

TNO-rapport

B-90-334

Risico-analyse Keersluis en Coupures te
Schoonhoven

Mei 1990
VRO/LM

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO', dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst.

© TNO

RWS-DWW

T.a.v. ir. M.J. Koster

Afd. Waterbouwkundig Advies

Postbus 5044

2600 GA DELFT

Bladzijden: 88
Tabellen : 32
Figuren : 14
Bijlagen : 6

Projectnummer: 64.3.1268
Auteur(s) : A.C.W.M. Vrouwenvelder
M.T. van der Meer (Fugro)

Trefwoord(en): Veiligheid, waterkering, kunstwerk

INHOUDSOPGAVE

	<u>Pagina</u>
1	INLEIDING
	1
1.1	Doelstelling
	1
1.2	Korte beschrijving van het systeem
	2
1.3	Waakhoogte problematiek
	4
1.4	Aanleiding studie en uitgangspunten
	6
2.0	BESCHRIJVING CONSTRUCTIES EN PROCEDURES
	9
2.1	Binnenhavensysteem
	9
2.2	Keersluis
	12
2.3	Coupure Veerpoort
	16
2.4	Coupure Belvedere Oost
	18
3.	HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN
	19
4.	GEBEURTENISSEN BOMEN
	21
4.1	Algemeen
	21
4.2	Keersluis
	24
4.3	Coupure Veerpoort
	35
4.4	Coupure Belvedere
	39
4.5	Totaaltabellen
	43
5.	CONCLUSIES
	46
	LITERATUURLIJST
	49
	FIGUREN
	51
	BIJLAGEN
1.	BEPALING STIJGSNELHEID BUITENWATER BIJ SCHOONHOVEN
	65
2.	ONZEKERHEID IN DE WATERSTAND
	68
3.	COMBINEREN VAN DE KEERMIDDELEN
	70
4.	MAXIMAAL INSTROMEND WATERVOLUME DOOR GEOPENDE KEERSLUIJ EN COUPURES
	73
5.	PROCEDURES
	76
6.	WINDOVERSLAG
	84

1. INLEIDING

1.1 Doelstelling

In het kader van de dijkverbetering c.q. -verzwaring langs de rivieren worden momenteel studies uitgevoerd naar de veiligheid van bestaande dijken. Nagegaan wordt hierbij in hoeverre de dijken voldoen aan de (nieuwe) richtlijnen.

Ook van de waterkeringen rond de Krimpener-/Lopikerwaard wordt nagegaan of deze voldoen aan de ontwerpnormen. In het dijkvak "Schoonhoven" in de Krimpenerwaard, aan de noordzijde van de Lek, bevinden zich een keersluis en twee coupures. In figuur 1 is een situatietekening gegeven met de keersluis, de coupures en het achterliggende stadsdeel van Schoonhoven.

De waterkering rond dijkring Krimpener-/Lopikerwaard bevat ook nog andere kunstwerken; deze worden in onderhavige analyse buiten beschouwing gelaten.

Doelstelling van dit rapport is om via een risico-analyse inzicht te verschaffen in de invloed van de keersluis en de coupures op de veiligheid van het achterliggende gebied. Er wordt geen uitspraak gedaan over de normstelling.

1.2 Korte beschrijving van het systeem

De keersluis heeft tot doel te voorkomen dat op de binnenhaven van Schoonhoven een te hoge waterstand optreedt, wanneer er zich een hoge waterstand op de Lek voordoet. De functie van de coupures is om de bereikbaarheid van de buitendijks gelegen kaden te waarborgen. Bij hoge waterstanden op de Lek dienen de coupures te worden afgesloten, om overstroming van binnendijkse delen van Schoonhoven te voorkomen.

De binnenhaven is op zijn beurt door een schutsluis van het stadswater van Schoonhoven gescheiden. Hiertoe zijn ter plaatse van de Visbrug en de Steenbrug een stel puntdeuren aanwezig, met kerende hoogten van respectievelijk NAP +2,51 m en NAP +2,26 m. Via deze schutsluis bestaat de mogelijkheid om water te lozen naar de grachten of waterlopen verderop. De schutsluis wordt tegenwoordig niet meer gebruikt om te schutten.

In de keersluis bevinden zich permanent twee stel keermiddelen, te weten een stel lage en een stel hoge vloeddeuren met kerende hoogten van respectievelijk NAP +4,15 m en NAP +5,00 m. Aan de Lekzijde bevindt zich nog een schotbalksponning in de sluis; bij geplaatste schotbalken is de kerende hoogte NAP +6,00 m.

De coupure Veerpoort heeft een drempelhoogte van NAP +2,75 m. In de coupure zullen volgens de huidige plannen na verbetering twee stel keermiddelen aanwezig zijn, namelijk een stel puntdeuren en een schotbalkvoorziening, beide met een kerende hoogte van NAP +5,30 m.

De coupure Belvedere Oost heeft een drempelhoogte van NAP +3,37 m. In de coupure zullen eveneens volgens de huidige plannen na verbetering twee stel keermiddelen aanwezig zijn, namelijk een stel puntdeuren en een schotbalkvoorziening, beide met een kerende hoogte van NAP +5,30 m.

De drempels in de coupures zijn niet diep onderheid en zullen dus meezakken met de dijktafel (orde 3 mm/jaar). Hiermee is geen rekening gehouden.

Onder disfunctioneren van de keersluis of van de coupures wordt verstaan:

- het niet tijdig gesloten zijn van de keermiddelen bij hoge waterstanden op de Lek, zodanig dat inundatie optreedt, of
- overlopen en overslag over de gesloten keermiddelen bij hoge waterstanden op de Lek, zodanig dat inundatie optreedt.

In de diverse te onderscheiden gevallen zal inundatie nog nader worden gedefinieerd.

Disfunctioneren van de keersluis bij hoge waterstanden op de Lek leidt in eerste instantie tot een verhoogde waterstand op de binnenhaven. Bij een waterstand hoger dan NAP +1,90 m zal de kade overstromen en bij NAP +2.30 m zal het oostelijke havengebied onder water komen te staan. Bij een verdere stijging van de waterstand tot boven NAP +2,51 m zal het water over de puntdeuren bij de Visbrug afstromen. Bij een waterstand op de binnenhaven van NAP +2,65 m zal via de westelijke kade inundatie van de binnenstad optreden.

Disfunctioneren van de coupure Veerpoort leidt eveneens tot een verhoging van de waterstand op de binnenhaven. Bij overlopen van de coupure Veerpoort zal het water via de Veerstraat naar de binnenhaven stromen. Vervolgens kan dit ook weer tot overstromen van de kade, het havengebied en de binnenstad leiden.

Disfunctioneren van de coupure Belvedere Oost zal direct leiden tot het onder water komen staan van grotere delen van de stad, omdat het instromende water niet eerst in de binnenhaven terecht zal komen.

1.3 Waakhoogeteproblematiek

De keermiddelen in de coupures hebben de vereiste kerende hoogte. Bij de keersluis is dit echter alleen het geval als de schotbalken geplaatst zijn; beide stellen vloeddeuren zijn lager dan de vereiste kerende hoogte. Indien uitsluitend gerekend wordt met de vloeddeuren in de keersluis, rijst de vraag of dat met deze lagere kerende hoogte kan worden volstaan.

In de vereiste dijktafelhoogte is een waakhoogete van 0,50 m opgenomen. Het is voor discussie vatbaar of deze waarde onverminderd ook voor de keersluis moet worden gehanteerd. Enkele argumenten voor het hanteren van een waakhoogete bij dijken zijn:

- a. het begaanbaar blijven van de dijk bij de ontwerpwaterstand;
- b. onzekerheid in de waarde van de ontwerpwaterstand;
- c. beperking van golfoverslag en de kans op erosie van het binnentalud.

ad a. Dit argument is hier niet van toepassing.

ad b. Onzekerheid in de ontwerpwaterstand zal in deze studie expliciet in rekening worden gebracht.

ad c. Beperking van de kans op erosie van het binnentalud is hier niet relevant. De waakhoogete moet worden gezien in relatie tot het debiet over de kering door overloop of overslag. Dit wordt in deze studie expliciet in rekening gebracht. Opgemerkt wordt dat uit de dijktafelhoogteberekeningen blijkt dat de maatgevende waterstanden optreden bij windrichtingen west-noord-west tot noord, terwijl zuidwestenwind de grootste golfaanval oplevert. Voor de keersluis is dit een gunstige omstandigheid.

Omdat in de studie dus expliciet rekening gehouden wordt met b) en c) terwijl a) niet van toepassing is, blijft de waakhoogte als zodanig verder buiten beschouwing. Voor de volledigheid wordt er tenslotte nog op gewezen dat bij zeer hoog water de mogelijkheid bestaat de schotbalken te plaatsen, waardoor de kerende hoogte ruim voldoende is. Hiermee wordt in de studie echter geen rekening gehouden.

1.4 Aanleiding studie en uitgangspunten

Door TNO-IBBC is in juli 1987 reeds een globale foutenboomanalyse van de keersluis uitgevoerd [8]. Aanleiding voor deze studie was de vraag of de bestaande deuren in de keersluis al of niet verhoogd moesten worden. Als ongewenste topgebeurtenis is "overstromen van de kade" aangehouden.

De aanleidingen voor onderhavige vervolgstudie zijn:

- de veranderde waterstanden in verband met de bouw van de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg;
- het meenemen van de coupure Veerpoort en de coupure Belvedere Oost in de risico-analyse;
- de voorgestelde wijziging van de bediening van de keersluis:
's winters in principe dicht;
- het nagaan van de invloed van een aanvullende alarmprocedure.

Bij de uitwerking dienen de volgende opmerkingen te worden gemaakt:

- o Ten opzichte van de voorgaande analyse zijn de gevolgen nader gespecificeerd. Dit is mede gedaan om een betere beoordeling in het kader van de gebiedsbenadering mogelijk te maken. De volgende "ongewenste topgebeurtenissen" zijn onderscheiden, in volgorde van toenemende ernst:

- inundatie van de kade;
- inundatie van het oostelijk binnenhavengebied;
- inundatie van de stadskern;
- inundatie Lopiker-/Krimpenerwaard.

Om deze reden is gekozen voor een uitwerking met behulp van gebeurtenissenbomen, in plaats van met foutenbomen.

- o Inundatie van de gehele Lopiker-/Krimpenerwaard treedt volgens bijlage 4 op bij een waterstand hoger dan NAP +3,10 m, indien de keersluis openstaat. Niet meegenomen is het mechanisme dat via hoog oplopende stroomsnelheden ondermijning van keersluis of coupures optreedt. Van belang daarbij is dat de veerpoort overeenkomstig de huidige plannen wordt voorzien van drempel en kwelscherm.
- o Voor het ontwerppeil ter plaatse van Schoonhoven moet volgens informatie van Rijkswaterstaat worden gerekend met een ontwerpwaterstand (inclusief 0,10 m NAP daling bij Hoek van Holland) van NAP +4,70 m bij een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar. Hierbij is gerekend met de situatie met stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg. De in beginsel vereiste kerende hoogte van kunstwerken bedraagt dan NAP +5,30 m, rekening houdend met een waakhoogte van 0,50 m plus 0,10 m extra NAP daling in verband met een planperiode van 100 jaar in plaats van 50 jaar.
- o De invloed van een eventuele wijziging in de veiligheid van 1/4000 naar 1/2000 is opgenomen in hoofdstuk 5.
- o Meegenomen wordt dat bij wind uit Z-W via golfoverslag over de keersluis de waterstand in de haven kan stijgen; de analyse hiervan is gebaseerd op een bergingsmodel.
- o Meegenomen wordt dat afvoer naar het stadswater van Schoonhoven via overstrooming van de schutsluis bij de Visbrug plaats vindt, waardoor minder snel inundatie van de stadskern optreedt nadat het havengebied is geïnundeerd; berging wordt hierbij verwaarloosd.
- o Onzekerheden in de waterstand worden expliciet in rekening gebracht.

- o Enkele getalwaarden uit [8] zijn op basis van nieuwe informatie gewijzigd:
 - het laagste punt van de kade langs de haven ligt op 1.90 m i.p.v. 1.60 m;
 - sluiten vindt plaats bij een buitenwaterstand van 1.60 m i.p.v. 1.50 m;
 - de kans op niet kunnen sluiten van een deur is 10^{-2} per vraag i.p.v. 10^{-3} (zie 2.2.2); voor de kans op niet sluiten van de tweede deur gegeven dat de eerste deur niet dicht kan wordt 10^{-1} i.p.v. 10^{-3} gehanteerd.
- o Voor een aantal procedures wordt gedetailleerder naar de tijdplanning gekeken.
- o Zaken als sterkte, stabiliteit, onder- en achterloopsheid maken geen deel uit van de analyse.

2. BESCHRIJVING CONSTRUCTIES EN PROCEDURES

2.1 Binnenhavensysteem

2.1.1 Algemeen

De binnenhaven is door een schutsluis van het stadswater van Schoonhoven gescheiden. Via deze schutsluis bestaat de mogelijkheid om water te lozen naar de grachten en waterlopen verderop. In figuur 1 wordt het binnenhavensysteem geschetst.

In deze paragraaf wordt een korte omschrijving gegeven van:

- de binnenhaven;
- de schutsluis;
- de stadsgrachten;
- het oostelijk binnenhavengebied.

In de paragrafen 2.2 t/m 2.4 wordt gedetailleerd ingegaan op:

- de keersluis;
- de coupure Veerpoort;
- de coupure Belvedere Oost.

2.1.2 Binnenhaven

De binnenhaven wordt gevormd door de Voorhaven en de Scheepmakershaven. Het laagste punt van de kade rond de binnenhaven is NAP +1,90 m. De waterstand op de binnenhaven volgt bij normale waterstanden (bij open keersluis) de waterstand op de Lek. De waterstand op de binnenhaven wordt beheerst op een maximale waterstand van NAP +1,60 m; bij hogere waterstanden op de Lek dient de keersluis gesloten te zijn. Het oppervlak van de binnenhaven bedraagt ca. 4000 m².

2.1.3 Schutsluis

Aan de zuidzijde van de Visbrug en van de Steenbrug bevinden zich naar de binnenhaven gekeerde houten puntdeuren van de 115,50 m lange schutsluis.

De Visbrug heeft een dagwijdte van 5,30 m; de puntdeuren hebben een kerende hoogte van NAP +2,51 m. Ter voorkoming van lagere waterstanden dan NAP van het stadswater, is onder de Visbrug een vaste stuw geplaatst.

De Steenbrug heeft een dagwijdte van 4,10 m; de puntdeuren hebben een kerende hoogte van NAP +2,26 m.

Het laagste punt van de kade rond de sluiskolk is NAP +2,42 m. De waterstand in de sluiskolk wordt normaal op NAP beheerst, met een maximum waterstand van NAP +1,60 m. Het oppervlak van de sluiskolk bedraagt ca. 1250 m².

