETER (DRPHG1=0.40)
PARAMETER (CV1=1.0)
PARAMETER (CV2=1.0)
PARAMETER (CV3=1.0)
PARAMETER (CV4=1.05)
PARAMETER (CV5=1.05)
PARAMETER (CV6=1.05)
PARAMETER (NULW1=0.02)
PARAMETER (NULW2=0.02)
PARAMETER (NULW3=0.02)
PARAMETER (NULW4=0.02)
PARAMETER (NULW5=0.02)
PARAMETER (NULW6=0.02)

```

```

*
* INLEZEN EN AFDRUKKEN GEGEVENS

```

```

* Het inlezen gebeurt volgens het format 12, hierin staat x voor spatie,
* A12 voor een character variabele met 12 posities, F voor een real waarbij
* het eerste getal de totale lengte inclusief de decimale punt aangeeft en
* het laatste getal het aantal cijfers achter de decimale punt.
* F4.2 is bijvoorbeeld 3.15

```

```

*
WRITE (*,'(T3,A,A)') Datum Tijd H1 H3 Sch1 Sch2 Sch3 '
$ // 'Sch4 Sch5 Sch6 Q1 Q2 Q3 Qtot'
WRITE (*,'(2(/))')
10 READ (*,12,END=1000)DATIJD,H1NAP,H3NAP,SCHST1,SCHST2,SCHST3,
$ SCHST4,SCHST5,SCHST6
12 FORMAT(3X,A12,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,
$ 1X,F4.2,1X,F4.2)
DELTAH = H1NAP-H3NAP

```

```

* AANROEPEN SCHUIF

```

```

* Schuif is een subroutine die de nulstanden in de schuifstanden verrekent
* en die de schuifstanden niet negatief laat zijn.

```

```

CALL SCHUIF(SCHST1,NULW1)
CALL SCHUIF(SCHST2,NULW2)
CALL SCHUIF(SCHST3,NULW3)

```

```

CALL SCHUIF(SCHST4,NULW4)
CALL SCHUIF(SCHST5,NULW5)
CALL SCHUIF(SCHST6,NULW6)
STROM=0
Q1 = 0
Q2 = 0
Q3 = 0
QTOT = 0
*
* TESTEN OF WATER INDERDAAD NAAR BINNEN STROOMT
*
* Als het water niet naar binnen maar naar buiten stroomt wordt dit zichtbaar
* door een negatief debiet in de uitvoer.
*
  IF (H1NAP .LT. H3NAP) THEN
    Q1=-0.1
    Q2=-0.1
    Q3=-0.1
    GOTO 90
  END IF
*
* BEREKENEN DOORSTROOMOPENINGEN onder de schuiven
*
  A1=BR*SCHST1
  A2=BR*SCHST2
  A3=BR*SCHST3
  A4=BR*SCHST4
  A5=BR*SCHST5
  A6=BR*SCHST6
*
* BEREKENEN BASIS-AFVUERCOEFFICIENTEN Cd1 t/m Cd6 met de subroutine AFVCOE
*
  CALL AFVCOE(SCHST1,BR,CD1)
  CALL AFVCOE(SCHST2,BR,CD2)
  CALL AFVCOE(SCHST3,BR,CD3)
  CALL AFVCOE(SCHST4,BR,CD4)
  CALL AFVCOE(SCHST5,BR,CD5)
  CALL AFVCOE(SCHST6,BR,CD6)
*
* OMREKENING H1NAP NAAR H1 EN H3NAP NAAR H3
*
  H1=H1NAP-BODEMH
  H3=H3NAP-BODEMH
*
* DEBIETBEREKENING
*
* Testen of er stroming optreedt en zo ja hoebveel schuiven er van
* invloed zijn. Hierna vindt de debietberekening plaats voor
* de afzonderlijke openingen 1, 2 en 3. Dit gebeurt in de subroutine
* DEBIET. De waarden die hieruit komen dienen als startwaarden voor de
* subroutine DEBACC, debietaccent, waarin ook de verliezen door dorpels,
* wrijving en vertraging worden meegenomen. Als het verval over de
* schuif negatief wordt door de optredende verliezen dan is BESCH
* gelijk aan 1 en stopt het programma. Het debiet wordt dan op -0.60
* gesteld. Dit geldt dan als waarschuwing!!!
*
*
* OPENING 1
*

```

```

CALL DEBIET(SCHST1,SCHST4,H1NAP,H3NAP,CD1,CD4,CV1,CV4,
$           A1,A4,Q1,STROM,H2NAP)
IF (STROM .EQ. 1) THEN
  GOTO 75
END IF
CALL DEBACC(SCHST1,SCHST4,H1NAP,H3NAP,CD1,CD4,CV1,CV4,A1,
$           A4,Q1,H2NAP,BESCH)
IF (BESCH .EQ. 1) THEN
  Q1 = -0.2
  Q2 = -0.2
  Q3 = -0.2
  GOTO 90
END IF

*
* OPENING 2
*
CALL DEBIET(SCHST2,SCHST5,H1NAP,H3NAP,CD2,CD5,CV2,CV5,
$           A2,A5,Q2,STROM,H2NAP)
IF (STROM .EQ. 1) THEN
  GOTO 75
END IF
CALL DEBACC(SCHST2,SCHST5,H1NAP,H3NAP,CD2,CD5,CV2,CV5,A2,
$           A5,Q2,H2NAP,BESCH)
IF (BESCH .EQ. 1) THEN
  Q1 = -0.2
  Q2 = -0.2
  Q3 = -0.2
  GOTO 90
END IF

*
* OPENING 3
*
CALL DEBIET(SCHST3,SCHST6,H1NAP,H3NAP,CD3,CD6,CV3,CV6,
$           A3,A6,Q3,STROM,H2NAP)
IF (STROM .EQ. 1) THEN
  GOTO 75
END IF
CALL DEBACC(SCHST3,SCHST6,H1NAP,H3NAP,CD3,CD6,CV3,CV6,A3,
$           A6,Q3,H2NAP,BESCH)
IF (BESCH .EQ. 1) THEN
  Q1 = -0.2
  Q2 = -0.2
  Q3 = -0.2
  GOTO 90
END IF

*
* UITVOERVERZORGING
*
* Optellen afzonderlijke debieten tot Q-totaal, mits er geen vrije
* doorstroming plaatsvindt. Als er vrije doorstroming plaatsvindt
* wordt dit gemeld in de uitvoer en wordt geen debiet gegeven.
*
75   IF(STROM.EQ.1)THEN
      WRITE(*,85) DATIJD,H1NAP,H3NAP,SCHST1,SCHST2,SCHST3,
$         SCHST4,SCHST5,SCHST6,'(A)'
85   FORMAT(3X,A12,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,
$         F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,'vrije doorstroming!')
      GO TO 200
    ELSE
      CONTINUE

```

```

        END IF
90      CONTINUE
        QTOT=Q1+Q2+Q3
        WRITE(*,100) DATIJD,H1NAP,H3NAP,SCHST1,SCHST2,SCHST3,SCHST4,
          $          SCHST5,SCHST6,Q1,Q2,Q3,QTOT
100     $  FORMAT(3X,A12,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,
          $          1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F5.2,1X,F5.2,1X,F5.2,1X,F6.2)

*
* EINDE PROGRAMMA. ALS ER NOG MEER INVOER IS BEGINT HET OPNIEUW, ANDERS
* STOPT HET.
*
200     CONTINUE
        GO TO 10

1000    CONTINUE
        WRITE(*,5000) 'EINDE PROGRAMMA'
5000    FORMAT(///,30X,A)

        END

```

```

*
* In onderstaande subroutine worden de nulwaarden van de schuifopening
* verrekend met de geregistreeerde schuifstanden zodat de juiste opening
* verkregen wordt. De dummy argumenten zijn SCHSTA en NULWA.
*

```

```

        SUBROUTINE SCHUIF(SCHSTA,NULWA)
        REAL SCHSTA,NULWA

```

```

*
* SCHSTA staat voor de schuifstand
* NULWA staat voor de nulwaarde
*

```

```

        SCHSTA=SCHSTA-NULWA
        IF(SCHSTA .LT. 0)THEN
            SCHSTA = 0
        END IF
        END

```

```

*
* In de volgende subroutine worden de afvoercoefficienten berekend. De dummy
* argumenten zijn SCHSTA als invoer, BRA die als constante die uit het
* hoofdprogramma wordt meegenomen, en CDA als uitvoer.
*

```

```

        SUBROUTINE AFVCOE(SCHSTA,BR,CDA)
        REAL SCHSTA,BR,CDA,RA

```

```

*
* SCHSTA staat voor de schuifstand
* BR staat voor de breedte
* CDA staat voor de basis-afvoercoefficient
*

```

```

        RA=(BR+2*SCHSTA)/(2*BR+2*SCHSTA)
        CDA=0.70*(1+0.15*RA)
        END

```

```

*
* In subroutine DEBIET wordt het debiet door een inlaatopening berekend.
* Daartoe wordt ook gekeken of er stroming optreedt en zo ja hoeveel
* schuiven er van invloed zijn. De uitvoer dummy argumenten zijn

```

* QA, STROM (als STROM gelijk aan 1 is treedt er vrije doorstroming
* op) en H2NAP.

*

```

SUBROUTINE DEBIET(SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,
$ AA,AB,QA,STROM,H2NAP)

```

```

REAL SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,AA,AB,QA
REAL BODEMH,G,X,Y,Z, H2NAP,H2

```

*

* SCHSTA is de schuifstand van de eerste schuif
 * SCHSTB is de schuifstand van de tweede schuif
 * HANAP is de waterstand aan de LEKzijde van het inlaatwerk
 * HBNAP is de waterstand aan de Kwelkomzijde van het inlaatwerk
 * CDA en CDB zijn de afvoercoëfficiënten voor de eerste en tweede schuif
 * CVA en CVB zijn de snelheidscoëfficiënten voor de eerste en tweede schuif
 * AA en AB zijn de oppervlakken van de openingen onder de eerste en tweede
 * schuif
 * QA is het debiet door de inlaatopening
 * BODEMH is de bodemhoogte
 * G is de versnelling van de zwaartekracht
 * X,Y en Z zijn hulpvariabelen
 * H2NAP is de waterstand tussen de schuiven ten opzichte van NAP
 * H2 is de waterstand tussen de schuiven ten opzichte van een ander
 * referentievlak

*

```

INTEGER STROM
PARAMETER (BODEMH = 0.40)
PARAMETER (G = 9.81)
HA=HANAP-BODEMH
HB=HBNAP-BODEMH
IF((SCHSTA.LE.0).OR.(SCHSTB.LE.0))THEN
  QA=0.
ELSE IF((SCHSTA.GT.HA).AND.(SCHSTB.GT.HB))THEN
  STROM=1
ELSE IF(SCHSTA.GT.HA)THEN
  QA=CDB*CVB*AB*((2*G*(HANAP-HBNAP))**.5)
ELSE IF(SCHSTB.GT.HB)THEN
  X=(CDA * CVA * AA)**2 * HANAP
  Y=(CDB * CVB * AB)**2 * HBNAP
  Z=(CDA * CVA * AA)**2 + (CDB * CVB * AB)**2
  H2NAP=(X+Y)/Z
  H2=H2NAP-BODEMH
  IF(SCHSTB.GT.H2)THEN
    QA=CDA*CVA*AA*((2*G*(HANAP-HBNAP))**.5)
  ELSE
    QA=CDA*CVA*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**.5)
  END IF
ELSE
  X=(CDA * CVA * AA)**2 * HANAP
  Y=(CDB * CVB * AB)**2 * HBNAP
  Z=(CDA * CVA * AA)**2 + (CDB * CVB * AB)**2
  H2NAP=(X+Y)/Z
  QA=CDA*CVA*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**.5)
END IF
END

```

*

* Subroutine DEBACC berekent het debiet waarbij rekening gehouden wordt

* met de verliezen (die snelheidsafhankelijk zijn). QA en H2NAP zijn
 * bij de eerste doorrekening de waarden die in DEBIET berekend zijn.
 *

```

SUBROUTINE DEBACC(SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,AA,
$                AB,QA,H2NAP,BESCH)
REAL SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,AA,AB,QA,QB
REAL DRPHG1,G,X,Y,Z,H2NAP,H2,CDACC,CDBACC,CVAACC,EPS,BR
INTEGER STROM,TELLER,BESCH

```

*
 * SCHSTA is de schuifstand van de eerste schuif
 * SCHSTB is de schuifstand van de tweede schuif
 * HANAP is de waterstand aan de LEKzijde van het inlaatwerk
 * HBNAP is de waterstand aan de Kwelkomzijde van het inlaatwerk
 * CDA en CDB zijn de afvoercoëfficiënten voor de eerste en tweede schuif
 * CVA en CVB zijn de snelheidscoëfficiënten voor de eerste en tweede schuif
 * AA en AB zijn de oppervlakken van de openingen onder de eerste en tweede
 * schuif
 * QA en QB zijn de debieten onder de eerste en tweede schuif
 * DRPHG1 is de hoogte van dorpel 1
 * G is de versnelling van de zwaartekracht
 * X,Y en Z zijn hulpvariabelen
 * H2NAP is de waterstand tussen de schuiven ten opzichte van NAP
 * H2 is de waterstand tussen de schuiven ten opzichte van een ander
 * referentievlak
 * CDAACC is de verliesafhankelijke afvoercoëfficiënt voor de eerste schuif
 * CDBACC is de verliesafhankelijke afvoercoëfficiënt voor de tweede schuif
 * CVAACC is de aangepaste snelheidscoëfficiënt voor de eerste schuif
 * EPS is de waarde die in het iteratieproces als verschil tussen twee
 * debieten geaccepteerd wordt.
 * BR is de breedte van de inlaatopening
 * STROM en TELLER zijn hulpvariabelen
 * BESCH is een waarschuwingsindicator (zie hoofdprogramma)
 *

```

PARAMETER (BR = 1.60)
PARAMETER (EPS = 0.1)
PARAMETER (DRPHG1 = 0.40)
PARAMETER (G = 9.81)
HA=HANAP-DRPHG1
HB=HBNAP-DRPHG1
TELLER = 0
BESCH = 0

```

*
 * Nu wordt getest hoeveel schuiven er van invloed zijn, welke
 * stromingssituatie er dus ontstaat.
 *

```

10    QB=QA
      IF((SCHSTA.LE.0).OR.(SCHSTB.LE.0))THEN
        QA=0.
      ELSE IF((SCHSTA.GT.HA).AND.(SCHSTB.GT.HB))THEN
        STROM=1
      ELSE IF(SCHSTA.GT.HA)THEN
        CONTINUE

```

*
 * AFCAC 1, 2 en 3, afvoercoëfficiënt accent, zijn subroutines die voor
 * de verschillende stromingssituaties de afvoercoëfficiënt berekenen,
 * rekening houdende met de optredende verliezen. 1 is de situatie stroming
 * onder twee schuiven, 2 is de situatie stroming onder de lekschuif, 3 is
 * de situatie stroming onder de kwelkomschuif.
 *

```

CALL AFCAC3 (CDB, QB, HANAP, HBNAP, BR, G, CDBACC, BESCH)
IF (BESCH .EQ. 1) THEN
  GOTO 20
END IF
QA=CDBACC*CVB*AB*((2*G*(HANAP-HBNAP))**0.5)
ELSE IF (SCHSTB.GT.HB) THEN
CALL AFCAC1 (CDA, CDB, QB, HANAP, H2NAP, HBNAP, BR, G, CDAACC, CDBACC, BESCH)
IF (BESCH .EQ. 1) THEN
  GOTO 20
END IF

```

* SLCAC 1 en 2, snelheidscoefficient accent, zijn subroutines die voor
* verschillende stromingssituaties de snelheidscoefficient berekenen.
*

```

CALL SLCAC1 (CVA, QB, HANAP, H2NAP, G, CVAACC)
X=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 * HANAP
Y=(CDBACC * CVB * AB)**2 * HBNAP
Z=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 + (CDBACC * CVB * AB)**2
H2NAP=(X+Y)/Z
H2=H2NAP-DRPHG1
IF (SCHSTB.GT.H2) THEN
  CALL AFCAC2 (CDA, QB, HANAP, HBNAP, BR, G, CDAACC, BESCH)
  IF (BESCH .EQ. 1) THEN
    GOTO 20
  END IF
  CALL SLCAC2 (CVA, QB, HANAP, HBNAP, G, CVAACC)
  QA=CDAACC*CVAACC*AA*((2*G*(HANAP-HBNAP))**0.5)
ELSE
  QA=CDAACC*CVAACC*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**0.5)
END IF
ELSE
CALL AFCAC1 (CDA, CDB, QB, HANAP, H2NAP, HBNAP, BR, G, CDAACC, CDBACC, BESCH)
IF (BESCH .EQ. 1) THEN
  GOTO 20
END IF
CALL SLCAC1 (CVA, QB, HANAP, HBNAP, G, CVAACC)
X=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 * HANAP
Y=(CDBACC * CVB * AB)**2 * HBNAP
Z=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 + (CDBACC * CVB * AB)**2
H2NAP=(X+Y)/Z
QA=CDAACC*CVAACC*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**0.5)
END IF

```

*
* Nu wordt getest of de verandering in Q het nodig maakt nog een keer
* de berekening te doorlopen met de nieuwe Q. De berekening stopt zodra
* het verschil tussen een nieuw en oud debiet kleiner is dan een
* ingevoerde EPS, epsilon, of als de berekening te lang wordt.
* Hiervoor moet een maximum waarde voor TELLER worden ingevoerd
* in het statement IF ((ABS... etc, dat hierna volgt. Als er niets
* veranderd wordt stopt de berekening na 15 maal.
*

```

IF ((ABS(QA-QB).GT.EPS).AND.(TELLER.LT.15)) THEN
  TELLER = TELLER + 1
  GO TO 10
ELSE
  CONTINUE
END IF
20 CONTINUE
END

```