2.1.4 Stadsgrachten

De stadsgrachten bestaan uit de Oude Haven, de Oude Singel en de Grote Gracht. Via de Grote Gracht staan de stadsgrachten in open verbinding met de Lopikerwetering. De waterstand in de stadsgrachten en in de Lopikerwetering wordt beheerst op NAP, met een maximale waterstand van NAP +0,20 m. Via afsluitbare duikers staan de stadsgrachten in verbinding met de Vlistboezem, dat op een waterstand van NAP -1,00 m wordt beheerst met een maximale waterstand van NAP -0,70 m. Hier wordt verder geen gebruik van gemaakt in deze analyse.

Bij een maximum debiet van 7,5 m³/s treedt in de Oude Haven tussen de Visbrug en de Grote Gracht over een lengte van ca. 600 m een verval op van ca. 0,40 m [1]. De kaden rond de Oude Haven zijn hoger dan NAP +1,00 m, zodat zelfs bij een uitgangspeil van NAP +0,20 m geen inundatie op zal treden.

Een debiet van $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ over de puntdeuren in de Visbrug treedt op bij een verval over de puntdeuren van ca. 0,80 m, d.w.z. bij een waterstand in de binnenhaven van NAP +3,30 m. Bij een verval van 0,15 m, d.w.z. bij een waterstand in de binnenhaven van NAP +2,65 m, treedt echter reeds inundatie van het stadsgebied op via overstroming van de westelijke kade. Vanuit het havengebied kan dus permanent een waterschijf van 0,15 m over de Visbrug worden afgewaterd, zonder dat inundatie van de stad optreedt.

2.1.5 Binnenhavengebied

Het oostelijk binnenhavengebied wordt omsloten door de binnenhaven aan westzijde, de Korte Dijk aan noordzijde, en de primaire waterkering aan de oostzijde en de zuidzijde.

In figuur 2 wordt een dwarsdoorsnede (van west naar oost) over het binnenhavengebied gegeven, met daarin de relevante hoogten. Van belang zijn de waterstanden:

NAP +1,90 m: inundatie van de oostelijke kade;

NAP +2,30 m: water staat tegen de gevels in het havengebied;

NAP +2,50 m: afstroming over de puntdeuren in de Visbrug;

NAP +2,65 m: overstroming van de westelijke kade naar het daarachtergelegen stadsdeel.

2.2 Keersluis

2.2.1 Constructie

De wanden van de keersluis zijn gemetseld. De vloer bestaat uit gewapend beton, onderheid met palen. In figuur 3 is een bovenaanzicht van de keersluis gegeven en in figuur 4 een verticale doorsnede over de lengte-as van de sluis.

De horizontale stabiliteit wordt verbeterd door het aanbrengen van een hulpconstructie voor de sluis aan Lekzijde, bestaande uit een damwand-scherm, stalen schoorpalen en een koppelconstructie van gewapend beton.

De bovenkant van de buitenfrontmuren ligt op NAP +6,00 m en die van de binnenfrontmuren op NAP +4,35 m. In de sluis bevinden zich twee stel houten puntdeuren. De keerhoogte van de buitendeuren of hoge vloeddeuren is NAP +5,00 m en die van de binnendeuren of lage vloeddeuren is NAP +4,15 m. De dagwijdte van de sluis bedraagt 5,30 m. De drempel ligt op NAP -1,60 m.

In de sluiswanden bevindt zich aan de Lekzijde ook nog een stel schotbalksponningen, voor ca. 7 m lange schotbalken met (doorsnede $0,30 \times 0,30 \text{ m}^2$). Indien alle schotbalken geplaatst zijn, is de kerende hoogte van de sluis NAP +6,00 m. Voor het aanbrengen van de schotbalken wordt een kraan met rollenbaan nabij de sponningen geïnstalleerd.

Bij zeer lage waterstanden op de rivier bestaat er de mogelijkheid een stel ebdeuren te sluiten. Deze deuren spelen geen rol in de uitgevoerde analyse, zodat ze verder buiten beschouwing worden gelaten.

2.2.2 Bediening

Het bedienen van de keersluis en het plaatsen van de schotbalken gebeurt door en op last van het Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard.

De feitelijke bediening van de deuren gebeurt door een sluismeester in part-time dienst van het Hoogheemraadschap, die tevens werkzaam is bij het gemeentelijk veerbedrijf. De post ter plaatse van de veerpont is op ca. 2 minuten loopafstand van de keersluis gelegen en wordt continu

bemand door tenminste één persoon (24 uur per dag), die dus de bediening van de keersluis als neventaak heeft. Deze persoon kan de deuren sluiten. De sluiting gebeurt met "mankracht" middels een tandheugelbediening. De puntdeuren worden met een kettingslot geborgd. Bij de veerpont zijn tenminste drie personen in dienst die deze taak kunnen vervullen. Het is de auteurs niet bekend of er procedures zijn voor vervanging in geval van onvoorziene omstandigheden als ziekte, e.d.

Het plaatsen van de schotbalken zal volgens het huidige plan in de situatie na dijkverbetering gebeuren met een kraan met rollenbaan die permanent bij de sluis aanwezig is. Met de kraan worden de schotbalken, die vlakbij opgeslagen liggen in een afgesloten loods, uit de loods gehaald en in de sponningen geplaatst. De benodigde tijd voor het plaatsen vanaf signalering zal ca. 40 à 60 minuten bedragen. De kraan wordt bediend door de sluismeester, die daarbij assistentie behoeft. Hiervoor moet nog een procedure worden opgesteld.

De bereikbaarheid van de keersluis neemt af bij waterstanden op de bin-
nenhaven hoger dan NAP +2,50 m.

2.2.3 Sluitingsprocedure

Onderscheid wordt gemaakt tussen:

- de procedure;
- de praktijk.

Procedure

Onder normale omstandigheden, dat wil zeggen als de waterstand op de Lek niet hoger wordt dan NAP +1,50 m, is de keersluis geopend.

In de huidige situatie gelden de volgende min of meer formele procedures, ontleend aan een notitie van het Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard, afdeling Waterbeheersing [1] en aan een notitie van RWS Directie Sluizen en Stuwen [2]:

- de lage vloeddeuren moeten worden gesloten bij een verwachte waterstand op de Lek van NAP +1,50 m; dit dient te gebeuren op de dag voorafgaand aan het hoogwater;
- de hoge vloeddeuren dienen te worden gesloten bij een verwachte waterstand van NAP + 1,90 m;
- de schotbalken dienen te worden geplaatst als de hoge deuren niet gesloten kunnen worden of als er ijsgang is;
- de signalering van de waterstanden gebeurt door een sluismeester, die in een gebouw op de wal zit en die tevens in dienst is van de gemeentelijke veerdienst Schoonhoven - Gelkenes.

Praktijk

De praktijk wijkt af van de hiervoor vermelde procedures. Deze informatie is gebaseerd op recente mondelinge informatie van het Hoogheemraadschap en het bedienend personeel.

- bij een optredende waterstand op de Lek van NAP +1,60 m worden de lage vloeddeuren gesloten;
- bij een optredende waterstand op de Lek van ca. NAP +2,00 m worden de hoge vloeddeuren gesloten;
- er zijn geen instructies voor het plaatsen van de schotbalken (voor zover bekend);
- de signalering van de waterstanden van NAP +1,60 m en NAP +2,00 m en het sluiten van de vloeddeuren gebeurt door de sluismeester, die in part-time dienst is bij het Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard en die als hoofdtaak werkzaam is bij de bediening van de veerpont Schoonhoven - Gelkenes.

Verder werd nog de volgende informatie verkregen:

De schotbalken zijn tot op heden nog nooit geplaatst geweest. In 1953 heeft wel alles in gereedheid gestaan toen de waterstand ca. NAP +3,80 m bedroeg. Het al dan niet plaatsen wordt ad-hoc beslist. Bij een verwachte waterstand van meer dan NAP +2,80 m bij Hoek van Holland is de

dijkpost Schoonhoven namelijk bemand (de vraag is of dit ook in de toekomst zo blijft). De verwachting is dat in de situatie na dijkverbetering binnen 40 à 60 minuten de balken kunnen zijn geplaatst.

De lage vloeddeuren worden ca. 20 keer per jaar gesloten. Dit zijn normale sluitingen.

Voor de hoge vloeddeuren staan per jaar twee proefsluitingen gepland. Het gemiddeld aantal sluitingen bedraagt 2 à 3 maal per jaar in verband met een waterstand op de Lek van NAP +1,90 m of hoger.

Gemiddeld eens per 2 jaar weigert een stel vloeddeuren ten gevolge van obstakels op de bodem van de keersluis. In verband hiermee wordt de faalkans per vraag geschat op 0,01, waarbij wordt aangenomen dat de kans op blokkade het grootst is tijdens een niet kritische oefensluiting aan het begin van het hoogwaterseizoen. Er zijn geen instructies wat er gedaan moet worden als de lage deuren niet willen sluiten. In de praktijk heeft men dan binnen 10 minuten de hoge vloeddeuren gesloten.

Onduidelijk is ook wat er gedaan moet worden als de hoge deuren niet willen sluiten bij gesloten lage deuren. Waarschijnlijk worden de schotbalken dan niet direct aangebracht, maar wordt gewacht tot de waterstand een voldoende hoog peil bereikt (bijvoorbeeld NAP +3,50 m).

2.3 Coupure Veerpoort

2.3.1 Constructie

De Veerpoort is het laatst overgebleven element van de verdedigingswerken rond Schoonhoven, en stamt uit 1601. De Veerpoort is in één richting, van buiten- naar binnendijks, toegankelijk voor personenauto's.

De dagwijdte van de coupure is 3,40 m, en de drempel is gelegen op NAP +2,75 m. In de Veerpoort zijn twee stel schotbalksponningen aanwezig, voor ca. 4,5 m lange schotbalken (doorsnede 0,13x0,30 m²). Indien alle schotbalken zijn geplaatst, is de kerende hoogte NAP +5,30 m.

De schotbalksponningen zijn beschermd tegen beschadigingen door er direct voor gelegen stenen steunberen.

Na verbetering zal het stel schotbalksponningen aan Lekzijde zijn vervangen door een stel houten puntdeuren, met een kerende hoogte van NAP +5,30 m. Er is dan dus een stel puntdeuren en een enkele schotbalkkering. Aangenomen wordt dat zowel deuren als schotbalkkering een voldoende kleine bezwijkkans bezitten (onderhoud is hierbij essentieel) en geen onoverkomelijke lek geven.

2.3.2 Bediening

De keermiddelen in de coupure Veerpoort worden bediend door Gemeentewerken Schoonhoven. Bij een waterstand op de Lek van NAP +2,40 m wordt deze gewaarschuwd door de sluismeester van de keersluis. Tevens is er een semafoonbeveiliging, ingesteld op een waterstand ter plaatse van het automatisch peilmeetstation bij de keersluis van NAP +2,40 m.

De schotbalken zijn nog nooit allemaal geplaatst geweest. In het (recente) verleden bleek een kerende hoogte van 0,5 m boven de drempel telkens voldoende te zijn. Hoger stapelen onder de poort zou overigens best een praktisch probleem kunnen opleveren. In de huidige situatie worden de schotbalken met mankracht aangevoerd vanuit een nabij gelegen loods en in de sponningen geplaatst.

2.3.3 Sluitingsprocedure

Voor de situatie na dijkverbetering is nog geen sluitingsprocedure ontwikkeld. Voorgesteld wordt de volgende procedure:

- bij een waterstand op de Lek van NAP +2,25 m moeten de puntdeuren worden gesloten en vergrendeld;
- indien de puntdeuren niet gesloten kunnen worden, dienen de schotbalken te worden geplaatst, zoveel als nodig is.

De procedure dient nog verder te worden uitgewerkt.

2.4 Coupure Belvedere Oost

2.4.1 Constructie

De dagwijdte van de coupure Belvedere Oost is 3,50 m en de drempel is gelegen op NAP +3,37 m. In de coupure zijn twee stel schotbalkspanningen aanwezig voor ca. 3,7 m lange schotbalken (doorsnede 0,08x0,23 m²). Indien alle schotbalken zijn geplaatst, is de kerende hoogte NAP +5,30 m. Na verbetering zal het stel schotbalkspanningen aan Lekzijde zijn vervangen door een stel houten puntdeuren, met een kerende hoogte van NAP +5,30 m. Het stel schotbalken aan de landzijde blijft gehandhaafd.

2.4.2 Bediening

De keermiddelen in de coupure Belvedere Oost worden met mankracht bediend door Gemeentewerken Schoonhoven. Deze is reeds alert door de sluiting van de coupure Veerpoort.

De schotbalken zijn nog nooit allemaal geplaatst geweest.

2.4.3 Sluitingsprocedure

Voor de situatie na dijkverbetering is nog geen sluitingsprocedure ontwikkeld. Voorgesteld wordt de volgende procedure:

- bij een waterstand op de Lek van NAP +2,90 m moeten de puntdeuren worden gesloten;
- indien de puntdeuren niet gesloten kunnen worden, dienen de schotbalken te worden geplaatst, zoveel als nodig is.

De procedure dient verder te worden uitgewerkt.

3. HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN

De keersluis en de coupures bevinden zich op de rand van het overgangsgebied en het Deltagebied. Dit betekent dat de waterstand (zonder met windeffect rekening te houden) bepaald wordt door zowel de Rijnafvoer te Lobith als door de waterstand bij Hoek van Holland.

- o De betrekkinglijnen voor Schoonhoven zijn weergegeven in figuur 5 [10].
- o De overschrijdingsfrequentielijn voor hoogwaters te Schoonhoven is in figuur 6 weergegeven. Hierin zijn tevens de winterhalfjaarlijn en de zomerhalfjaarlijn opgenomen. De jaarlijn is overgenomen uit [10]. De winterhalfjaarlijn kan gelijk aan de jaarlijn worden genomen; de zomerhalfjaarlijn is geschat m.b.v. [11]. Het maatgevend Hoogwater (MHW) bedraagt NAP +4,70 m (inclusief 0,10 m NAP daling te Hoek van Holland) en behoort bij een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar.
- o Door Rijkswaterstaat (Dienst Binnenwateren/RIZA te Dordrecht) zijn waterstandsverloopp lijnen verstrekt, voor een veertiental combinaties van de waterstand te Hoek van Holland en de afvoer te Lobith. Het betreft schattingen voor de situaties waarin de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg geopend danwel gesloten is [9]. Op grond hiervan is de mogelijke stijgsnelheid van het buitenwater bij Schoonhoven bepaald (zie bijlage 1):
 - Waterstanden tussen NAP +1,90 m en NAP +4,00 m: de stijgsnelheid bedraagt ca. 0,40 m per uur, bij een maximale ononderbroken verhoging van de buitenwaterstand van ca. 1,50 m.
 - Waterstanden tussen NAP +4,00 m en NAP +5,00 m: de stijgsnelheid bedraagt ca. 0,20 m per uur, bij een maximale ononderbroken verhoging van de buitenwaterstand van ca. 0,75 m.
- o Volgens opgave van de Provincie Zuid-Holland geldt voor de golfvandvoorwaarden bij de keersluis te Schoonhoven, dat gerekend kan worden

met een significante golfhoogte van 0,24 m à 0,30 m bij windrichtingen ZZW respectievelijk ZW en bij een waterstand NAP +4,80 m. Bij andere windrichtingen treedt geen golfaanval van betekenis op.