```

*
* Deze subroutines berekenen de afvoercoëfficiënt Cd, waarbij rekening
* gehouden wordt met de verliezen.
*
* CDA en CDB zijn de basis-afvoercoëfficiënten voor de eerste en tweede schuif
* CDAACC en CDBACC zijn de verliesafhankelijke afvoercoëfficiënten.
* Q is het debiet
* H1NAP is de waterstand aan de Lekzijde t.o.v. NAP
* H2NAP is de waterstand tussen de schuiven t.o.v. NAP
* H3NAP is de waterstand aan de Kwelkomzijde t.o.v. NAP
* BR is de breedte van de inlaatopening
* DRPHG1 en DRPHG2 zijn de hoogtes van de dorpels 1 en 2
* V1 t/m 4 zijn verschillende stroomsnelheden
* BODEMH is de bodemhoogte
* DLTHA en DLTHB zijn de vervallen over de eerste en tweede schuif
* BESCH is een waarschuwingsindicator, zie hoofdprogramma
* FACTOR, FACT1 en FACT2 zijn de grootheden die onder het wortelteken van
* de verliesfactoren staan. Als deze negatief worden is het verval over
* de schuif negatief en stroomt het water dus de Lek in In plaats van de
* kwelkom in. BESCH wordt dan op 1 gesteld en het programma geeft een
* waarschuwing.
*

```

```

SUBROUTINE AFCAC1(CDA,CDB,Q,H1NAP,H2NAP,H3NAP,
$ BR,G,CDAACC,CDBACC,BESCH)
REAL CDA,CDAACC,CDB,CDBACC,Q,H1NAP,H2NAP,H3NAP,BR
REAL DRPHG1,DRPHG2,V1,V2,V3,V4,BODEMH,DLTHA,DLTHB,FACT1,FACT2
INTEGER BESCH
PARAMETER(BODEMH=0.35)
PARAMETER(DRPHG1=0.40)
PARAMETER(DRPHG2=0.60)
DLTHA = H1NAP-H2NAP
DLTHB = H2NAP-H3NAP
V1 = Q/(BR*(H1NAP-DRPHG1))
FACT1 = (1-(0.2*((V1**2)/(2*G)))/(DLTHA))
IF (FACT1 .LE. 0) THEN
    BESCH = 1
    GOTO 10
ELSE
    CDAACC=CDA*(FACT1)**0.5
END IF
V2 = Q/(BR*(H2NAP-DRPHG2))
V3 = Q/(BR*(H2NAP-BODEMH))
V4 = Q/(BR*(H3NAP-BODEMH))
FACT2 = (1-(0.2*((V2**2)/(2*G)))/(DLTHB))-
$ (0.12*((V3**2)/(2*G)))/(DLTHB))-
$ (0.5*((V4**2)/(2*G)))/(DLTHB))
IF (FACT2 .LE. 0) THEN
    BESCH = 1
    GOTO 10
ELSE
    CDBACC=CDB*(FACT2)**0.5
END IF
10 CONTINUE
END

```

```

SUBROUTINE AFCAC2 (CDA,Q,H1NAP,H3NAP,BR,G,CDAACC,BESCH)

```



```

REAL CDA,CDAACC,Q,H1NAP,H3NAP,BR,G,DLTHA,V1,V2,V3,V4,V5
REAL DRPHG1,DRPHG2,BODEMH,FACTOR
INTEGER BESCH
PARAMETER (BODEMH = 0.35)
PARAMETER (DRPHG1 = 0.40)
PARAMETER (DRPHG2 = 0.60)
DLTHA = H1NAP - H3NAP
V1 = Q/(BR*(H1NAP - DRPHG1))
V2 = Q/(BR*(H3NAP - DRPHG2))
V3 = Q/(BR*(H3NAP - BODEMH))
V4 = Q/(BR*(H3NAP - DRPHG1))
V5 = Q/(BR*(H3NAP - BODEMH))
FACTOR = (1-(0.2*((V1**2)/(2*G))/(DLTHA))-
$          (0.2*((V2**2)/(2*G))/(DLTHA))-
$          (0.12*((V3**2)/(2*G))/(DLTHA))-
$          (2*0.2*((V4**2)/(2*G))/(DLTHA))-
$          (0.5*((V3**2)/(2*G))/(DLTHA)))
IF (FACTOR .LE. 0) THEN
  BESCH = 1
  GOTO 10
ELSE
  CDAACC = CDA*(FACTOR)**0.5
END IF
10  CONTINUE
END

```

```

SUBROUTINE AFCAC3(CDB,Q,H1NAP,H3NAP,BR,G,CDBACC,BESCH)
REAL CDB,CDBACC,Q,H1NAP,H3NAP,BR,G,DLTHB,V1,V2,V3,V4
REAL DRPHG1,DRPHG2,BODEMH,FACTOR
INTEGER BESCH
PARAMETER (BODEMH = 0.35)
PARAMETER (DRPHG1 = 0.40)
PARAMETER (DRPHG2 = 0.60)
DLTHB = H1NAP - H3NAP
V1 = Q/(BR*(H1NAP - DRPHG1))
V2 = Q/(BR*(H1NAP - DRPHG2))
V3 = Q/(BR*(H1NAP - BODEMH))
V4 = Q/(BR*(H3NAP - BODEMH))
FACTOR = (1-(2*0.2*((V1**2)/(2*G))/(DLTHB))-
$          (2*0.2*((V2**2)/(2*G))/(DLTHB))-
$          (0.12*((V3**2)/(2*G))/(DLTHB))-
$          (0.5*((V3**2)/(2*G))/(DLTHB)))
IF (FACTOR .LE. 0) THEN
  BESCH = 1
  GOTO 10
ELSE
  CDBACC = CDB*(FACTOR)**0.5
END IF
10  CONTINUE
END

```

```

*
* Deze subroutines berekenen de snelheidscoefficient Cv, rekening
* houdend met de niet optimale huidige plaats voor de vlotter.
*

```

```

* CVA is de basis-snelheidscoefficient voor de eerste schuif
* CVAACC is de aangepaste snelheidscoefficient voor de tweede schuif
* H1NAP is de waterstand aan de Lekzijde t.o.v. NAP
* H2NAP is de waterstand tussen de schuiven t.o.v. NAP
* G is de versnelling van de zwaartekracht
* BSTER is de breedte van de stroombaan bij de 'LEK'vlotter
* V is een stroomsnelheid
* BODEMH is de bodemhoogte
*

```

```

SUBROUTINE SLCAC1 (CVA,Q,H1NAP,H2NAP,G,CVAACC)
REAL CVA,CVAACC,H1NAP,H2NAP,G,BSTER,V,BODEMH
PARAMETER (BSTER = 4.0)
PARAMETER (BODEMH = 0.27)
DLTHA = H1NAP - H2NAP
V = Q/(BSTER *(H1NAP - BODEMH))
CVAACC = CVA * ((1+((V**2)/(2*G))/(DLTHA)))**0.5
END

```

```

SUBROUTINE SLCAC2 (CVA,Q,H1NAP,H3NAP,G,CVAACC)
REAL CVA,CVAACC,H1NAP,H3NAP,G,BSTER,V,BODEMH
PARAMETER (BSTER = 4.0)
PARAMETER (BODEMH = 0.27)
DLTHA = H1NAP - H3NAP
V = Q/(BSTER *(H1NAP - BODEMH))
CVAACC = CVA * ((1+((V**2)/(2*G))/(DLTHA)))**0.5
END

```

```
//GO.SYSIN DD *
```

```
* hier wordt de invoer gegeven voor het programma.
```

```
*
```

```
* jr dat tijd h1 h3 sch1 sch2 sch3 sch4 sch5 sch6
```

```
*
```

```

198406261200 3.15 2.59 0.03 0.75 0.76 0.02 2.12 1.77
198409241200 3.37 2.58 0.05 0.42 1.26 0.04 2.12 1.77
198410081200 3.67 2.30 0.04 0.05 0.50 0.04 2.12 1.77
198410221200 3.24 2.32 0.03 0.02 0.94 0.02 2.10 1.77
198411051200 2.75 2.28 0.05 0.37 0.84 0.04 2.12 1.78
198411201200 2.86 2.29 0.02 0.35 0.81 0.02 2.12 1.77
198703111055 3.00 3.10 0.03 0.75 0.76 0.02 2.12 1.77
198703111057 2.00 1.98 0.03 0.75 2.00 0.03 1.77 2.12

```