Bij alle hydraulische gegevens is reeds rekening gehouden met:

- de verlaging van de waterstand op de Lek als gevolg van de eventuele bouw van een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg bij Hoek van Holland. In figuur 5 is de sluitingsstrategie van de stormvloedkering geschetst;
- 0,10 m NAP daling bij Hoek van Holland.

Voor de aangrenzende dijksecties geldt de volgende eis voor de aanleghoogte:

- MHW	NAP +4,70 m	(inclusief 0,10 m NAP daling
- waakhoogte	0,50 m	bij Hoek van Holland)
- zetting	<u>0,30 m +</u>	
aanleghoogte	NAP +5,50 m	

De dijktafelhoogte bedraagt ter plaatse van Schoonhoven dus NAP +5,20 m.

4. GEBEURTENISSENBOMEN

4.1 Algemeen

Met behulp van gebeurtenissenbomen worden, uitgaande van een gegeven waterstand op de Lek, de mogelijke gebeurtenissen nader uitgewerkt tot verschillende topgebeurtenissen. Hiertoe is de begingebeurtenis "waterstand op de Lek" onderverdeeld in intervallen.

Topgebeurtenissen

De volgende "topgebeurtenissen" zijn onderscheiden, in volgorde van toenemende ernst:

- geen inundatie;
- inundatie van de kade;
- inundatie oostelijk binnenhavengebied (inclusief kade);
- inundatie stadskern (inclusief kade en oostelijk binnenhavengebied);
- inundatie Lopiker-/Krimpenerwaard (inclusief kade, oostelijk binnenhavengebied en stadskern).

Begingebeurtenissen

De volgende waterstanden op de Lek en/of op de binnenhaven zijn relevant voor de risico-analyse:

NAP +1,90 m op de binnenhaven:	overstromen kade binnenhavengebied;
NAP +2,30 m op de binnenhaven:	water tegen gevels in binnenhavengebied;
NAP +2,50 m op de binnenhaven:	overlopen puntdeuren Visbrug;
NAP +2,75 m op de Lek	: overlopen drempel coupure Veerpoort;
NAP +3,37 m op de Lek	: overlopen drempel coupure Belvedere Oost;
NAP +4,15 m op de Lek	: overlopen lage vloeddeuren keersluis;
NAP +5,00 m op de Lek	: overlopen hoge vloeddeuren keersluis;
NAP +5,30 m op de Lek	: overlopen puntdeuren coupure Veerpoort en coupure Belvedere Oost;
NAP +6,00 m op de Lek	: overlopen schotbalken keersluis.

Op basis hiervan is voor de begingebourtenis "te hoge waterstand op de Lek" de volgende verdeling in intervallen gehanteerd:

Keersluis:

- van NAP +1,60 m tot NAP +1,90 m
- van NAP +1,90 m tot NAP +2,30 m
- van NAP +2,30 m tot NAP +2,50 m
- van NAP +2,50 m tot NAP +4,15 m
- van NAP +4,15 m tot NAP +5,00 m
- van NAP +5,00 m tot NAP +6,00 m
- hoger dan NAP +6,00 m

Coupure Veerpoort:

- van NAP +2,75 m tot NAP +5,00 m
- van NAP +5,00 m tot NAP +5,30 m
- hoger dan NAP +5,30 m

Coupure Belvedere Oost:

- van NAP +3,37 m tot NAP +5,00 m
- van NAP +5,00 m tot NAP +5,30 m
- hoger dan NAP +5,30 m

Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee bedieningsstrategieën voor de keersluis:

o Uniforme zomer- en winterprocedure.

Het gehele jaar is de keersluis in principe geopend, tenzij er waterstanden op de Lek hoger dan NAP +1,60 m voorkomen. Van deze strategie is uitgegaan bij de foutenboomanalyse in [8].

o Verschillende zomer- en winterprocedure:

- In de zomer is de keersluis in principe geopend, tenzij er waterstanden op de Lek hoger dan NAP +1,60 m voorkomen.
- In de winter (van 1 oktober tot 1 april) zijn de hoge vloeddeuren in de keersluis in principe gesloten. Op aanvraag wordt de keersluis geopend, mits de waterstanden op de Lek lager zijn dan NAP +1,60 m.

In beide gevallen wordt het effect onderzocht dat na overstroming van de kade ten gevolge van een bedieningsfout, nog een extra alarm in werking wordt gesteld bij een waterstand in de binnenhaven van NAP +1,90 m.

4.2 Keersluis

In de gebeurtenissenbomen (figuren 7.1 t/m 7.5) staan de voorwaardelijke kansen per gebeurtenis steeds langs de takken. De getallen in de blokken geven de totale (onvoorwaardelijke) kansen aan. Ten behoeve van de toelichting zijn in de bomen de letters A, B, etc. geplaatst. Deze zullen per boom worden besproken. Bij de bolletjes in de bomen worden gelijksoortige gevolgen weer samengevoegd. Ieder ander punt in de boom is dus een splitsingspunt.

Elke boom geldt voor een bepaald waterstandsinterval. In onderstaande tabel worden de waterstandsintervallen en bijbehorende frequenties weergegeven (inclusief 0,10 m NAP daling bij Hoek van Holland).

Waterstandsinterval (in m t.o.v. NAP)	aantal hoogwaters per		
	jaar	winter	zomer
+1,60 tot +1,90	14	6	8
+1,90 tot +2,30	4	2	2
+2,30 tot +2,50	0,5	0,5	0,1
+2,50 tot +4,15	1	1	$4 \cdot 10^{-2}$
+4,15 tot +5,00	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-6}$
+5,00 tot +6,00	$6 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$< 10^{-10}$
hoger dan +6,00	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$

De bomen zijn gegeven voor het geval dat de keersluis het gehele jaar open is en een extra alarm is aangebracht.

4.2.1 Interval 1,60 - 1,90 m

In dit interval moeten de deuren gesloten worden; inundatie van enige betekenis valt echter niet te verwachten, hooguit enige golfoverslag op de kade. Dit interval is om die reden niet verder uitgewerkt.

4.2.2 Interval 1,90 - 2,30 m (figuur 7.1)

A: Waterstanden in dit interval zijn 4x per jaar te verwachten.

B: De kans dat bedienend personeel niet tijdig aanwezig is of niet adequaat reageert wordt algemeen getaxeerd als 10^{-3} per vraag [3][4]. In rapport B-87-366 [8] is dit gereduceerd tot 10^{-4} met het argument dat het aannemelijk is dat andere gemeentelijke- of waterschapsfunctionarissen dan wel bewoners corrigerend zullen optreden. Besloten is echter deze reductie in dit rapport niet over te nemen maar alleen het "formele systeem" te analyseren.

C: De kans dat de lage deuren niet gesloten kunnen worden (mechanisch defect, blokkade op de bodem) wordt op basis van ervaring geschat op 10^{-2} per vraag (zie 2.2.2).

D: De kans dat de hoge deuren niet gesloten kunnen worden, gegeven dat de lage deuren niet dicht kunnen, is geschat op 10^{-1} per vraag in verband met mogelijke correlatie tussen beide deuren.

E: De kans dat de schotbalken niet geplaatst kunnen worden is gesteld op 0,3, overeenkomstig B-87-366 [8]. Hierbij is de grotere blokkadekans, zoals gehanteerd in dit rapport (zie (2.2.2)) gecompenseerd door de kleinere faalkans van de bediening i.v.m. de geplande installatie van een kraan met rollenbaan bij de keersluis.

- F: Als de lage deuren gesloten zijn, dienen bij waterstanden $h > 1,90$ m ook de hoge deuren gesloten te worden. (Voor waterstanden lager dan 4,15 m is dat in wezen een formaliteit). De kans op een bedieningsfout is wederom 10^{-3} gesteld (zie B).
- G: De kans op niet sluiten van de hoge deuren, gegeven dat de lage deuren wel gesloten zijn, is wegens correlatie kleiner dan 10^{-2} .
Geschat: 5×10^{-3} .
- H: Omdat de waterstand niet hoger komt dan 2,30 m zullen geen schotbalken geplaatst worden; daarom zijn de betreffende blokken doorgestreept.
- I: Als de primaire bediening faalt en de waterstand hoger is dan 1,90 m overstroomt de kade. In de boom wordt er van uit gegaan dat er een alarm is dat daarop reageert met faalkans 0,01. Het Hoogheemraadschap zal moeten aangeven hoe dit gerealiseerd kan worden.
- J: Dit is analoog aan G, maar er wordt geen nieuwe bedieningsactie zoals bij F verondersteld.
- K: Hier worden alle takken verzameld met "geen schade" (merk de bolletjes op ten teken dat de takken worden samengevoegd).
- L: Hier worden alle takken verzameld met "sluis open". Bij de beschouwde waterstand treedt in ieder geval overstroming van de kade op. In principe kan ook inundatie van de stadskern optreden als zowel de sluisdeuren bij de Steenbrug als bij de Visbrug open staan. Normaal zijn deze echter gesloten. De kans op twee geopende stellen sluisdeuren wordt geschat op 10^{-3} .
- M: Verzamelpunt "te late sluitingen"; de schade is beperkt tot overstromen van de kade.

4.2.3 Interval 2,30 - 2,50 m (figuur 7.2)

Voor de letters A-M, zie commentaar bij figuur 7.1. Merk op dat de kans op de begingebourtenis anders is.

N: Dit is analoog aan L, met dien verstande dat bij dit interval bij "sluis open" altijd inundatie van het havengebied zal optreden.

P: Door tijdsvertraging treedt hier nu overstroming van de kade op (beschikbare tijd bij stijgsnelheid op de Lek van 0,40 m/uur is 45 min.; in die tijd is het redelijkerwijs niet mogelijk eerst te trachten de beide deuren te sluiten en daarna de schotbalken te plaatsen).

4.2.4 Interval 2,50 - 4,15 m (figuur 7.3)

Merk op dat nu de schotbalken worden geplaatst als de hoge deuren niet direct dicht gaan. Voor commentaar (A-Q) zie voorgaande.

Q: Bij waterstand op de Lek 2,50 - 2,65 m (kans 60% bij het beschouwde interval) en een open keersluis, kan al het water worden afgevoerd over de deuren van de Visbrug (geschat maximaal debiet $Q = 0,54 \frac{B}{H} \sqrt{gH}$ = (0,54) (5,4) (0,15) $\sqrt{(10 * 0,15)} = 0,5 \frac{m^3}{s} < 7,5 \frac{m^3}{s}$). Bij hogere waterstand treedt overstroming op van de westelijke kade en daarmee van het stadsdeel. De kans 10^{-3} voor openstaande sluisdeuren bij de Steenbrug en de Visbrug (zie L) wordt nu verwaarloosd.

R: Inundatie van de Lopiker-/Krimpenerwaard treedt op bij open keersluis en waterstanden op de Lek hoger dan 3,10 m (zie bijlage 4); in het interval 2,50 - 4,15 m is de kans dat een waterstand van 3,10 m wordt overschreden gelijk aan 0,10.

S: Gegeven een waterstand in het interval 2,50 - 4,15 m en een kerende hoogte van 4,15 m kan via golfoverslag wateroverlast optreden. Het gevolg kan zijn (zie bijlage 6):

Gevolg	Kans
- geen schade	0,9997
- kade overstroomd	$2 \cdot 10^{-4}$
- havengebied overstroomd	$7 \cdot 10^{-5}$
- inundatie stadskern	verwaarloosbaar
- inundatie waard	verwaarloosbaar

T: Hier wordt i.v.m. de kleine kans op een kerende hoogte van 4,15 m na in eerste instantie falende bediening geen rekening gehouden met golfoverslag als bedoeld bij S.

4.2.5 Interval 4,15 - 5,00 m (figuur 7.4)

Voor commentaar (A-T) zie voorgaande.

Voor dit interval moeten de hoge deuren dicht of de schotbalken worden geplaatst.

U: Bij deze waterstand en een open sluis treedt altijd inundatie van de stadskern op.

V: Vergelijkbaar met S bij interval 2,50 - 4,15 m (zie bijlage 6).

Gevolg	Kans
- geen schade	0,996
- kade overstroomd	$3 \cdot 10^{-3}$
- havengebied overstroomd	$1 \cdot 10^{-3}$
- inundatie stadskern	verwaarloosbaar
- inundatie waard	verwaarloosbaar

W: Hier wordt i.v.m. de kleine kans op een kerende hoogte van 5,00 m na in eerste instantie falende bediening geen rekening gehouden met golfoverslag als bedoeld bij V.

X: Er kan een waterschijf van 0,15 m (waterstand 4,30 m) worden geaccepteerd alvorens de stadskern inundeert. In het interval 4,15 - 5,00 m is de kans dat een waterstand van 4,30 m niet wordt overschreden gelijk aan 50%. Onder deze omstandigheden zal alleen het havengebied inunderen.

4.2.6 Interval 5,00 - 6,00 m (figuur 7.5)

Voor commentaar (A-X), zie voorgaande.

Y: Als X met andere waarden. De kans dat een waterstand van 5,15 m in het interval 5,00 - 6,00 m niet wordt overschreden is gelijk aan 0,9.

Z: Als bij W.

4.2.7 Interval > 6,00 m

Niet beschouwd wegens de kleine kans op deze stand (10^{-7}).

4.2.8 Basistabel (geen wintersluiting/wel alarm)

In onderstaande basistabel zijn de in de gebeurtenissenboom uitgewerkte ongewenste topgebeurtenissen verzameld. Hierin is nog niet de onzekerheid van de waterstand verwerkt.

Interval	1,90	2,30	2,50	4,15	5,00	totaal
	2,30	2,55	4,15	5,00	6,00	
Kade	5.10^{-3}	9.10^{-4}	2.10^{-3}	9.10^{-6}	4.10^{-9}	8.10^{-3}
Havengebied	0	2.10^{-4}	2.10^{-4}	5.10^{-6}	5.10^{-6}	4.10^{-4}
Stad	1.10^{-6}	2.10^{-7}	1.10^{-4}	2.10^{-6}	7.10^{-6}	1.10^{-4}
Waard	0	0	1.10^{-5}	6.10^{-7}	2.10^{-9}	1.10^{-5}

4.2.9 Invloed onzekerheid in de waterstand

De onzekerheid in de frequentie-overschrijdingslijn wordt meegenomen m.b.v. de formule:

$$P\{H > h\} = c(\sigma) \bar{F}_H(h)$$

$\bar{F}_h(x)$ = overschrijdingsfrequentielijn

σ = standaardafwijking in de overschrijdingslijn

$c(\sigma)$ = onzekerheidsfactor (o.a. functie van σ)

Voor de toelichting op en uitwerking van deze formule: zie bijlage 2.