```
//
```

Hoofdstuk VII

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Waterstandsregistratie

De vlotter buitendijks staat op 1 meter vanuit de instroomopening. Volgens de theorie moet dit drie à vier maal de waterdiepte zijn hetgeen zou resulteren in een afstand van circa 10 meter. In de snelheidscoëfficiënt C_v is echter met de niet ideale plaats van de vlotter rekening gehouden zodat verplaatsing niet per se noodzakelijk is. Als de vlotter toch verplaatst wordt zal uit de coëfficiënt C_v de snelheidsafhankelijke factor verwijderd moeten worden.

Het verschil dat kan optreden tussen de registratie van de buitenwaterstand en handmatige controlemetingen kan veroorzaakt worden doordat de vlotter de snelle schommelingen in de waterstand dempt. Bij de berekening van het debiet zal uitgegaan worden van de 'gedempte' registratie omdat de ongewenste invloed van snelle schommelingen dan het minst is. Om een goede werking van de vlotter te garanderen zal regelmatig gecontroleerd moeten worden of de opening in de vlotterbuis niet verstopt wordt door mosselen, vuil en dergelijke.

De vlotter in de kwelkom registreert alleen waterstanden boven de N.A.P. +2,70 m. Omdat deze waterstand nodig is voor de debietberekening moet deze vlotter gangbaar gemaakt worden zodat ook waterstanden beneden dit niveau geregistreerd worden. De vlotter staat niet op een ideale plaats. Enerzijds zou hij beter dichterbij het inlaatwerk geplaatst kunnen worden, anderzijds er verder vanaf. Verplaatsing zou echter ook extra onnauwkeurigheden in de debietberekening introduceren zodat hiervan beter afgezien kan worden.

Afvoerrelatie

In de constructie treden energieverliezen op, veroorzaakt door dorpels, wrijving en vertraging bij uitstroming. Deze verliezen beïnvloeden de afvoer en zijn afhankelijk van de stroomsnelheid van het water. Er moet dus rekening mee worden gehouden bij het bepalen van de afvoerrelatie.

Uitgangspunt voor de gevonden afvoerrelatie is de relatie die door Bos, ed. in 'Discharge Measurement Structures' [1] gegeven wordt voor stroming onder schuiven. Deze relatie is aangepast aan de situatie bij Wijk bij Duurstede door een koppeling met de stroomsnelheidsafhankelijke verliezen.

De gevonden relatie is gecalibreerd met 6 sets meetgegevens uit 1984. De verschillen die optreden tussen de berekende waarden en de voor de calibratie gebruikte gegevens liggen rond de 5%. Hieruit kan echter geen conclusie getrokken worden omtrent de nauwkeurigheid van de afvoerrelatie omdat dat pas kan als de relatie gevalideerd is en men de nauwkeurigheid van de controlemetingen kent.

Wegens gebrek aan meer, nauwkeurige, gegevens is het niet mogelijk geweest meer gegevens voor de calibratie te gebruiken. Indien een grotere nauwkeurigheid in de afvoerrelatie nagestreefd wordt zal nader onderzoek moeten plaatsvinden, (metingen, proefnemingen aan een schaalmodel). De meerkosten zullen echter afgewogen moeten worden tegen de grotere nauwkeurigheid.

Met gegevens van nieuwe metingen zal validatie van de relatie moeten plaatsvinden. Deze gegevens mogen niet voor de calibratie gebruikt worden.

Bij de bepaling van het totale debiet is uitgegaan van de som van de debieten door de afzonderlijke inlaatopeningen. Er is dus aangenomen dat er bij stroming door verschillende openingen geen onderlinge beïnvloeding optreedt.

Het verdient aanbeveling om bij verdere studie de afvoerrelatie aan een foutenanalyse te onderwerpen zodat bekend wordt welke termen welke bijdrage leveren aan de totale fout van de afvoerrelatie.

Computerprogramma

Het programma dat ontwikkeld is is geen totaal direct klaar programma. Het is een body waar verder mee gewerkt kan worden bij de validatie van de afvoerrelatie. Voor toepassing in het totale systeem van het bureau waterhuishouding kunnen enige aanvullingen en/of aanpassingen nodig zijn.

Aanbevelingen voor aanvullende metingen

Bij de debietmetingen moet rekening gehouden met het volgende:

- Als eerste moeten de nulstanden van de schuiven bepaald worden. Dit is die registratie van de schuifstand waarbij het water juist door het inlaatwerk gaat stromen.
- Per situatie zijn minstens twee debietmetingen nodig. Als er veel verschil in deze twee metingen zit zal een derde meting noodzakelijk zijn.
- Het debiet moet gemeten worden op een plaats waar de stroming zo weinig mogelijk turbulent (zo stationair mogelijk) is. De huidige/oude meetplaats, aan de Kromme Rijn zijde van de stuw Singelbrug, is vanwege de optredende turbulenties minder, zo niet ongeschikt.
- Een mogelijke plaats voor metingen is de brug over de Kromme Rijn net benedenstrooms van Wijk bij Duurstede. Wel zal dan de Amerongse wetering bij de metingen betrokken moeten worden.

- Ga eerst meten met afzonderlijke inlaatopeningen. Het belangrijkste is hierbij de opening die het meest gebruikt wordt. In dit kader verdient het aanbeveling voor de bediening richtlijnen op te stellen om aan te geven welke opening het eerst gebruikt moet worden, etc. Op deze manier kan duidelijk worden of voor elke opening dezelfde relatie geldt, en zo nee welke aanpassingen aan de relatie moeten gebeuren.
- Nadat de relaties van de afzonderlijke openingen vastgesteld zijn kan gemeten worden met twee of meer openingen in gebruik. Er kan dan duidelijk worden of er onderlinge beïnvloeding optreedt.
- Zorg voor schone inlaatopeningen tijdens de metingen, verwijder grof vuil etc.
- Het belangrijkste zijn die situaties die het meest voorkomen (als indicatie kan hiervoor gedacht worden buitenwaterstanden tussen de N.A.P. + 2,50 m en + 4,50 m). Extreme situaties kunnen meegenomen worden, maar zijn van beperkte relevantie voor de totale hoeveelheid die in een bepaalde periode ingelaten wordt.

LITERATUUR

1. Bos, M.G., editor, Working Group on Small Hydraulic Structures
'Discharge Measurement Structures', Internationale Institute for Land Reclamation and Improvement ILRI, Wageningen 1976
2. Bos, M.G.
'Long Throated Flumes and Broad Crested Weirs', Martinus Nijhoff/Dr.W. Junk Publishers, 1985
3. Fraanje, M.J.
'Vloeistofmechanica', deel 1 en 2, AGON Elsevier Amsterdam, 1972
4. Vries, M. de
'Inleiding vloeistofmechanica', collegedictaat B71, Technische Hogeschool Delft, 1979, herdruk maart 1981
5. Waterloopkundig Laboratorium Delft
'Zijdelingse contractie ten gevolge van niet ideaal afgeronde landhoofden bij meetstuwen', Onderzoek naar de grootte van de contractiecoefficient, Speurwerkverslag S170-11, december 1976
6. International Standard Organisation
'Measurement of Liquid Flow in Open Channels', ISO Standards Handbook nr.16, 1983
7. Provinciale Waterstaat van Utrecht, afdeling Natte Waterstaat en Recreatie, bureau Waterhuishouding
Jaarverslag Waterhuishouding 1982
8. Landbouw Hogeschool Wageningen, bureau post academisch onderwijs, laboratorium voor hydraulica en afvoerhydrologie, redactie H. Prak
'Opzet en gebruik van een meetnet ten behoeve van het waterbeheer' Rapport 5, december 1978
9. Merchant, Michael J.
'Fortran 77, Language and Style', A Structured Guide to Fortran 77, Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, USA, 1981

Bijlage : Listing computerprogramma in-
clusief symbol en label cross
reference dicitonary

REQUESTED OPTIONS (EXECUTE): SOURCE,FIPS(F),GOSTMT,XREF,NODECK,NOLIST,LANGVL(77),OPT(0),FLAG(I),NOSDUMP
 OPTIONS IN EFFECT: NOLIST,NOMAP,XREF,GOSTMT,NODECK,SOURCE,NOTERM,OBJECT,FIXED,NOTEST,NOTRMFLG,SRCFLG,NOSYM,
 OPT(0),LANGVL(77),FIPS(F),FLAG(I),NAME(MAIN),LINECOUNT(60),CHARLEN(32767),NOSDUMP

```

*****1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
ISN 1      PROGRAM WIBIDN
*
* PROGRAMMA VOOR DESIETBEREKENING INLAATWERK WIJK 3IJ DUURSTEDE
*
* AUTEUR K.J. VAN ESCH
* TAAL: FORTRAN 77
* DATUM: MEI 1987
*
ISN 2      REAL H1NAP, H2NAP, H3NAP, H1, H3, DELTAH
ISN 3      REAL Q1,Q2,Q3,QTOT
ISN 4      REAL CD1,CD2,CD3,CD4,CD5,CD6
ISN 5      REAL CV1,CV2,CV3,CV4,CV5,CV6
ISN 6      REAL A1,A2,A3,A4,A5,A6
ISN 7      REAL SCHST1,SCHST2,SCHST3,SCHST4,SCHST5,SCHST6
ISN 8      REAL NULW1,NULW2,NULW3,NULW4,NULW5,NULW6
ISN 9      REAL BR,G,BODEMH,DRPHG1
ISN 10     INTEGER STROM,BESCH
ISN 11     CHARACTER*12 DATIJD
ISN 12     PARAMETER (G=9.81)
ISN 13     PARAMETER (BR=1.60)
ISN 14     PARAMETER (BODEMH=0.35)
ISN 15     PARAMETER (DRPHG1=0.40)
ISN 16     PARAMETER (CV1=1.0)
ISN 17     PARAMETER (CV2=1.0)
ISN 18     PARAMETER (CV3=1.0)
ISN 19     PARAMETER (CV4=1.05)
ISN 20     PARAMETER (CV5=1.05)
ISN 21     PARAMETER (CV6=1.05)
ISN 22     PARAMETER (NULW1=0.02)
ISN 23     PARAMETER (NULW2=0.02)
ISN 24     PARAMETER (NULW3=0.02)
ISN 25     PARAMETER (NULW4=0.02)
ISN 26     PARAMETER (NULW5=0.02)
ISN 27     PARAMETER (NULW6=0.02)
ISN 28     WRITE (*, '(T3,A,A)',) Datum Tijd H1 H3 Sch1 Sch2 Sch3
ISN 29     //Sch4 Sch5 Sch6 Q1 Q2 Q3 Qtot
ISN 30     WRITE (*, '(2(//))')
ISN 31     READ (*, I2, END=1000) DATIJD, H1NAP, H3NAP, SCHST1, SCHST2, SCHST3,
ISN 32     SCHST4, SCHST5, SCHST6
ISN 33     FORMAT (3X, A12, 1X, F4.2, 1X, F4.2, 1X, F4.2, 1X, F4.2, 1X, F4.2, 1X, F4.2,
ISN 34     1X, F4.2, 1X, F4.2)
ISN 35     DELTAH = H1NAP-H3NAP
ISN 36     STROM = 0
ISN 37     Q1 = 0
ISN 38     Q2 = 0
ISN 39     Q3 = 0
ISN 40     QTOT = 0

```


*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.#.....8

```

38      CALL SCHUIF(SCHST1,NULW1)
39      CALL SCHUIF(SCHST2,NULW2)
40      CALL SCHUIF(SCHST3,NULW3)
41      CALL SCHUIF(SCHST4,NULW4)
42      CALL SCHUIF(SCHST5,NULW5)
43      CALL SCHUIF(SCHST6,NULW6)

44      IF (H1NAP .LT. H3NAP) THEN
45         Q1=-0.1
46         Q2=-0.1
47         Q3=-0.1
48         GO TO 90
49      END IF

50      A1=BR*SCHST1
51      A2=BR*SCHST2
52      A3=BR*SCHST3
53      A4=BR*SCHST4
54      A5=BR*SCHST5
55      A6=BR*SCHST6

56      CALL AFVCOE(SCHST1,BR,CD1)
57      CALL AFVCOE(SCHST2,BR,CD2)
58      CALL AFVCOE(SCHST3,BR,CD3)
59      CALL AFVCOE(SCHST4,BR,CD4)
60      CALL AFVCOE(SCHST5,BR,CD5)
61      CALL AFVCOE(SCHST6,BR,CD6)

62      H1=H1NAP-BODEMH
63      H3=H3NAP-BODEMH
64      CALL DEBIET(SCHST1,SCHST4,H1NAP,H3NAP,CD1,CD4,CV1,CV4,
$      A1,A4,Q1,STROM,H2NAP)
65      IF (STROM .EQ. 1) THEN
66         GO TO 75
67      END IF
68      CALL DEBACC(SCHST1,SCHST4,H1NAP,H3NAP,CD1,CD4,CV1,CV4,A1,
$      A4,Q1,H2NAP,BESCH)
69      IF (BESCH .EQ. 1) THEN
70         Q1 = -0.2
71         Q2 = -0.2
72         Q3 = -0.2
73         GO TO 90
74      END IF
75      CALL DEBIET(SCHST2,SCHST5,H1NAP,H3NAP,CD2,CD5,CV2,CV5,
$      A2,A5,Q2,STROM,H2NAP)
76      IF (STROM .EQ. 1) THEN
77         GO TO 75
78      END IF
79      CALL DEBACC(SCHST2,SCHST5,H1NAP,H3NAP,CD2,CD5,CV2,CV5,A2,
$      A5,Q2,H2NAP,BESCH)
80      IF (BESCH .EQ. 1) THEN
81         Q1 = -0.2
82         Q2 = -0.2
83         Q3 = -0.2
84         GO TO 90
85      END IF

```

```

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
ISN 86 CALL DEBIET(SCHST3,SCHST6,H1NAP,H3NAP,CD3,CD6,CV3,CV6,
ISN 87 $ IF (STROM.EQ. 1) THEN
ISN 88 GOTO 75
ISN 89 END IF
ISN 90 CALL DEBACC(SCHST3,SCHST6,H1NAP,H3NAP,CD3,CD6,CV3,CV6,A3,
ISN 91 $ IF (BESCH.EQ. 1) THEN
ISN 92 J1 = -0.2
ISN 93 J2 = -0.2
ISN 94 J3 = -0.2
ISN 95 GOTO 90
ISN 96 END IF

ISN 97 75 IF (STROM.EQ.1) THEN
ISN 98 WRITE(*,85) DATIJD,H1NAP,H3NAP,SCHST1,SCHST2,SCHST3,
ISN 99 $ SCHST4,SCHST5,SCHST6,'(A)',
ISN 100 $ FORMAT(3X,A12,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,
ISN 101 $ F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,'vrije doorstroming!')
ISN 102 $ GO TO 200
ISN 103 ELSE
ISN 104 CONTINUE
ISN 105 GOTO 10
ISN 106 CONTINUE
ISN 107 $ CONTINUE
ISN 108 $ UTOT=Q1+Q2+Q3
ISN 109 $ WRITE(*,100) DATIJD,H1NAP,H3NAP,SCHST1,SCHST2,SCHST3,SCHST4,
ISN 110 $ SCHST5,SCHST6,Q1,Q2,Q3,QTOT
ISN 111 $ FORMAT(3X,A12,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F4.2,
ISN 112 $ 1X,F4.2,1X,F4.2,1X,F5.2,1X,F5.2,1X,F5.2,1X,F6.2)
ISN 113 $ CONTINUE
ISN 114 $ GO TO 10
ISN 115 CONTINUE
ISN 116 WRITE(*,5000) 'EINDE PROGRAMMA'
ISN 117 $ FORMAT(///,30X,A)
ISN 118 END
ISN 119

```

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCED(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),

INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

-NAME- UODE -TAG-- DECLARED REFERENCES

NAME	UODE	TAG	DECLARED	REFERENCES
AFVCOE	X		56 57 58	
A1	R*4	T	50 64 68	
A2	R*4	T	51 75 79	
A3	R*4	T	52 86 90	
A4	R*4	T	53 64 68	
A5	R*4	T	54 75 79	
A6	R*4	T	55 86 90	
BESCH	I*4	T	30 90 91	
BODEMH	R*4	KT	14 62 63	
BR	R*4	KT	9 13 50 51	52 53 54 55 56 57 58 59 60 61
CD1	R*4	T	4 56 64 68	
CD2	R*4	T	4 57 75 79	
CD3	R*4	T	4 58 86 90	
CD4	R*4	T	4 59 64 68	
CD5	R*4	T	4 60 75 79	
CD6	R*4	T	4 61 86 90	
CV1	R*4	KT	5 16 64 68	
CV2	R*4	KT	5 17 75 79	
CV3	R*4	KT	5 18 86 90	
CV4	R*4	KT	5 19 64 68	
CV5	R*4	KT	5 20 75 79	
CV6	R*4	KT	5 21 86 90	
DATIJD	CHAR	T	30 98 106	
DEBACC	X	X	68 79 90	
DEBIET	X	X	64 75 85	
DELTAH	R*4	T	2 32	
DRPHG1	R*4	KT	9 15	
G	R*4	KT	9 12	
H1	R*4	T	2 62	
H1NAP	R*4	T	2 30	32 44 62 64 68 75 79 86 90 98 106
H2NAP	R*4	T	2 64 68	
H3	R*4	T	2 63	
H3NAP	R*4	T	2 30	32 44 63 64 68 75 79 86 90 98 106
NULW1	R*4	KT	8 22 38	
NULW2	R*4	KT	8 23 39	
NULW3	R*4	KT	8 24 40	
NULW4	R*4	KT	8 25 41	
NULW5	R*4	KT	8 26 42	
NULW6	R*4	KT	8 27 43	
Q10T	R*4	T	3 37 105 106	
Q1	R*4	T	3 34 45 64	63 70 81 92 105 106
Q2	R*4	T	3 35 46 71	75 79 82 93 105 106
Q3	R*4	T	3 36 47 72	83 86 90 94 105 106
SCHST1	R*4	T	7 30 38 50	56 64 68 98 106
SCHST2	R*4	T	7 30 39 51	57 75 79 98 106
SCHST3	R*4	T	7 30 40 52	58 86 90 98 106
SCHST4	R*4	T	7 30 41 53	59 64 68 98 106
SCHST5	R*4	T	7 30 42 54	60 75 79 98 106
SCHST6	R*4	T	7 30 43 55	61 86 90 98 106
SCHUIF	X	X	3 38 39 40 41 42 43 44	

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCED(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

NAME MODE _IAG_-- DECLARED REFERENCES
STROM I*4 T 10 33 64 65 75 76 86 87 97

LABEL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: FORMAT(F), NON-EXECUTABLE(N), USED AS ARGUMENT(A), OBJECT OF BRANCH(B), USED IN ASSIGN STATEMENT(S)

----LABEL--- IAG DEFINED REFERENCES

10	B	30	109
12	NF	31	30
75	B	97	66
85	NF	99	77 88
90	3	104	98
100	NF	107	48 73 84 95
200	B	103	106
1000	B	110	100
5000	NF	112	30
			111

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 113, PROGRAM SIZE = 2424 BYTES, PROGRAM NAME = WIBIDN PAGE: 1.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

WIBIDN END OF COMPILATION! 1 *****

OPTIONS IN EFFECT: NOLIST NOMAP XREF GOSTMT HODECK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCFLG NOSYM
OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7......8