De waarde van σ hangt af van de waterstand. Bij lage waterstanden is de overschrijdingsfrequentie vrij goed bekend en is σ klein. Bij hoge waterstanden is de frequentielijn minder goed bekend en σ groter.

Gerekend wordt voor de winterperiode: $h = 3,00 \text{ m}$; $\sigma = 0,15 \text{ m}$

$h = 5,00 \text{ m}$; $\sigma = 0,25 \text{ m}$

voor de zomerperiode: $h = 2,50 \text{ m}$; $\sigma = 0,15 \text{ m}$

$h = 3,50 \text{ m}$; $\sigma = 0,25 \text{ m}$

Op basis hiervan ontstaan voor de winter en de zomer de volgende vermenigvuldigingsfactoren:

Interval	1,90	2,30	2,50	4,15	5,00
	2,30	2,50	4,15	5,00	6,00
winterfactor	1,1	1,1	1,2	1,3	7,0
zomerfactor	1,2	1,2	1,5	5,0	n.v.t

De factor voor het gehele jaar is gelijk aan die voor de winterperiode. Hiermee wordt de verzameltabel voor de keersluis (geen wintersluiting/wel alarm), inclusief de onzekerheid in de waterstand:

Interval	1,90	2,30	2,50	4,15	5,00	totaal
	2,30	2,55	4,15	5,00	6,00	
Kade	$6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-3}$
Havengebied	0	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Stad	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Waard	0	0	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-5}$

De eindresultaten worden bij deze variant dus nauwelijks beïnvloed door de onzekerheid in de waterstand.

4.2.10 Varianten keersluis

Achtereenvolgens worden de volgende varianten voor de keersluis behandeld:

- a) geen wintersluiting/geen alarm;
- b) geen wintersluiting/wel alarm;
- c) wel wintersluiting/geen alarm;
- d) wel wintersluiting/wel alarm.

Hierin is de onzekerheid in de waterstand verwerkt.

a. Geen wintersluiting/geen alarm (huidige toestand)

Vor de berekening van de kansen voor de situatie "geen wintersluiting en geen alarm" kunnen de gebeurtenissenbomen in de figuren 7.1 t/m 7.5 worden gebruikt, waarbij bij "I" de kans op falen van het alarm op 1 wordt gesteld. In verband met de onzekerheid in de waterstand dienen de kansen nog te worden vermenigvuldigd met de in 4.2.9 genoemde factoren.

Interval	1,90	2,30	2,50	4,15	5,00	totaal
	2,30	2,55	4,15	5,00	6,00	
Kade	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-3}$
Havengebied	0	$8 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Stad	$6 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-4}$
Waard	0	0	$6 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-5}$

Merk op dat de som van "kade" en "havengebied" gelijk is aan het resultaat bij 2.4.9. Er treedt alleen een verschuiving op van "havengebied en kade" naar "uitsluitend kade".

b) Geen wintersluiting/wel alarm

De verzameltabel is reeds gegeven in 4.2.9.

c. Wel wintersluiting/geen alarm

In de winter (van 1 oktober tot 1 april) zijn de hoge vloeddeuren in de keersluis in principe gesloten. Op aanvraag wordt de keersluis geopend, mits de waterstanden op de Lek lager zijn dan NAP +1,60 m. Eventuele storingen treden derhalve alleen op in aanwezigheid van bedienend personeel en bij lage waterstanden op de Lek en kunnen tijdig worden verholpen. Het aandeel van de winterperiode in de totale faalkans wordt om deze reden voor waterstanden op de Lek beneden NAP +5,00 m verwaarloosbaar klein geacht.

In de zomer is de keersluis in principe geopend, tenzij er waterstanden op de Lek hoger dan NAP +1,60 m voorkomen. De verzameltabel bij a) is geldig, zij het dat voor elk waterstandsinterval lager dan 5,00 m de kans gecorrigeerd te moeten worden met een factor gelijk aan de verhouding "zomerfrequentie:jaarfrequentie".

Voor de verschillende ongewenste topgebeurtenissen zijn, per interval, in onderstaande verzameltabel de kansen per jaar gepresenteerd (inclusief onzekerheid in de waterstand):

Interval	1,90	2,30	2,50	4,15	5,00	totaal
	2,30	2,55	4,15	5,00	6,00	
Kade	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Havengebied	0	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Stad	$3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$
Waard	0	0	$3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-6}$

d) Wel wintersluiting/wel alarm

De verzameltabel kan worden samengesteld door in de kansen in de verzameltabel bij b) voor de waterstandsintervallen lager dan 5,00 m te corrigeren met een factor gelijk aan de verhouding "zomerfrequentie: jaarfrequentie".

Interval	1,90 2,30	2,30 2,55	2,50 4,15	4,15 5,00	5,00 6,00	totaal
Kade	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Havengebied	0	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Stad	$6 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Waard	0	0	$7 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-7}$

4.3 Coupure Veerpoort

In onderstaande tabel worden de waterstandsintervallen en bijbehorende frequenties weergegeven (inclusief 0,10 m NAP daling bij Hoek van Holland).

Waterstandsinterval (in m t.o.v. NAP)	Aantal hoogwaters per jaar
+2,75 tot +5,00	0,4
+5,00 tot +5,30	$6 \cdot 10^{-6}$
hoger dan +5,30	$1 \cdot 10^{-7}$

4.3.1 Interval 2,75 - 5,00 m (figuur 8)

A: De kans per jaar op een waterstand in het interval 2,75 - 5,00 m bedraagt 0,4.

B: Bediening niet (tijdig) aanwezig en/of niet adequaat: $P = 10^{-3}$.

C: De faalkans van de deuren wordt op 10^{-3} geschat. Opgemerkt wordt dat een eventuele blokkade in den droge eenvoudiger te verwijderen is dan in de keersluis. Om die reden worden de faalkansen lager geschat. Aangenomen is dat de deuren vergrendeld kunnen worden om ook bij gering verval en noorderwind toch te kunnen keren.

D: Schotbalken kunnen niet geplaatst worden als gevolg van onder andere:

- schotbalken niet bereikbaar;
- mechanische blokkering.

Gezamenlijke kans geschat op 10^{-2} .

- E: In theorie kan bij kortdurend hoogwater met kleine overschrijding van het niveau 2,75 m door berging op de haven "geen overstroming" optreden. Dit is in deze analyse verwaarloosd.
- F: Dit kan hetzelfde alarm zijn als bij de keersluis (faalkans 0,01). Merk op dat hierbij wel al de Veerstraat overstroomd is.
- G: Tijdens overstroming van de drempel is het plaatsen van schotbalken moeilijker dan in den droge. Om deze reden wordt een grotere faalkans ingevuld dan bij D. Geschat: 10^{-1} .
- H: Hier is een keermiddel aanwezig met hoogte 5,30 m. Bij het gegeven interval (2,75 - 5,00 m) wordt geen golfoverslag van betekenis verwacht.
- I: In het interval 2,75 - 2,95 m treedt alleen inundatie van het havengebied op (kans 50%). Bij waterstand > 2,95 m treedt inundatie van de stadskern op. De waterschijf is hier 0,20 m i.p.v. 0,15 m omdat de Veerpoort smaller is dan de keersluis.

4.3.2 Interval 5,00 m en hoger

Het bekijken hiervan heeft weinig zin omdat de gevolgen hier vrijwel geheel worden bepaald door de keersluis.

4.3.3 Verzameltabel Veerpoort

Interval	2,75	5,00	5,30
	5,00	5,30	hoger
Kade	$5 \cdot 10^{-4}$	n.v.t.	n.v.t.
Havengebied	$5 \cdot 10^{-6}$	n.v.t.	n.v.t.
Stad	$5 \cdot 10^{-6}$	n.v.t.	n.v.t.
Waard	0.0	n.v.t.	n.v.t.

De kans op het onderlopen van de Waard is hier 0.0 omdat via de Veerpoort alleen niet genoeg water kan binnenkomen (zie bijlage 4).

Voor de onzekerheid in de waterstand is hierin een factor 1,2 aangehouden.

4.3.4 Varianten Veerpoort

Voor de coupure Veerpoort geldt een uniforme zomer- en winterprocedure. De volgende twee varianten worden behandeld:

- a) geen alarm,
- b) wel alarm.

Hierin is de onzekerheid in de waterstand reeds verwerkt.

a) Geen alarm

De gebeurtenissenboom in figuur 8 kan worden gebruikt, waarbij bij "F" de kans op falen van het alarm op 1 wordt gesteld. De verzameltabel wordt dan:

Interval	2,75 5,00	5,00 5,30	5,30 hoger
Kade	0	n.v.t.	n.v.t.
Havengebied	$2 \cdot 10^{-4}$	n.v.t.	n.v.t.
Stad	$2 \cdot 10^{-4}$	n.v.t.	n.v.t.
Waard	0.0	n.v.t.	n.v.t.

De kans op overstromen van "alleen de kade" is hier nul omdat altijd ook inundatie van het havengebied optreedt.

b) Wel alarm

De verzameltabel is reeds gegeven in 4.3.3.

4.4 Coupure Belvedere

In onderstaande tabel worden de waterstandsintervallen en bijbehorende frequenties weergegeven (inclusief 0,10 m NAP daling bij Hoek van Holland).

Waterstandsinterval (in m t.o.v. NAP)	Aantal hoogwaters per jaar
+3,37 tot +5,00	$3 \cdot 10^{-2}$
+5,00 tot +5,30	$6 \cdot 10^{-6}$
hoger dan +5,30	$1 \cdot 10^{-7}$

4.4.1 Waterstand 3,37 - 5,00 m (figuur 9)

Voor commentaar bij de letters (A-I) zie coupure Veerpoort.

J: Het alarm is niet hetzelfde als bij Veerpoort; er kan geen gebruik worden gemaakt van het alarm van de keersluis. Hier moet dus een ander alarm worden bedacht. Aangehouden wordt een faalkans 10^{-2} .

K: De gevolgen zijn altijd "geen schade" of "inundatie stadsdeel" (hetgeen overigens schade aan kade of haven impliceert). De gevolgen bij het bereiken van een kerende hoogte van 5,30 m na een alarmering zijn o.a. afhankelijk van het gekozen alarmpeil. Hier is aangenomen dat het alarmpeil zodanig lager dan 3,37 m wordt gekozen, dat geen schade zal zijn opgetreden.

4.4.2 Interval 5,00 en hoger

Het bekijken hiervan heeft weinig zin omdat de gevolgen hiervan vrijwel geheel bepaald worden door de keersluis.

4.4.3 Verzameltabel Belvedere

Interval	3,37	5,00	5,30
	5,00	hoger	hoger
Kade	0	n.v.t.	n.v.t.
Havengebied	0	n.v.t.	n.v.t.
Stad	$4 \cdot 10^{-7}$	n.v.t.	n.v.t.
Waard	0	n.v.t.	n.v.t.

Voor de onzekerheid in de waterstand is een factor 1,2 aangehouden. Inundatie Waard, is evenals bij de Veerpoort, via coupure Belvedere Oost niet mogelijk.

4.4.4 Varianten Belvedere

Voor de coupure Belvedere geldt een uniforme zomer- en winterprocedure. Achtereenvolgens worden de volgende varianten behandeld:

- A) Geen alarm, combinatie puntdeuren/schotbalken, drempel op 3,37 m;
- B) Wel alarm, combinatie puntdeuren/schotbalken, drempel op 3,37 m;
- C) Geen alarm, dubbel stel schotbalken; drempel op 3,37 m (huidige situatie);
- D) Wel alarm, dubbel stel schotbalken, drempel op 3,37 m;
- E) Geen alarm, combinatie puntdeuren/schotbalken, verhoogde drempel;
- F) Geen alarm, dubbel stel schotbalken, verhoogde drempel.

Gezien het voorgaande heeft voor elke variant alleen de kans op inundatie stad in het waterstandsinterval 3,37 - 5,00 m te worden berekend. Hierbij wordt voor de onzekerheid in de waterstand een factor 1,2 aangehouden.

ad A): Gebeurtenissenboom als in figuur 9, maar bij "J" de faalkans van het alarm gelijk aan 1.

ad B): Zie 4.4.3.

ad C): Als A), met dien verstande dat in plaats van twee onafhankelijke stellen keermiddelen nu sprake is van twee afhankelijke stellen keermiddelen, n.l.:

- 1e stelsel schotbalken met faalkans 10^{-2} (i.p.v. puntdeuren met faalkans 10^{-3});
- 2e stel schotbalken met faalkans 10^{-1} (i.p.v. schotbalken met faalkans 10^{-1}).

ad D): Als B, met het bij "ad C)" genoemde onderscheid.

ad E): Gebeurtenissenboom als bij A), waarbij de drempelhoogte zodanig hoog wordt gekozen, dat voor de gebeurtenis "inundatie stad" dezelfde kans wordt gevonden als bij de coupure Veerpoort (met alarm), n.l. $5 \cdot 10^{-6}$. De drempel komt dan op NAP +3,90 m.

ad F): Gebeurtenissenboom als bij C), met een drempelhoogte zodanig dat de kans op "inundatie stad" gelijk is aan $5 \cdot 10^{-6}$ (drempel NAP +4,15 m).

De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel (voor het waterstandsinterval 3,37 - 5,00 m).

variant	keermiddelen	alarm	drempel- hoogte t.o.v. datie stad NAP	kans op inun-
A	deuren/balken	nee	+3,37 m	4.10^{-5}
B	deuren/balken	ja	+3,37 m	4.10^{-7}
C	2 stel balken	nee	+3,37 m	7.10^{-5}
D	2 stel balken	ja	+3,37 m	4.10^{-5}
E	deuren/balken	nee	+3,90 m	5.10^{-6}
F	2 stel balken	nee	+4,15 m	5.10^{-6}

Opmerking: in de totaaltabellen in 4.5 zijn voor de coupure Belvedere alleen de varianten A en B verwerkt.

4.5 Totaaltabellen

Bij het samenstellen van de totaaltabellen voor de keersluis en beide coupures moet rekening worden gehouden met drie soorten correlatie:

- a) qua waterstand
- b) qua bedieningsfouten
- c) qua gevolgen

Correlatie qua mechanismen "weigering en blokkade" wordt verwaarloosbaar geacht.

a) waterstand:

Voor de waterstanden $< 5,00$ m is falen alleen afhankelijk van relatief kleine en grotendeels onafhankelijke gebeurtenissen. Optellen is dan toegestaan. Voor waterstanden $> 5,00$ m domineert de waterstand. Hier moet men het maximum nemen. In beginsel is dit steeds de keersluis. Voor een meer gedetailleerde motivering wordt verwezen naar bijlage 3.

b) bedieningsfouten:

Er wordt onafhankelijkheid verondersteld. Dit is een conservatieve aanname.

c) gevolgen:

Ten aanzien van de gevolgen is onafhankelijkheid in bediening een niet conservatieve aanname: Veerpoort en keersluis geven beide in eerste instantie wateroverlast in de haven en het havengebied. Dit gebeurt echter bij verschillende waterstanden, zolang de waterstand lager is dan $5,00$ m. Daarom kan de correlatie (interactie) toch buiten beschouwing blijven. Bij hogere waterstanden wordt steeds uitgegaan van de keersluis. Voor een meer gedetailleerde beschouwing: zie bijlage 3.