```

1 ISN SUBROUTINE SCHUIF(SCHSTA,NULVA)
2 ISN REAL SCHSTA,NULVA
3 ISN SCHSTA=SCHSTA-NULVA
4 ISN IF(SCHSTA .LT. 0)THEN
5 ISN   SCHSTA = 0
6 ISN END IF
7 ISN END

```

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCED(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

NAME MODE _TAG_-- DECLARED BEEBEBEVCES

NULWA	R*4	DT	1	2	3	
SCHSTA	R*4	DT	1	2	3	4
SCHUIF	R*4		1		UNREFERENCED	5

*** NO USER LABELS ***

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 7, PROGRAM SIZE = 274 BYTES, PROGRAM NAME = SCHUIF PAGE: 6.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

SCHUIF END OF COMPILATION 2 *****

LEVEL 1.3.1 (FEB 1984) VS FORTRAN DATE: 1987 MAY 27 TIME: 08:58:38 PAGE: 8

OPTIONS IN EFFECT: NOLIST NOMAP XREF GOSTMT NODECK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCFLG NOSYM
OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

ISN 1 SUBROUTINE AFVCOE(SCHSTA, BR, CDA)
ISN 2 REAL SCHSTA, BR, CDA, RA
ISN 3 RA = (BR + 2 * SCHSTA) / (2 * BR + 2 * SCHSTA)
ISN 4 CDA = 0.70 * (1 + 0.15 * RA)
ISN 5 END

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCED(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

-NAME- MODE -TAG-- DECLARED REFERENCES

AFVCOE	R*4		1	UNREFERENCED
BR	R*4	DT	1	2 3 3
CDA	R*4	DT	1	2 4
RA	R*4	T	2	3 4
SCHSTA	R*4	DT	1	2 3 3

**** NO USER LABELS ****

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 5, PROGRAM SIZE = 324 BYTES, PROGRAM NAME = AFVCOE PAGE: 8.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

AFVCOE END OF COMPILATION 3 *****

OPTIONS IN EFFECT: HOLLIST HOMAP XREF GOSTMT HODECK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCFLG NOSYM
 OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

```

1      SUBROUTINE DEBIET(SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,
2      AA,AB,QA,STROH,H2NAP)
3      REAL SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,AA,AB,QA
4      REAL BODEMH,G,X,Y,Z, H2NAP,H2
5      INTEGER STROH
6      PARAMETER (BODEMH = 0.40)
7      PARAMETER (G = 9.81)
8      HA=HANAP-BODEMH
9      HB=HBNAP-BODEMH
10     IF((SCHSTA.LE.0).OR.(SCHSTB.LE.0))THEN
11       JA=0.
12     ELSE IF((SCHSTA.GT.HA).AND.(SCHSTB.GT.HB))THEN
13       STROH=1
14     ELSE IF((SCHSTA.GT.HA)THEN
15       QA=CDB*CVB*AB*((2*G*(HANAP-HBNAP))**.5)
16     ELSE IF((SCHSTB.GT.HB)THEN
17       X=(CDA * CVA * AA)**2 * HANAP
18       Y=(CDB * CVB * AB)**2 * HBNAP
19       Z=(CDA * CVA * AA)**2 + (CDB * CVB * AB)**2
20       H2NAP=(X+Y)/Z
21       H2=H2NAP-BODEMH
22     IF (SCHSTB.GT.H2)THEN
23       QA=CDA*CVA*AA*((2*G*(HANAP-HBNAP))**.5)
24     ELSE
25       QA=CDA*CVA*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**.5)
26     END IF
27     ELSE
28       X=(CDA * CVA * AA)**2 * HANAP
29       Y=(CDB * CVB * AB)**2 * HBNAP
30       Z=(CDA * CVA * AA)**2 + (CDB * CVB * AB)**2
31       H2NAP=(X+Y)/Z
32       QA=CDA*CVA*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**.5)
33     END IF
34   END

```

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCE(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
 INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

NAME	_MODE_	_TAG_	DECLARED BEEBEEUSES																		
AA	R*4	DT	1	2	16	18	22	24	27	29	31										
AB	R*4	DT	1	2	14	17	18	28	29												
SODEMH	R*4	KT	3	5	7	8	20														
CDA	R*4	DT	1	2	16	18	22	24	27	29	31										
CDB	R*4	DT	1	2	14	17	18	28	29												
CVA	R*4	DT	1	2	16	18	22	24	27	29	31										
CVB	R*4	DT	1	2	14	17	18	28	29												
DEBIET	R*4		1	UNREFERENCED																	
G	R*4	KT	3	6	14	22	24	31													
HA	R*4		7	11	13																
HANAP	R*4	DT	1	2	7	14	16	22	24	27	31										
HB	R*4		8	11	15																
HBNAP	R*4	DT	1	2	8	14	17	22	28												
H2	R*4	T	3	20	21																
HZNAP	R*4	DT	1	3	19	20	24	30	31												
QA	R*4	DT	1	2	10	14	22	24	31												
SCHSTA	R*4	DT	1	2	9	11	13														
SCHSTB	R*4	DT	1	2	9	11	15	21													
STROM	I*4	DT	1	4	12																
X	R*4	T	3	16	19	27	30														
Y	R*4	T	3	17	19	28	30														
Z	R*4	T	3	18	19	29	30														

*** NO USER LABELS ****
 STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 33, PROGRAM SIZE = 1452 BYTES, PROGRAM NAME = DEBIET PAGE: 10.
 STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.
 DEBIET END OF COMPILATION 4 *****

OPTIONS IN EFFECT: HOLLIST NOMAP XREF GOSTMT HODECK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCFLG NOSYH
OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(1) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7..........8

```

1  SUBROUTINE DEBACC(SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,AA,
2  AB,QA,H2NAP,BESCH)
3  REAL SCHSTA,SCHSTB,HANAP,HBNAP,CDA,CDB,CVA,CVB,AA,AB,QA,QB
4  REAL DRPHG1,G,X,Y,Z, H2NAP,H2, CDACC,CDBACC,CVAACC,EPS,BR
5  INTEGER STROM,TELLER,BESCH
6  PARAMETER (BR = 1.60)
7  PARAMETER (EPS = 0.1)
8  PARAMETER (DRPHG1 = 0.40)
9  PARAMETER (G = 9.81)
10 HA=HANAP-DRPHG1
11 HB=HBNAP-DRPHG1
12 TELLER = 0
13 BESCH = 0
14 IF((SCHSTA.LE.0).OR.(SCHSTB.LE.0))THEN
15   QA=0
16 ELSE IF((SCHSTA.GT.HA).AND.(SCHSTB.GT.HB))THEN
17   STROM=1
18 ELSE IF(SCHSTA.GT.HA)THEN
19   CALL AFCAC3 (CDB,QB,HANAP,H3NAP,BR,G,CDBACC,BESCH)
20 IF (BESCH .EQ. 1) THEN
21   GOTO 20
22 END IF
23 QA=CDBACC*CVB*AB*((2*G*(HANAP-HBNAP))**.5)
24 ELSE IF(SCHSTB.GT.HB)THEN
25   CALL AFCAC1 (CDA,CDB,QB,HANAP,H2NAP,HBNAP,BR,G,
26   CDAACC,CDBACC,BESCH)
27 IF (BESCH .EQ. 1) THEN
28   GOTO 20
29 END IF
30 CALL SLCAC1 (CVA,QB,HANAP,H2NAP,G,CVAACC)
31 X=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 * HANAP
32 Y=(CDBACC * CVB * AB)**2 * HBNAP
33 Z=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 + (CDBACC * CVB * AB)**2
34 H2NAP=(X+Y)/Z
35 H2=H2NAP-DRPHG1
36 IF (SCHSTB.GT.H2)THEN
37   CALL AFCAC2 (CDA,QB,HANAP,HBNAP,BR,G,CDAACC,BESCH)
38 IF (BESCH .EQ. 1) THEN
39   GOTO 20
40 END IF
41 CALL SLCAC2 (CVA,QB,HANAP,H3NAP,G,CVAACC)
42 GA=CDAACC*CVAACC*AA*((2*G*(HANAP-HBNAP))**.5)
43 ELSE
44   GA=CDAACC*CVAACC*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**.5)
45 END IF
46 CALL AFCAC1 (CDA,CDB,QB,HANAP,H2NAP,HBNAP,BR,G,
47   CDAACC,CDBACC,BESCH)

```

```

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
ISN 47 IF (BESCH =EQ. 1) THEN
ISN 48   GOTO 20
ISN 49   END IF
ISN 50   CALL SLCAC1 (CVA,OB,HANAP,HB,NAP,G,CVAACC)
ISN 51   X=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 * HANAP
ISN 52   Y=(CDBACC * CVB * AB)**2 * HBNAP
ISN 53   Z=(CDAACC * CVAACC * AA)**2 + (CDBACC * CVB * AB)**2
ISN 54   H2NAP=(X+Y)/Z
ISN 55   QA=CDAACC*CVAACC*AA*((2*G*(HANAP-H2NAP))**.5)
ISN 56   END IF

ISN 57 IF ((ABS(QA-OB).GT.EPS).AND.(TELLER.LT.15))THEN
ISN 58   TELLER = TELLER + 1
ISN 59   GO TO 10
ISN 60   ELSE
ISN 61     CONTINUE
ISN 62   END IF
ISN 63   CONTINUE
ISN 64   END

```

20

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCE(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),

INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

---NAME_ MODE _IAS_-- DECLARED REFERENCES

AA	R#4	DT	1	2	30	32	41	43	51	53	55							
AB	R#4	DT	1	2	23	31	32	52	53									
ABS		GI		57														
AFCAC1	X	X		25	46													
AFCAC2	X	X		36														
AFCAC3	X	X		19														
BESCH	I#4	DT	4	12	19	20	25	26	36	37	46	47						
BR	R#4	KT	3	5	19	25	36	46										
CDA	R#4	DT	1	2	25	36	46											
CDACC	R#4	T	3	25	30	32	36	41	43	46	51	53	55					
CDB	R#4	DT	1	2	19	25	46											
CDBACC	R#4	T	3	19	23	25	31	32	46	52	53							
CVA	R#4	DT	1	2	29	40	50											
CVAACC	R#4	T	3	29	30	32	40	41	43	50	51	53	55					
CVB	R#4	DT	1	2	23	31	32	52	53									
DEBACC	R#4	KT	3	7	9	10	34											
DRPHGI	R#4	KT	3	6	57													
EPS	R#4	KT	3	8	19	23	25	29	36	40	41	43	46	50	55			
G	R#4	KT	3	9	16	18												
HA	R#4	DT	1	2	9	19	23	25	29	30	36	40	41	43	46	50	51	55
HANAP	R#4	DT	1	2	10	16	24											
HB	R#4	DT	1	2	10	19	23	25	31	36	40	41	46	50	52			
HBNAP	R#4	T	3	34	35													
H2	R#4	DT	1	3	25	29	33	34	43	46	54	55						
H2NAP	R#4	DT	1	2	13	15	23	41	43	55	57							
QA	R#4	DT	2	13	19	25	29	36	40	46	50	57						
QB	R#4	T	2	14	16	18												
SCHSTA	R#4	DT	1	2	14	16	18											
SCHSTB	R#4	DT	1	2	14	16	24	35										
SLCAC1	R#4	X	1	29	50													
SLCAC2	X	X		40														
STROM	I#4	T	4	17														
TELLER	I#4	T	4	11	57	58												
X	R#4	T	3	30	33	51	54											
Y	R#4	T	3	31	33	52	54											
Z	R#4	T	3	32	33	53	54											

LABEL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: FORMAT(F), NON-EXECUTABLE(N), USED AS ARGUMENT(A), OBJECT OF BRANCH(B), USED IN ASSIGN STATEMENT(S)

----LABEL---- IAS DEINED REFERENCES

10	B	13	59			
20	B	63	21	27	33	48

OPTIONS IN EFFECT: NOLIST NOMAP XREF GOSTMT NODCK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCFLG NOSYM
 OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

A.B. Page 15 contbreakt.

*Dat is geen fout.
 Er stond geen relevante informatie op.*

```

1  SUBROUTINE AFCAC1(CDA,CDB,Q,H1NAP,H2NAP,H3NAP,
2  BR,G,CDAACC,CDBACC,BESCH)
3  REAL CDA,CDAACC,CDB,CDBACC,Q,H1NAP,H2NAP,H3NAP,BR
4  REAL DRPHG1,DRPHG2,V1,V2,V3,V4,BODEMH,DLTHA,DLTHB,FACT1,FACT2
5  INTEGER BESCH
6  PARAMETER(BODEMH=0.35)
7  PARAMETER(DRPHG1=0.40)
8  PARAMETER(DRPHG2=0.60)
9  DLTHA = H1NAP-H2NAP
10 DLTHB = H2NAP-H3NAP
11 V1 = Q/(BR*(H1NAP-DRPHG1))
12 FACT1 = (1-(0.2*(V1**2)/(2*G)))/(DLTHA))
13 IF (FACT1.LE. 0) THEN
14   BESCH = 1
15   GOTO 10
16 ELSE
17   CDAACC=CDA*(FACT1)**0.5
18 END IF
19 V2 = Q/(BR*(H2NAP-DRPHG2))
20 V3 = Q/(BR*(H2NAP-BODEMH))
21 V4 = G/(BR*(H3NAP-BODEMH))
22 FACT2 = (1-(0.2*(V2**2)/(2*G)))/(DLTHB))-
23   (0.12*(V3**2)/(2*G))/(DLTHB))-
24   (0.5*(V4**2)/(2*G))/(DLTHB))
25 IF (FACT2.LE. 0) THEN
26   BESCH = 1
27   GOTO 10
28 ELSE
29   CDBACC=CDB*(FACT2)**0.5
30 END IF
31 CONTINUE
32 END
    
```

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCED(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
 INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

NAME _MODE_ _TAG_-- DECLARED REFERENCES

NAME	MODE	TAG	DECLARED REFERENCES
AFCAC1	R*4		1 UNREFERENCED
BESCH	I*4	DT	1 4 13 23
BODEMH	R*4	KT	3 5 19 20
BR	R*4	UT	1 2 10 18 19 20
CDA	R*4	DT	1 2 16
CDAACC	R*4	DT	1 2 16
CDB	R*4	DT	1 2 26
CDBACC	R*4	DT	1 2 26
DLTHA	R*4	T	3 8 11
DLTHB	R*4	T	3 9 21 21
DRPHG1	R*4	KT	3 6 10
DRPHG2	R*4	KT	3 7 18
FACT1	R*4	T	3 11 12 16
FACT2	R*4	T	3 21 22 26
G	R*4	D	1 11 21 21
HINAP	R*4	DT	1 2 8 10
H2NAP	R*4	DT	1 2 8 9 18 19
H3NAP	R*4	DT	1 2 9 20
Q	R*4	DT	1 2 10 13 19 20
V1	R*4	T	3 10 11
V2	R*4	T	3 18 21
V3	R*4	T	3 19 21
V4	R*4	T	3 20 21

LABEL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: FORMAT(F), NON-EXECUTABLE(N), USED AS ARGUMENT(A), OBJECT OF BRANCH(B), USED IN ASSIGN STATEMENT(S)

----LABEL--- TAG RECEIVED REFERENCES

10	3	28	14	24
----	---	----	----	----

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 29, PROGRAM SIZE = 974 BYTES, PROGRAM NAME = AFCAC1 PAGE: 16.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

AFCAC1 END OF COMPILATION 6 *****

OPTIONS IN EFFECT: NOLIST NOMAP XREF GOSTMT NODCK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCFLG NOSYM
 OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

```

1  ISN      SUBROUTINE AFCAC2 (CDA,0,HINAP,H3NAP,BR,G,CDAACC,BESCH)
2  ISN      REAL CDA,CDAACC,0,HINAP,H3NAP,BR,G,DLTHA-V1,V2-V3,V4,V5
3  ISN      REAL DRPHG1,DRPHG2,BODEMH,FACTOR
4  ISN      INTEGER BESCH
5  ISN      PARAMETER (BODEMH = 0.35)
6  ISN      PARAMETER (DRPHG1 = 0.40)
7  ISN      PARAMETER (DRPHG2 = 0.60)
8  ISN      DLTHA = HINAP - H3NAP
9  ISN      V1 = 0/(BR*(HINAP - DRPHG1))
10 ISN      V2 = 0/(BR*(H3NAP - DRPHG2))
11 ISN      V3 = 0/(BR*(H3NAP - BODEMH))
12 ISN      V4 = 0/(BR*(H3NAP - DRPHG1))
13 ISN      V5 = 0/(BR*(H3NAP - BODEMH))
14 ISN      FACTOR = (1-(0.2*((V1**2)/(2*G))/(DLTHA))-
15 $          (0.2*((V2**2)/(2*G))/(DLTHA))-
16 $          (0.12*((V3**2)/(2*G))/(DLTHA))-
17 $          (2*0.2*((V4**2)/(2*G))/(DLTHA))-
18 $          (0.5*((V3**2)/(2*G))/(DLTHA)))
19 ISN      IF (FACTOR .LE. 0) THEN
20 ISN          BESCH = 1
21 ISN          GOTO 10
22 ISN      ELSE
23 ISN          CDAACC = CDA*(FACTOR)**0.5
24 ISN      END IF
25 ISN      CONTINUE
26 ISN      END
    