Hieronder worden de totaaltabellen gegeven, zonder rekening te houden met hogere drempel of dubbele schotbalken bij Belvedere; de invloed daarvan wordt bij de conclusies besproken.

a. Huidige toestand (geen wintersluiting, geen alarm)

	H < 5,00 m				H > 5,00 m Totaal	
	Keersluis	Veerpoort	Belv.	Totaal	Keersluis	
Kade	7.10^{-3}	0	0	7.10^{-3}	3.10^{-8}	7.10^{-3}
Haven	2.10^{-3}	2.10^{-4}	0	2.10^{-3}	4.10^{-5}	2.10^{-3}
Stad	6.10^{-4}	2.10^{-4}	4.10^{-5}	8.10^{-4}	5.10^{-6}	8.10^{-4}
Waard	6.10^{-5}	0	0	6.10^{-5}	7.10^{-8}	6.10^{-5}

b. Geen wintersluiting keersluis/wel alarm keersluis en coupures

	H < 5,00 m				H > 5,00 m Totaal	
	Keersluis	Veerpoort	Belv.	Totaal	Keersluis	
Kade	9.10^{-3}	5.10^{-4}	0	1.10^{-2}	3.10^{-8}	1.10^{-2}
Haven	4.10^{-4}	5.10^{-6}	0	4.10^{-4}	4.10^{-5}	4.10^{-4}
Stad	1.10^{-4}	5.10^{-6}	4.10^{-7}	1.10^{-4}	5.10^{-6}	1.10^{-4}
Waard	1.10^{-5}	0	0	1.10^{-5}	1.10^{-8}	1.10^{-5}

c. Wel wintersluiting keersluis/geen alarm keersluis en coupures

	H < 5,00 m				H > 5,00 m Totaal	
	Keersluis	Veerpoort	Belv.	Totaal	Keersluis	
Kade	$3 \cdot 10^{-3}$	0	0	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Haven	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	0	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Stad	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Waard	$3 \cdot 10^{-6}$	0	0	$3 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-6}$

d. Wel wintersluiting keersluis/wel alarm keersluis en coupures

	H < 5,00 m				H > 5,00 m Totaal	
	Keersluis	Veerpoort	Belv.	Totaal	Keersluis	
Kade	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0	$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Haven	$6 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	0	$7 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Stad	$7 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Waard	$7 \cdot 10^{-7}$	0	0	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-7}$

5. CONCLUSIES

1. De berekeningen in dit rapport geven voor de hoofdvarianten aanleiding tot de volgende resultaten (a = huidige toestand).

	winter- sluiting keersluis	alarm keersluis Veerpoort Belvedere	kans op inundatie per jaar			
			kade	haven- gebied	stad	waard
a	nee	nee	$7 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-5}$
b	nee	ja	$1 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
c	ja	nee	$3 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6}$
d	ja	ja	$4 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-7}$

Hierbij is uitgegaan van:

- 0,10 m NAP daling bij Hoek van Holland;
- een overschrijdingsfrequentie van 1/4000;
- puntdeuren en schotbalken in de coupures;
- verwaarlozing kansen op bezwijken van keermiddelen onder normale bedrijfsomstandigheden;
- verwaarlozing zetting van de drempels in de coupures.

Inundatie van de Lopiker-/Krimpenerwaard treedt op bij openstaande keersluis en een waterstand op de Lek hoger dan 3,10 m (zie bijlage 4). Inundatie is hierbij verondersteld op te treden als een hoeveelheid water binnenkomt gelijk aan de oppervlakte van de Waard vermenigvuldigd met 0,10 m. Opgemerkt wordt dat de maximale inundatiediepte via genoemd mechanisme beperkt blijft tot gemiddeld ca. 0,30 m. Geen rekening is gehouden met ondermijning van keersluis of coupure t.g.v. grote stroomsnelheden aldaar. Essentieel daarbij is dat de Veerpoort voorzien wordt van een drempel en kwelscherm, overeenkomstig de huidige plannen.

Uit de resultaten blijkt dat maatregelen een gunstig effect hebben voor met name de meer ernstige gebeurtenissen. Het verschil tussen (a) en (d) bij "inundatie kade" is slechts een factor 2, bij "inundatie waard" is dit een factor 80. Verder blijkt dat niet zonder meer gezegd kan worden dat "alarm" of "wintersluiting" meer effectief is. Soms is de een en soms de ander meer van invloed. Merk op dat bij het uitsluitend aanbrengen van het alarm de kans op "inundatie kade" toeneemt. Dit komt omdat de gebeurtenis "inundatie kade" eigenlijk gelezen moet worden als "inundatie uitsluitend kade" en "inundatie havengebied" eigenlijk gelezen moet worden als "inundatie havengebied en kade". Het gevolg van het alarm is dus dat de kans op overstromen "havengebied en kade" afneemt en de kans op overstromen van "uitsluitend de kade" toeneemt.

2. De resultaten onder 1 zijn alleen geldig indien duidelijke procedures worden opgesteld met regeling van taken en verantwoordelijkheden t.a.v.:
- waterstandssignalering
 - uit te voeren handelingen
 - vervangingsschema bij afwezigheid eerst verantwoordelijke.
 - oefening bij handelingen die minder dan 1 maal per jaar voorkomen
 - onderhoud keermiddelen

De taken en verantwoordelijkheden dienen bij alle betrokken functionarissen van de provincie Zuid-Holland, Hoogheemraadschap van De Krimpenerwaard en Gemeente Schoonhoven bekend te zijn. Een opzet van een dergelijke regeling is opgenomen als bijlage 5.

3. Indien, zoals gebruikelijk bij kunstwerken wordt uitgegaan van een 100 jaar planperiode en 0,2 m NAP-daling, dienen alle kansen voor $H < 5,00$ m met een factor 1,8 of 1,5 te worden vermenigvuldigd bij het toepassen van wel resp. geen wintersluiting en voor $H > 5,00$ m met een factor 3,3. Dit leidt tot:

	winter- sluiting keersluis	alarm keersluis Veerpoort Belvedere	kans op inundatie per jaar			
			kade	haven- gebied	stad	waard
a	nee	nee	1.10^{-2}	3.10^{-3}	1.10^{-3}	9.10^{-5}
b	nee	ja	1.10^{-2}	6.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-5}
c	ja	nee	5.10^{-3}	7.10^{-4}	5.10^{-6}	5.10^{-6}
d	ja	ja	7.10^{-3}	2.10^{-4}	4.10^{-5}	1.10^{-6}

In het onderhavige geval wordt dit door de auteurs niet aanbevolen. Een periode van 100 jaar is bedoeld voor een volledig nieuwe constructie. In het onderhavige geval is echter sprake van renovatie van bestaande keringen.

4. Indien besloten zou worden tot een gebiedsfrequentie van 1/2000 jaar, leidt dit tot deuren in de coupures die ca. 0,15 m lager zijn. Dit heeft geen invloed op de hier gepresenteerde resultaten.

5. Varianten Belvedere

Omdat een alarm in de coupure Belvedere Oost moeilijk te verwezenlijken is zijn enkele varianten bekeken. Bovendien is nagegaan welk effect het hebben van 2 stel schotbalken heeft tot een stel schotbalken en 1 stel puntdeuren. In onderstaand overzicht is steeds wintersluiting voor de keersluis en alarm voor keersluis en Veerpoort (variant d) verondersteld.

variant	keermiddelen	alarm Belvedere	drempel- hoogte	kans op inun- datie stad	bijdrage Belvedere
A	deuren/balken	nee	+3,37 m	$6 \cdot 10^{-5}$	60%
B	deuren/balken	ja	+3,37 m	$2 \cdot 10^{-5}$ *)	1%
C	2 stel balken	nee	+3,37 m	$9 \cdot 10^{-5}$ **)	80%
D	2 stel balken	ja	+3,37 m	$6 \cdot 10^{-5}$	60%
E	deuren/balken	nee	+3,90 m	$2 \cdot 10^{-5}$	25%
F	2 stel balken	nee	+4,15 m	$2 \cdot 10^{-5}$	25%

*) (Na verbetering volgens huidig plan)

***) (Huidige situatie)

De maatregelen bij Belvedere hebben geen invloed op de kansen voor "inundatie kade" of "inundatie havengebied en kade" (merk op dat bovenstaande tabel de totale kansen geeft en de tabel bij 4.4.4 de kansen op inundatie t.g.v. falen van de coupure Belvedere Oost alleen; via de verhouding tussen beide is de "Bijdrage Belvedere Oost" berekend).

De oplossingen B, E en F zijn gelijkwaardig. Het weglaten van alleen het alarm bij Belvedere (variant A) vergroot de kans op inundatie van de stad met een factor 3 t.o.v. de situatie met wel alarm (variant B). Men kan dit compenseren door de drempel te verhogen naar 3,90 m (variant E). Indien men geen puntdeuren aanbrengt nemen de kansen eveneens toe (C/D.) Ook dit kan men compenseren met een hogere drempel.

6. Indien de schotbalkkering in de keersluis bij de analyse niet wordt meegerekend, zullen de bij 1 berekende kansen worden verhoogd. Voor variant d (wintersluiting en alarm) wordt gevonden:

P (inundatie kade)	= $6 \cdot 10^{-3}$	(i.p.v. $4 \cdot 10^{-3}$)
P (inundatie havengebied)	= $2 \cdot 10^{-4}$	(i.p.v. $1 \cdot 10^{-4}$)
P (inundatie stad)	= $4 \cdot 10^{-5}$	(i.p.v. $2 \cdot 10^{-5}$)
P (inundatie waard)	= $2 \cdot 10^{-6}$	(i.p.v. $8 \cdot 10^{-7}$)

Het effect van de schotbalkkering is dus gering, maar niet verwaarloosbaar (factor 2).

- Indien beide deurstellen in de keersluis op een kerende hoogte van NAP +5,30 m worden gebracht, zullen de bij 1 berekende kansen in geringe mate worden verlaagd. Op de resultaten heeft dit echter een verwaarloosbaar klein effect.

LITERATUURLIJST

- [1] Notitie van Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard: Keersluis in de haven van Schoonhoven, genoemd "De Havensluis". Afdeling Waterbeheersing, 26 juni 1984.
- [2] IJsselstijn, J.
Dijkverzwaring Krimpenerwaard, notitie van Rijkswaterstaat, Directie Sluizen en Stuwen, 19 november 1986.
- [3] Veiligheidsbeschouwing sluis te Vlaardingen
Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, rapport nr. S-82043, juli 1983.
- [4] Swain, A.D. en H.E. Guttman
Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Report NUREG/CR-1278, Washington, 1980.
- [5] ir. F.C. Hamer
Overslagdebiet als functie van de waterstand en windsnelheid, nr. WB-NO-87145, d.d. 18 juni 1987.
- [6] ir. A.C.W.M. Vrouwenfelder, ing. G.W. Cruys
Veiligheid rivierdijken overgangsgebied, IBBC-TNO rapport B-86-381/64.3.0939.
- [7] ir. A.C.W.M. Vrouwenfelder
Memorandum dijkhoogtebepaling overgangsgebied, IBBC-TNO 87-3/VRO/JVB.
- [8] ir. S. Lens, ir. A.J. Wubs
Foutenboomanalyse t.b.v. een eventuele aanpassing aan de keersluis te Schoonhoven, IBBC-TNO rapport B-87-366/62.3.3053, juli 1987.

- [9] ir. J. Niemeijer
Waterstandsverlooplijnen te Schoonhoven, RWS/DWW notitie WBA-R-90068, 3 april 1990.

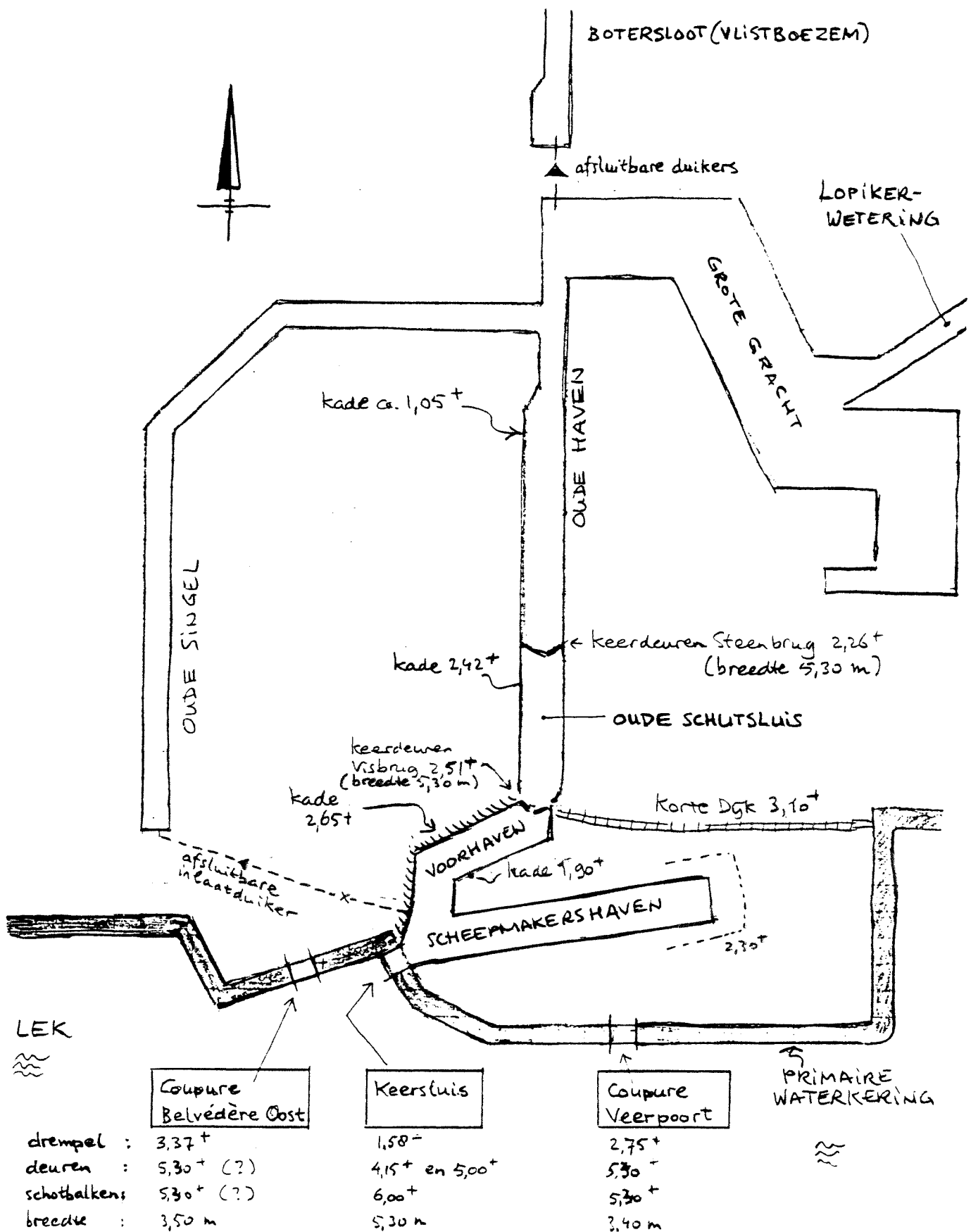
- [10] Evenstandslijnen en overschrijdingsfrequenties te Schoonhoven, RWS/DWW, notitie WBA-M-90052, 9 maart 1990.

- [11] ir. J. Niemeijer
Overschrijdingsfrequentielijnen Schoonhoven, RWS/DWW, notitie 17 april 1990.

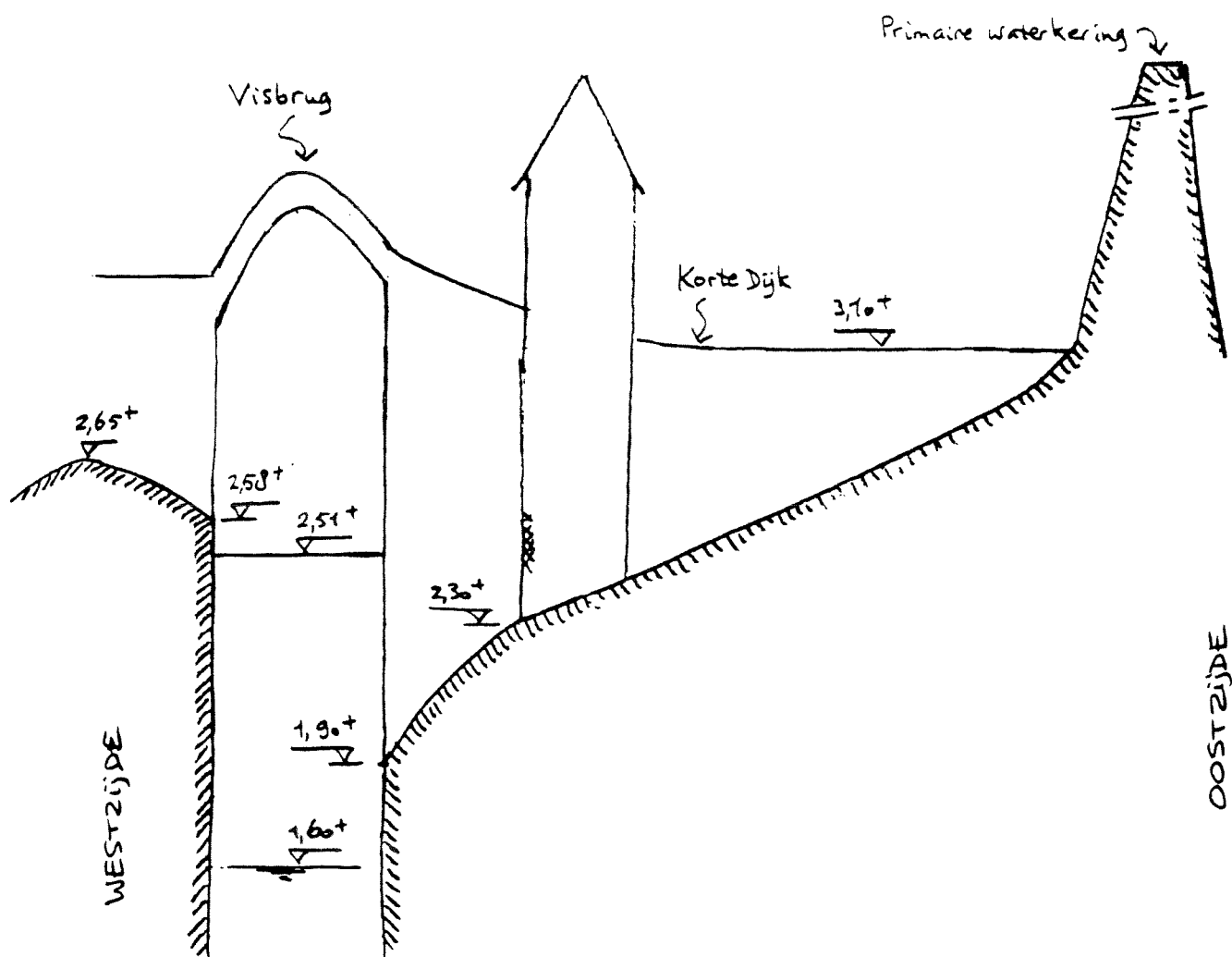
- [12] Notitie betreffende de schematisatie van de afvoergolf inclusief stormeffect in verband met de invoer van waterspanningen in grondmechanische stabiliteitsberekeningen, RWS Zuid-Holland, afdeling Waterhuishouding en Waterkering, 16 juni 1986.

FIGUREN

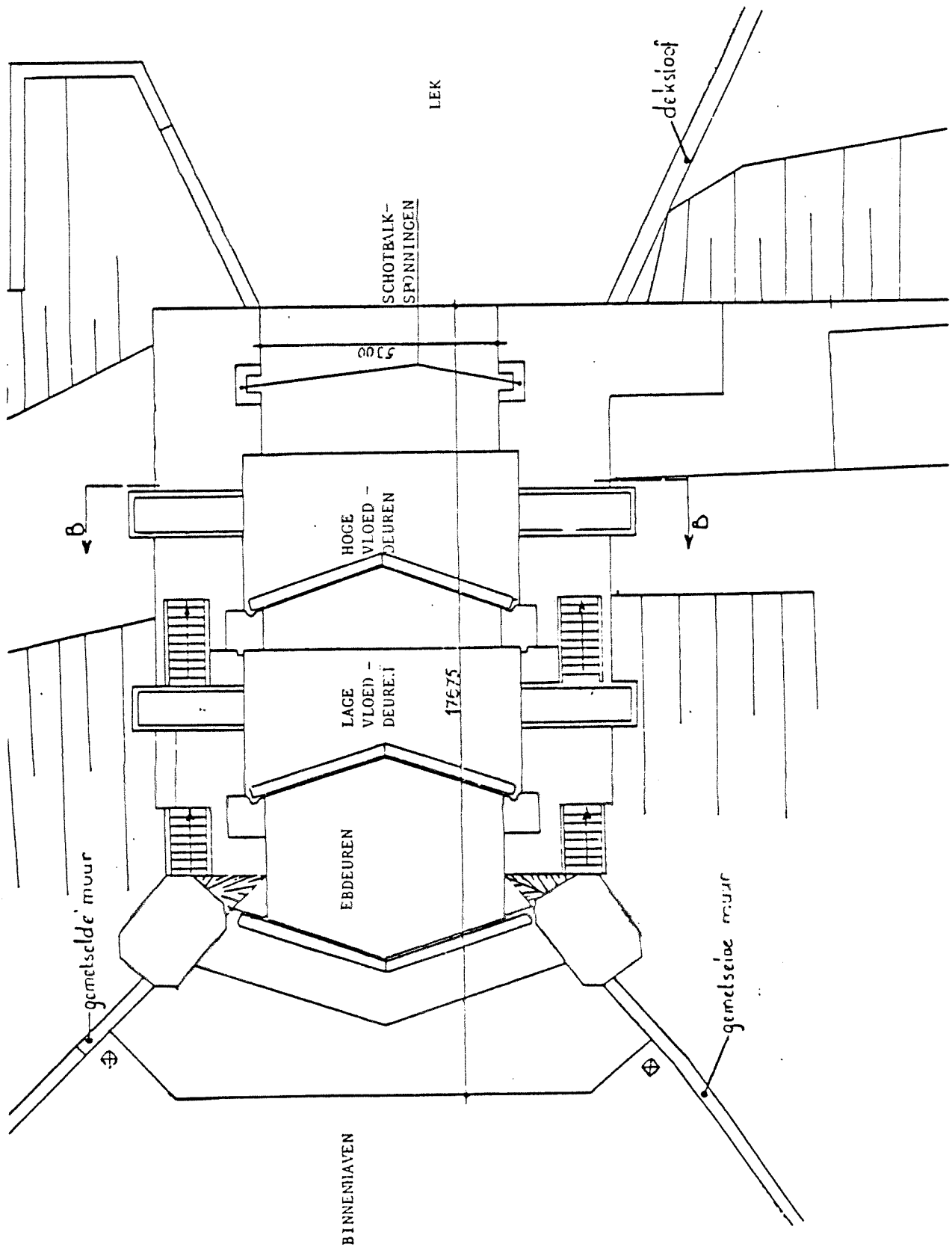
Figuur 1: Binnenhavensysteem



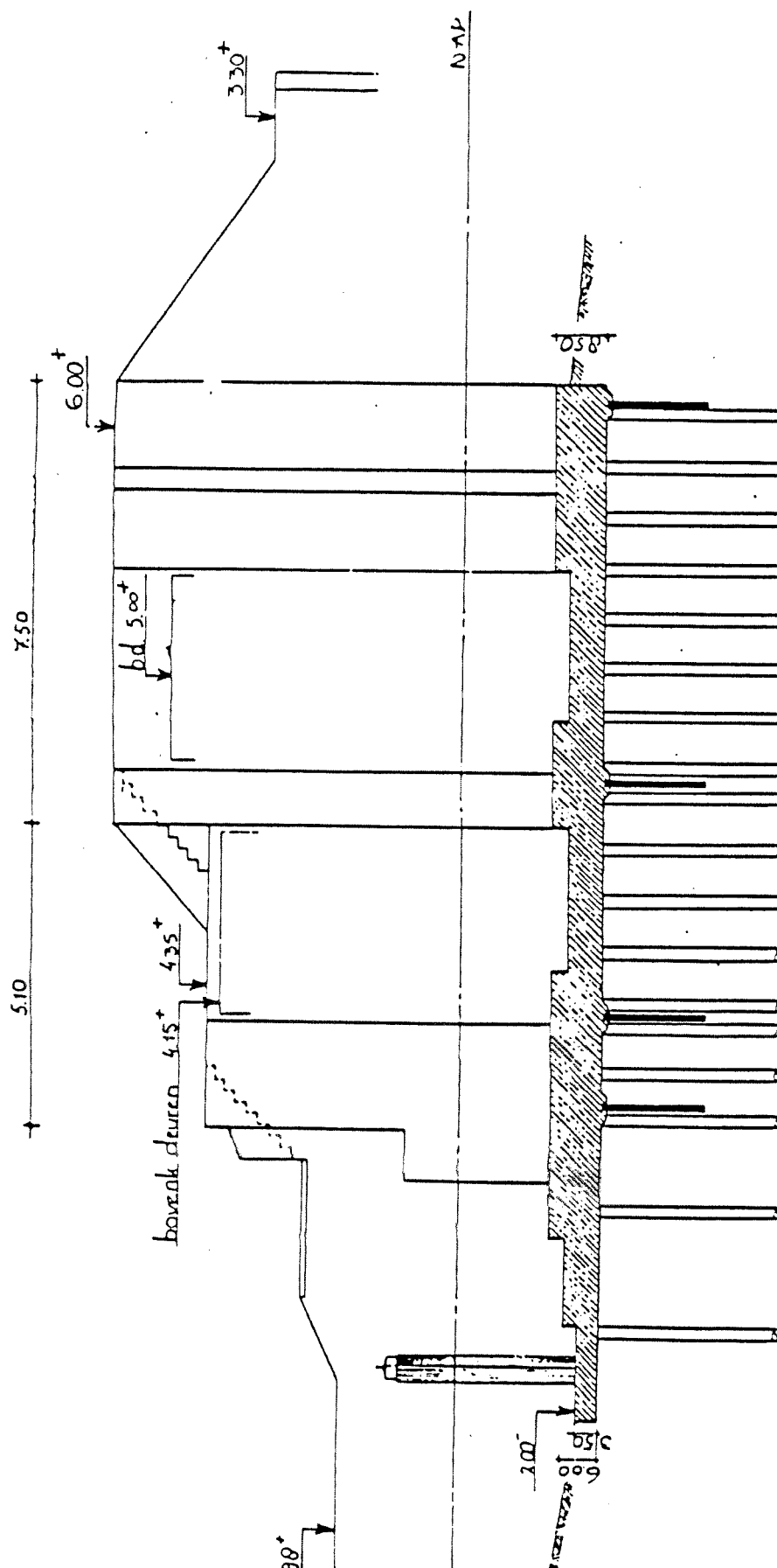
Figuur 2: Dwarsdoorsnede Oostelijk Binnenhavengebied