```


SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCE(E), DIMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
 INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

---NAME--- WORD ---TAG--- DECLARED REFERENCES

NAME	WORD	TAG	DECLARED	REFERENCES
AFCAC2	R#4		1	UNREFERENCED
BESCH	I#4	DT	1	4
BODEMH	R#4	AT	3	5 11 13
BR	R#4	DT	1	2 9 10 11 12 13
CDA	R#4	DT	1	2 19
CDAACC	R#4	DT	1	2 19
DLTHA	R#4	T	2	8 14 14 14 14
DRPHG1	R#4	KI	3	6 9 12
DRPHG2	R#4	KI	3	7 10
FACTOR	R#4	T	3	14 15 19
G	R#4	DT	1	2 14 14 14 14
H1NAP	R#4	DT	1	2 8 9
H3NAP	R#4	DT	1	2 8 10 11 12 13
Q	R#4	DT	1	2 9 10 11 12 13
V1	R#4	T	2	9 14
V2	R#4	T	2	10 14
V3	R#4	T	2	11 14 14
V4	R#4	T	2	12 14
V5	R#4	T	2	13

LABEL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: FORMAT(F), NON-EXECUTABLE(N), USED AS ARGUMENT(A), OBJECT OF BRANCH(B), USED IN ASSIGN STATEMENT(S)

-----LABEL----- TAG OBTAINED REFERENCES

10	B	21	17
----	---	----	----

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 22, PROGRAM SIZE = 924 BYTES, PROGRAM NAME = AFCAC2 PAGE: 18.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

AFCAC2 END OF COMPILATION 7 *****

OPTIONS IN EFFECT: NOLIST NOWAP XREF GOSTMT NODACK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCFLG NOSYM
 OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

```

1  SUBROUTINE AFCAC3(CDB,Q,H1NAP,H3NAP,BR,G,CDBACC,BESCH)
2  REAL CDB,CDBACC,Q,H1NAP,H3NAP,BR,G,DLTHB,V1,V2,V3,V4
3  REAL DRPHG1,DRPHG2,BODEMH,FACTOR
4  INTEGER BESCH
5  PARAMETER (BODEMH = 0.35)
6  PARAMETER (DRPHG1 = 0.40)
7  PARAMETER (DRPHG2 = 0.60)
8  DLTHB = H1NAP - H3NAP
9  V1 = Q/(BR*(H1NAP - DRPHG1))
10 V2 = Q/(BR*(H1NAP - DRPHG2))
11 V3 = Q/(BR*(H1NAP - BODEMH))
12 V4 = Q/(BR*(H3NAP - BODEMH))
13 FACTOR = (1-(2*Q*(V1**2)/(2*G))/(DLTHB))-
           (2*Q*(V2**2)/(2*G))/(DLTHB))-
           (0.12*((V3**2)/(2*G))/(DLTHB))-
           (0.5*((V3**2)/(2*G))/(DLTHB))
14 IF (FACTOR .LE. 0) THEN
15   BESCH = 1
16   GOTO 10
17 ELSE
18   CDBACC = CDB*(FACTOR)**0.5
19 END IF
20 CONTINUE
21 END
    
```

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCE(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
 INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

NAME _MODE_ _IAS_-- DECLARED REFERENCES

NAME	_MODE_	_IAS_	DECLARED REFERENCES
AFCAC3	R*4	1	UNREFERENCED
BESCH	I*4	DT	4 15
BODEMH	R*4	KT	5 11 12
BR	R*4	DT	1 2 9 10 11 12
CDB	R*4	DT	1 2 18
CDBACC	R*4	DT	1 2 18
DLTHB	R*4	T	2 8 13 13 13
DRPHG1	R*4	KT	3 6 9
DRPHG2	R*4	KT	3 7 10
FACTOR	R*4	T	3 13 14 18
G	R*4	DT	1 2 13 13 13 13
H1NAP	R*4	DT	1 2 8 9 10 11
H3NAP	R*4	DT	1 2 8 12
Q	R*4	DT	1 2 9 10 11 12
V1	R*4	T	2 9 13
V2	R*4	T	2 10 13
V3	R*4	T	2 11 13 13
V4	R*4	T	2 12

LABEL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: FORMAT(F), NON-EXECUTABLE(N), USED AS ARGUMENT(A), OBJECT OF BRANCH(B), USED IN ASSIGN STATEMENT(S)

----LABEL--- IAS DECLINED REFERENCES

10	B	20	16
----	---	----	----

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 21, PROGRAM SIZE = 926 BYTES, PROGRAM NAME = AFCAC3 PAGE: 20.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

AFCAC3 END OF COMPILATION 8 *****

OPTIONS IN EFFECT: NOLIST NOMAP XREF GOSTMT NODACK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST NOTRMFLG SRCEFLG NOSYM
OPT(0) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CHARLEN(32767) NOSDUMP

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

```

1  SUBROUTINE SLCAC1 (CVA,G,H1NAP,H2NAP,G,CVAACC)
2  REAL CVA,CVAACC,H1NAP,H2NAP,G,BSTER,V,BODEMH
3  PARAMETER (BSTER = 4.0)
4  PARAMETER (BODEMH = 0.27)
5  DLTHA = H1NAP - H2NAP
6  V = G/(BSTER *(H1NAP - BODEMH))
7  CVAACC = CVA * ((1+((V**2)/(2*G)))/(DLTHA))**0.5
8  END

```

ISN 1
ISN 2
ISN 3
ISN 4
ISN 5
ISN 6
ISN 7
ISN 8

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCED(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
 INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

NAME _CODE_ _TAG_-- DECLARED REFERENCES

BODEMH	K*4	KT	2	4	6
BSTER	R*4	KT	2	3	6
CVA	R*4	DT	1	2	7
CVAACC	R*4	DT	1	2	7
DLTHA	R*4	DT	1	2	7
G	R*4	DT	1	2	7
HINAP	R*4	DT	1	2	5
H2HAP	R*4	DT	1	2	5
Q	R*4	D	1	1	6
SLCAC1	R*4		1	UNREFERENCED	
V	K*4	T	2	6	7

*** NO USER LABELS ***

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 8, PROGRAM SIZE = 423 BYTES, PROGRAM NAME = SLCAC1 PAGE: 22.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

SLCAC1 END OF COMPILATION 9 *****

OPTIONS IN EFFECT: NOLIST,NOMAP,XREF,GOSTMT,HODECK,SOURCE,NOTERM,OBJECT,FIXED,NOTEST,NOTRNF,FLG,SRCE,FLG,NOSY,
 OPT(0)LANGVL(77)FIPS(F)FLAG(I)NAME(MAIN)LINECOUNT(60)CHARLEN(32767)NOSDUMP

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

```

1  SUBROUTINE SLCAC2 (CVA,G,H1HAP,H3HAP,G,CVAACC)
2  REAL CVA,CVAACC,H1HAP,H3HAP,G,BSTER,V,BODEMH
3  PARAMETER (BSTER = 4.0)
4  PARAMETER (BODEMH = 0.27)
5  DLTHA = H1HAP - H3HAP
6  V = 3/(BSTER *(H1HAP - BODEMH))
7  CVAACC = CVA * ((1+((V**2)/(2*G)))/(DLTHA))**0.5
8  END
  
```

SYMBOL CROSS REFERENCE DICTIONARY

TAG: ARRAY(A), EQUIVALENCED(E), DUMMY ARGUMENT(D), NAMED CONSTANT(K), STATEMENT FUNCTION(F), EXTERNAL SUBPROGRAM(X),
 INTRINSIC FUNCTION(I), EXPLICITLY TYPED(T), GENERIC NAME(G), INITIAL VALUE(V), COMMON(C), DYNAMIC COMMON(Y)

__NAME__ MODE __TAG__ DECLARED REFERENCES

BODEMH	R#4	KT	2	4	6
BSTER	R#4	KT	2	3	6
CVA	R#4	DT	1	2	7
CVAACC	R#4	DT	1	2	7
DLTHA	R#4		5	7	
G	R#4	DT	1	2	7
H1NAP	R#4	DT	1	2	5
H3NAP	R#4	DT	1	2	5
Q	R#4	D	0	1	6
SLCAC2	R#4		1	UNREFERENCED	
V	R#4	T	2	6	7

*** NO USER LABELS ***

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 8, PROGRAM SIZE = 428 BYTES, PROGRAM NAME = SLCAC2 PAGE: 24.

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED.

SLCAC2 END OF COMPILATION 10 *****