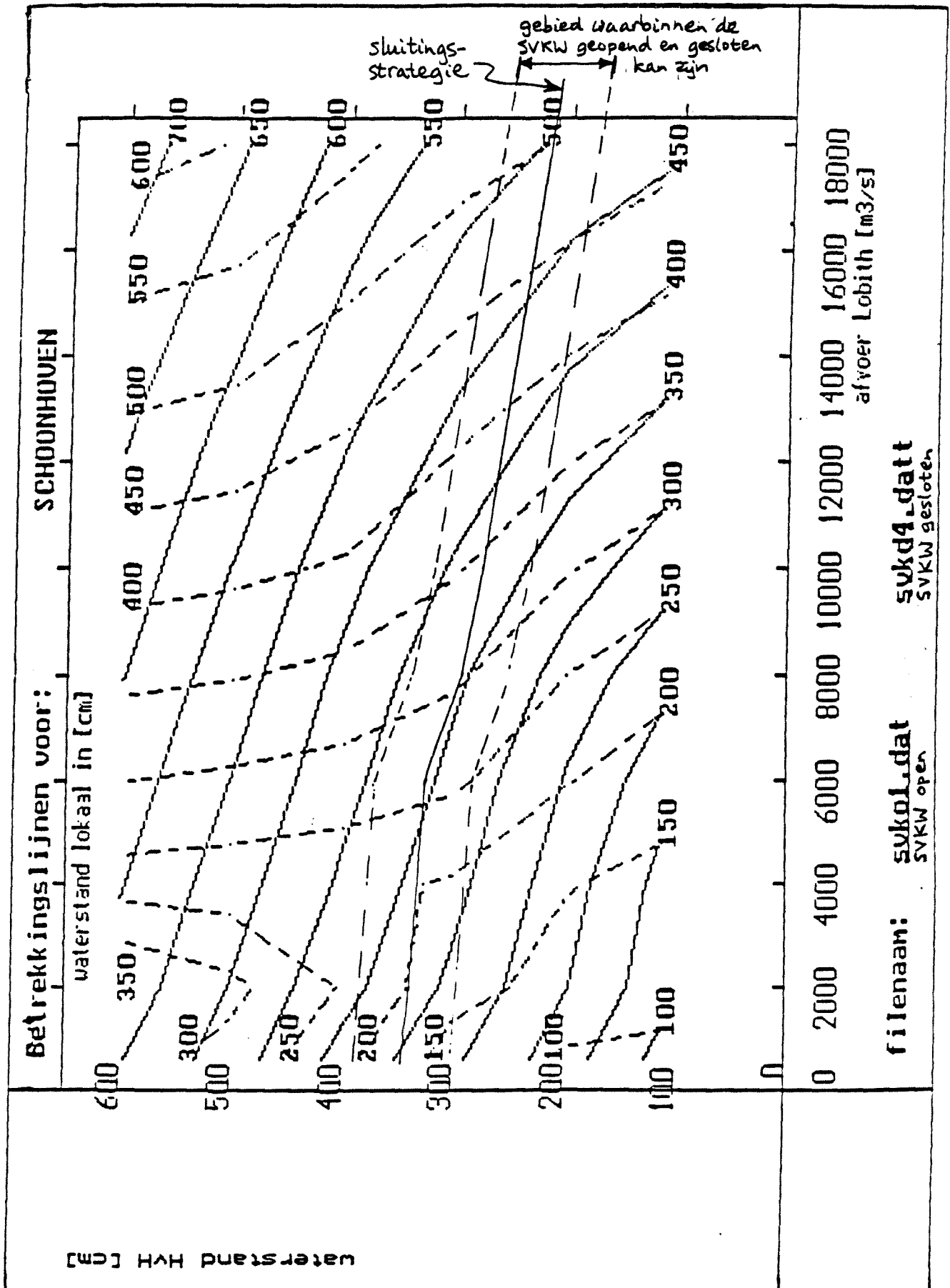
Figuur 3: Bovenaanzicht keersluis



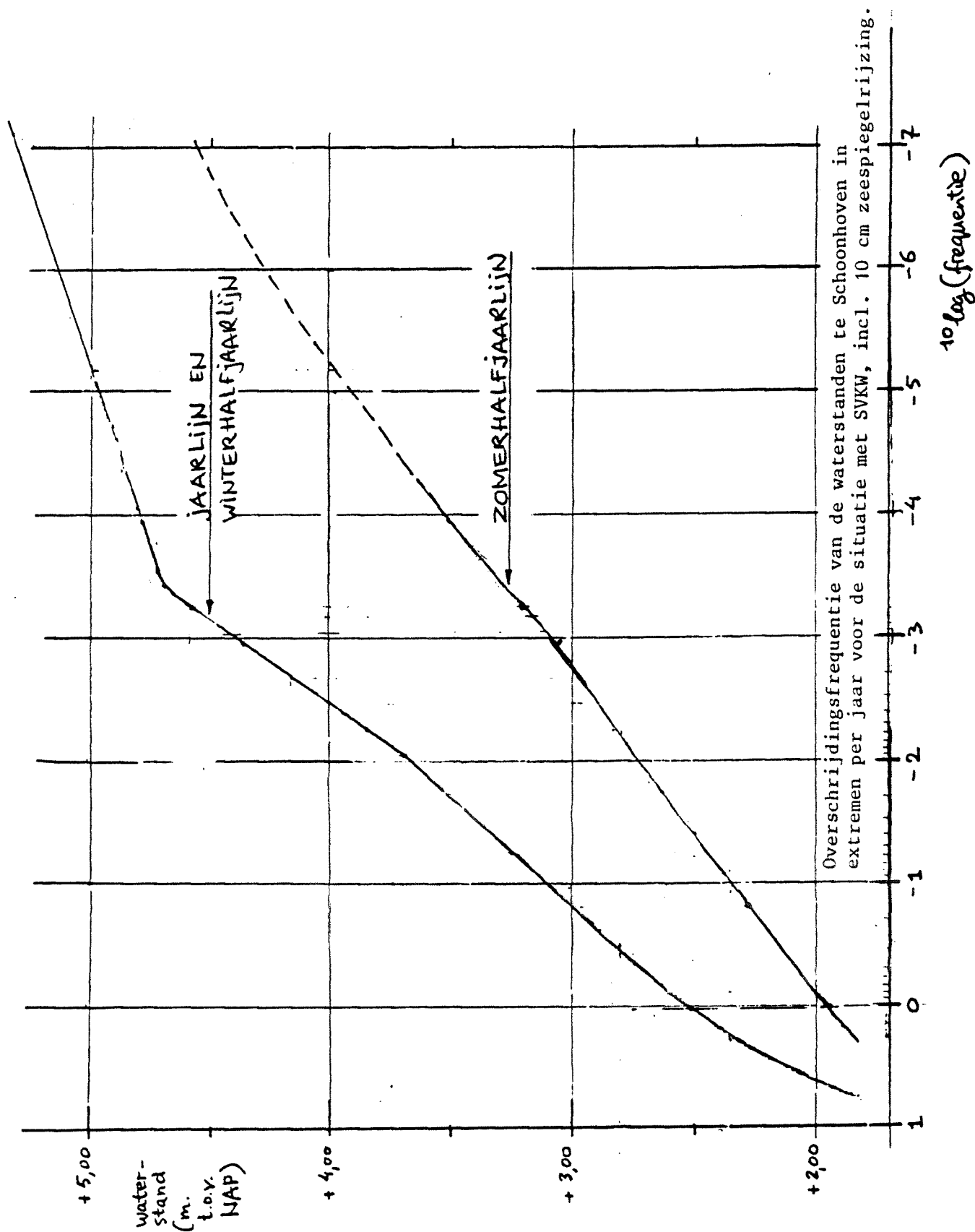
Figuur 4: Vertikale doorsnede over de lengteas van de keersluis

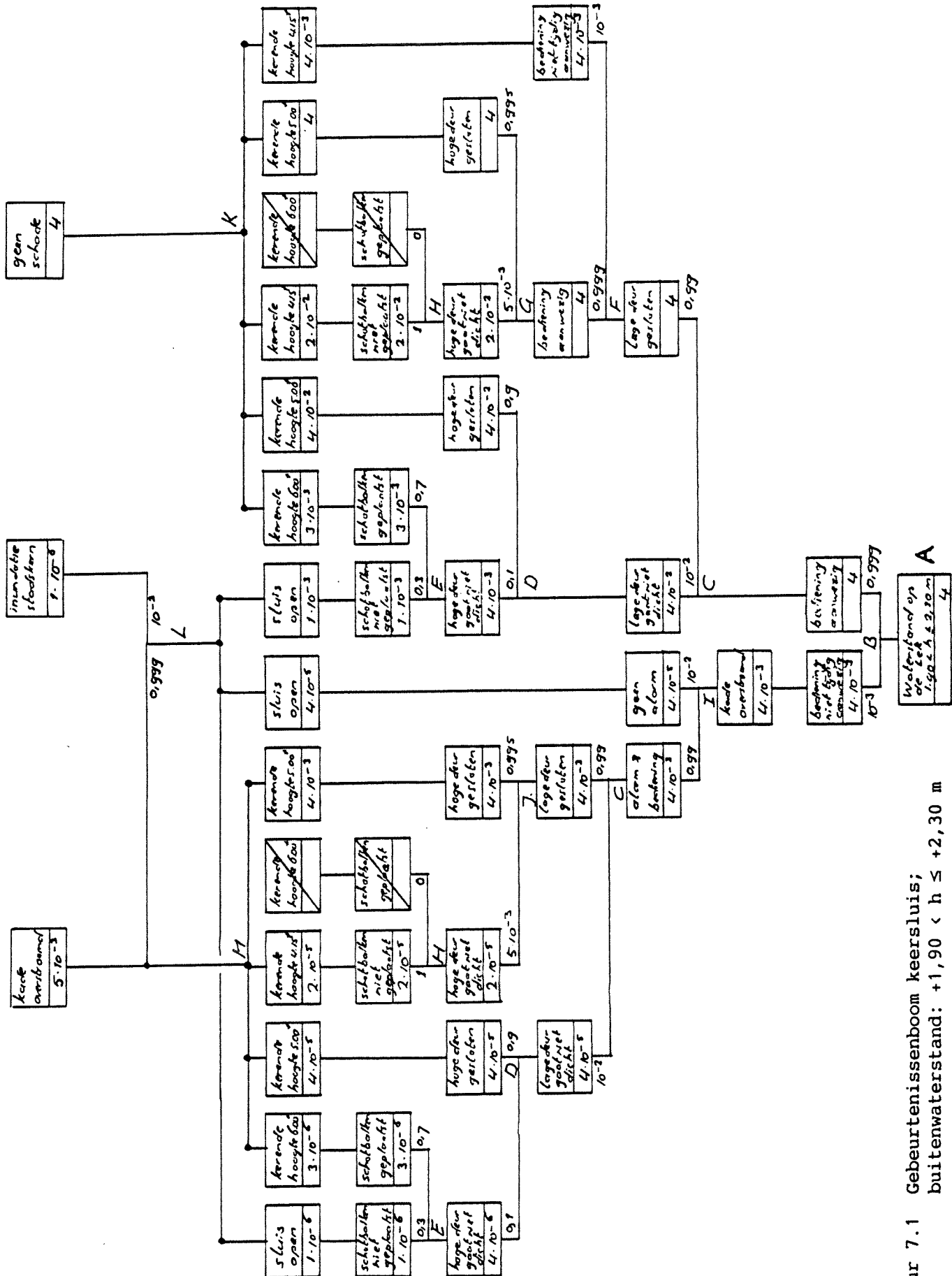


Figuur 5: Evenstandslijnen Schoonhoven

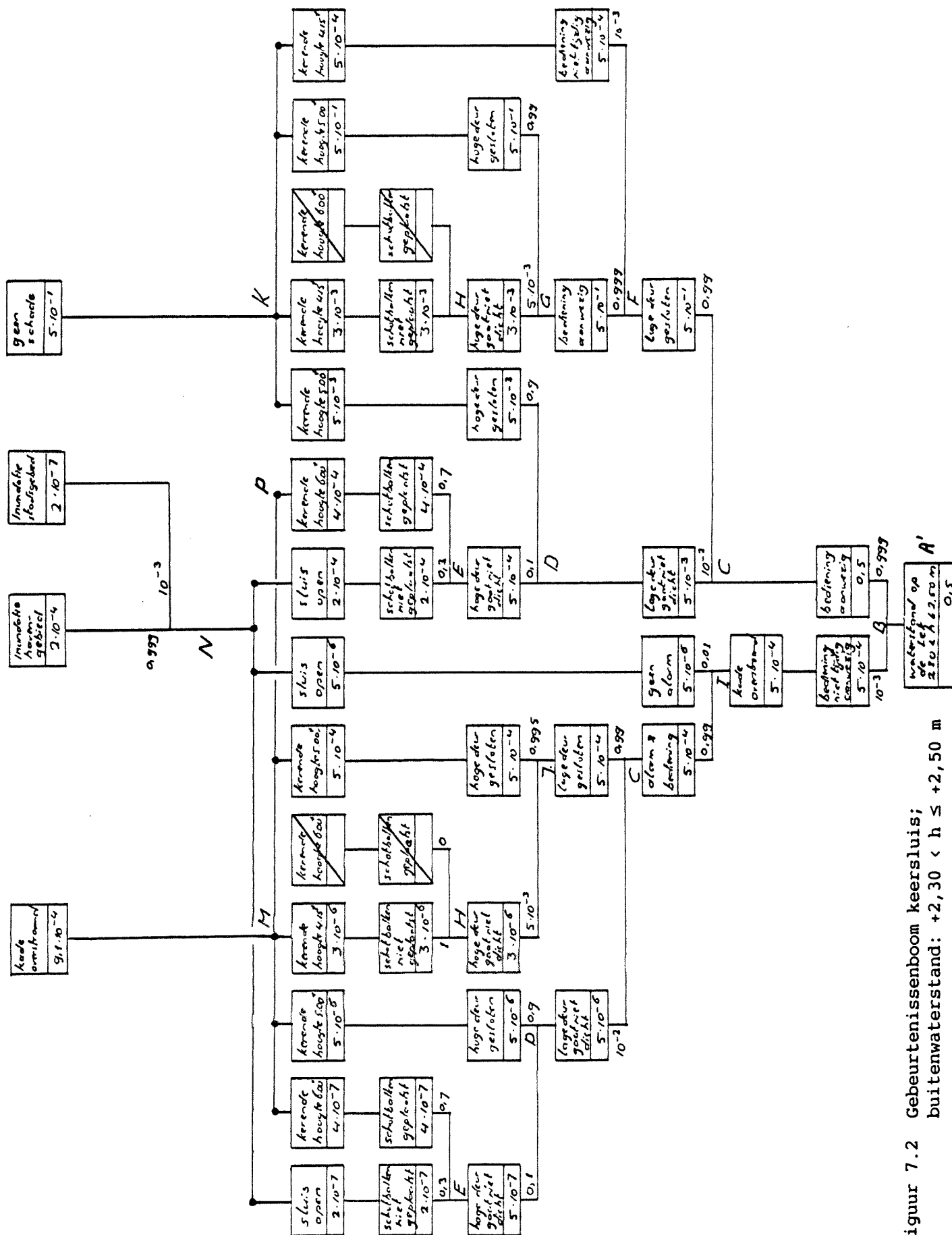


Figuur 6: Overschrijdingsfrequentielijn

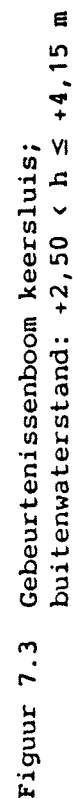


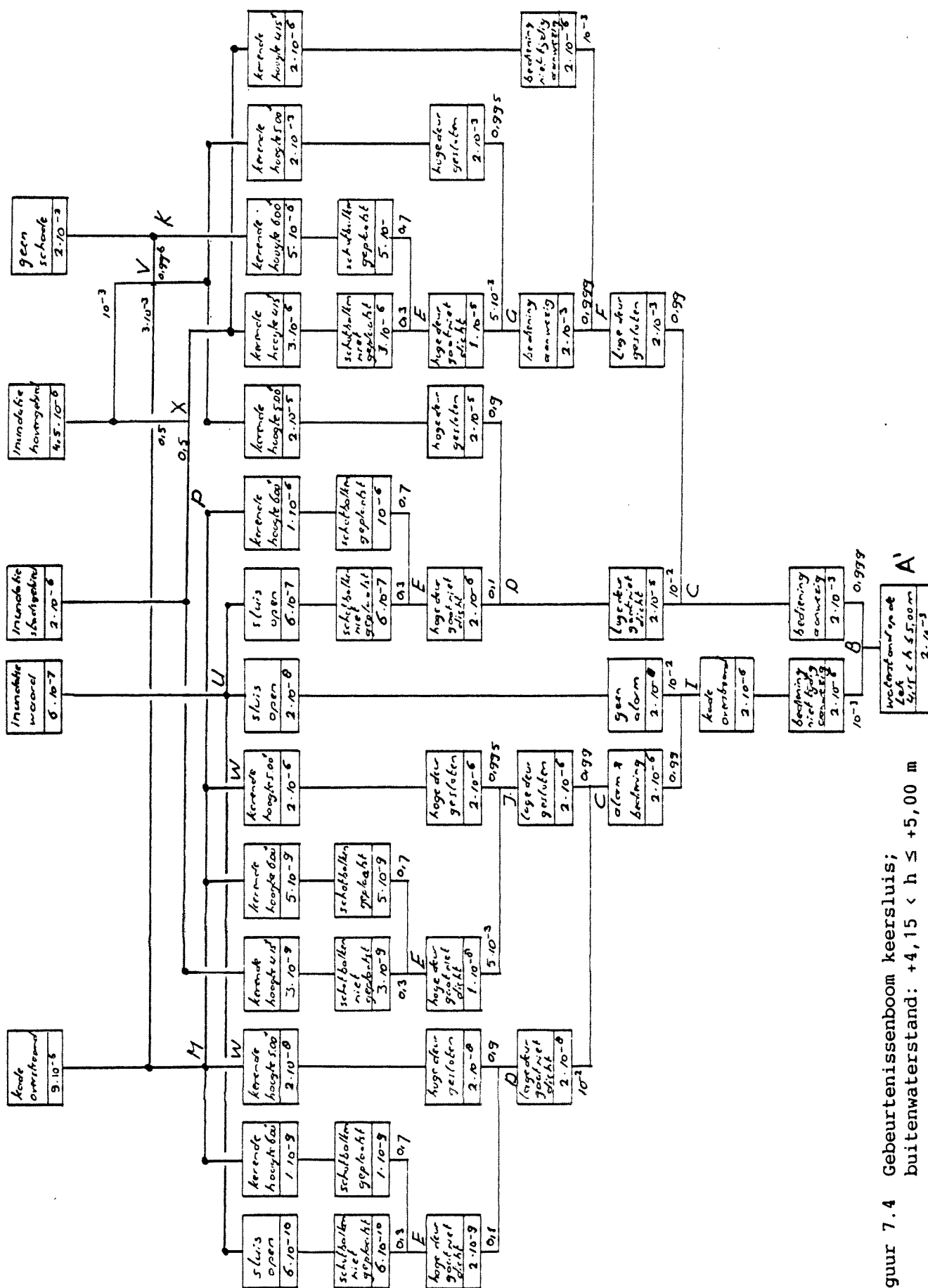


Figuur 7.1 Gebeurtenissenboom keersluis;
buitenwaterstand: +1,90 < h ≤ +2,30 m

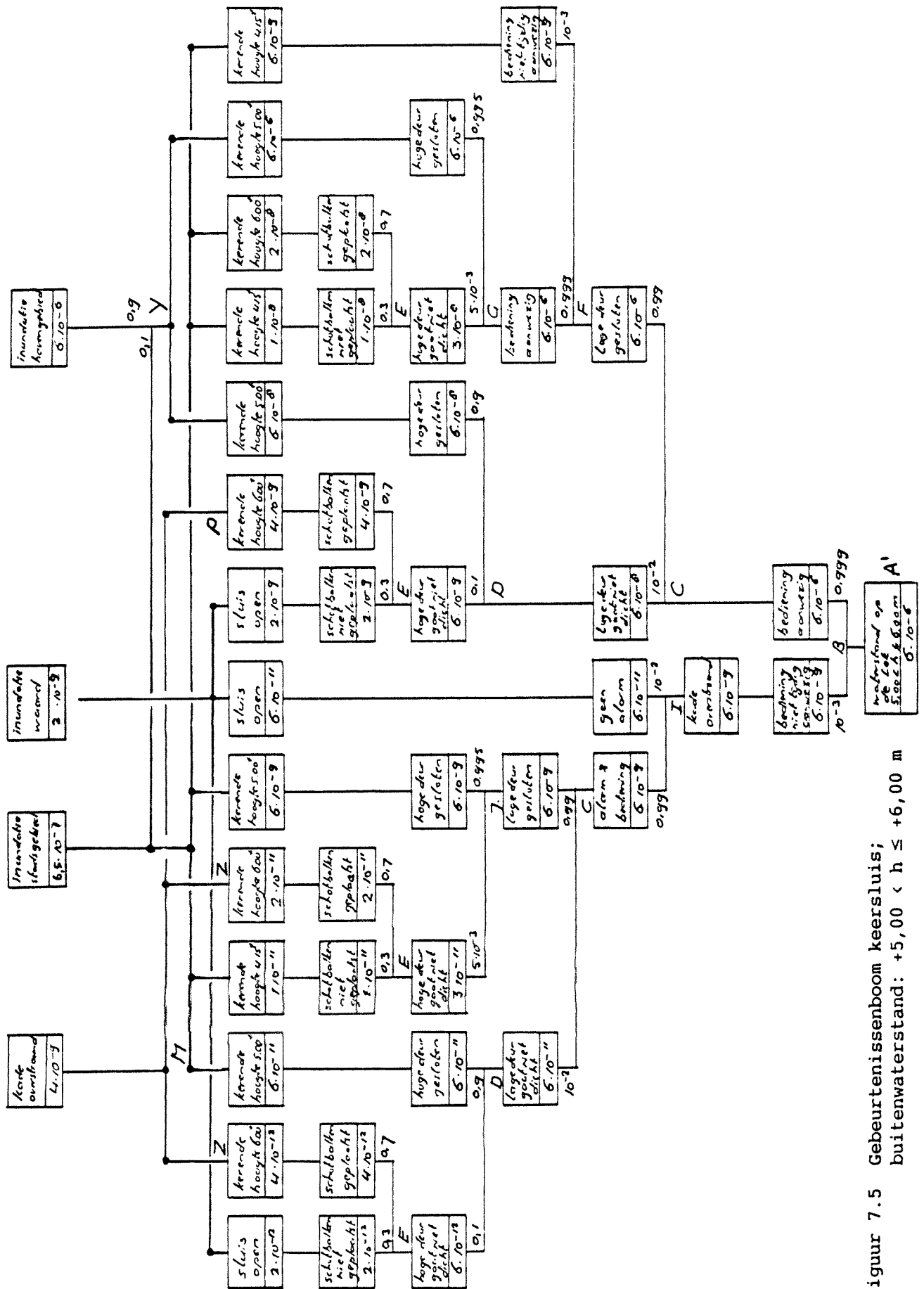


Figuur 7.2 Gebeurtenissen boom keersluis;
buitenwaterstand: $+2,30 < h \leq +2,50$ m



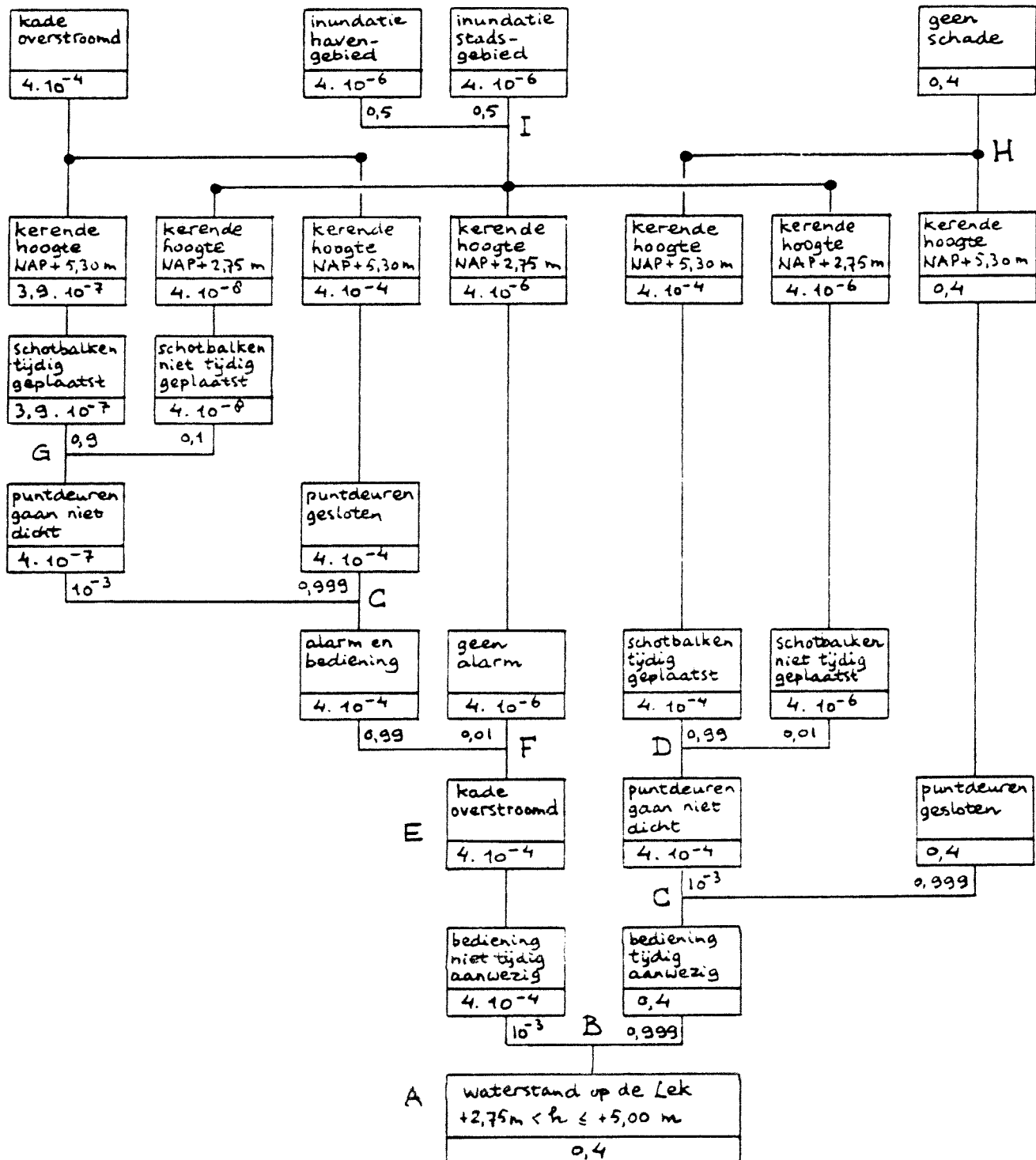


Figuur 7.4 Gebeurtenissen boom keersluis; buitenwaterstand: $+4,15 < h \leq +5,00$ m

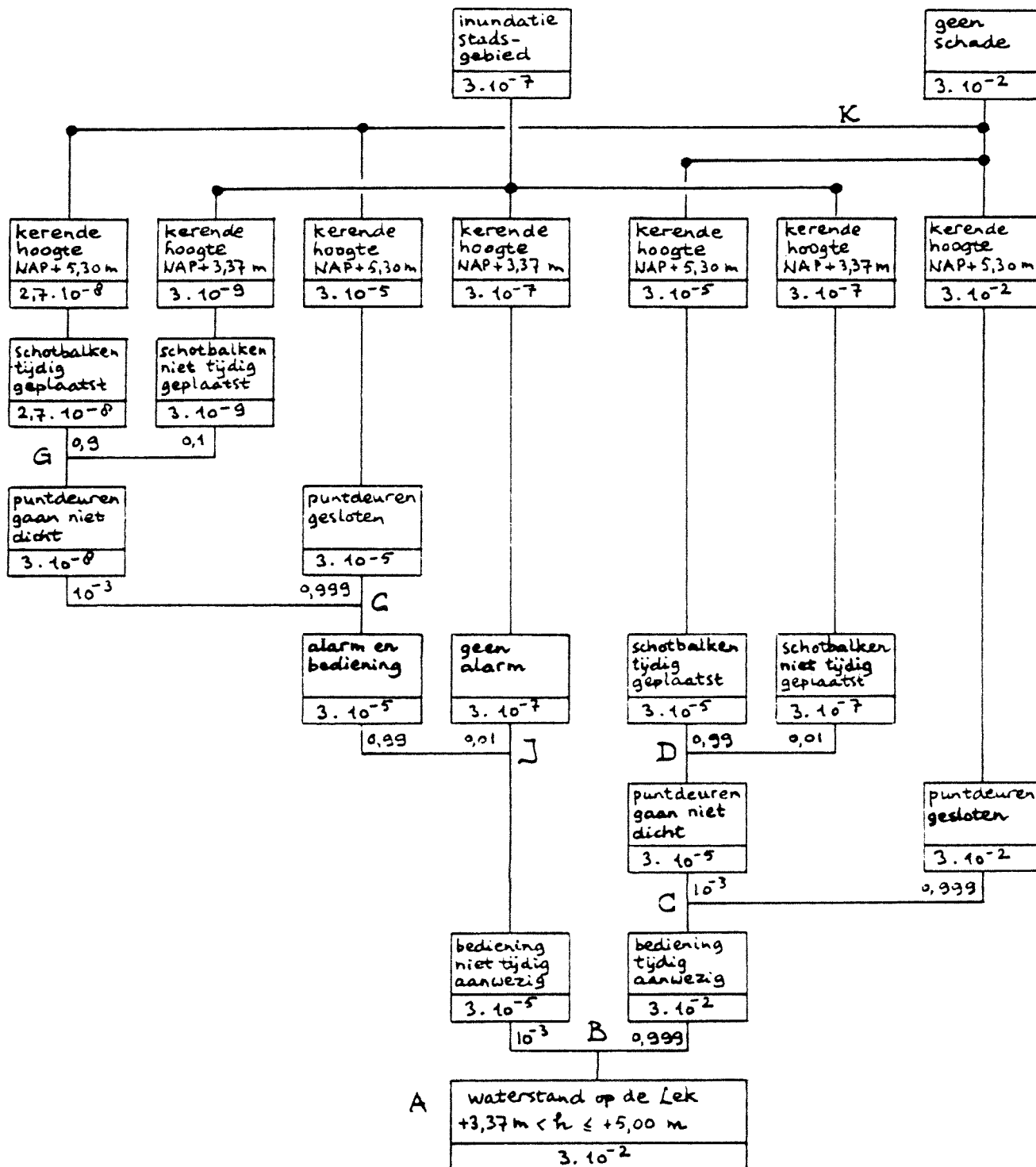


Figuur 7.5 Gebeurtenissenboom keersluis;
buitenwaterstand: +5,00 < h ≤ +6,00 m

Figuur 8: Gebeurtenissenboom coupure Veerpoort;
buitenwaterstand: $+2,75 < h \leq +5,00$ m



Figuur 9: Gebeurtenissenboom coupure Belvedere Oost;
buitenwaterstand: $+3,37 < h \leq +5,00$ m



BIJLAGE 1 - Bepaling stijgsnelheid buitenwater bij Schoonhoven

In [9] zijn voor verschillende combinaties van de waterstand te Hoek van Holland en de afvoer te Lobith, en voor de situatie SVKW geopend danwel gesloten, de waterstandsverlooptlijnen bij Schoonhoven verstrekt. Ter illustratie zijn in deze bijlage twee waterstandsverlooptlijnen gepresenteerd, namelijk voor:

- waterstand Hoek van Holland NAP +2,00 m, afvoer Lobith 16.500 m³/s, SVKW open;
- waterstand Hoek van Holland NAP +3,00 m, afvoer Lobith 10.000 m³/s, SVKW dicht.

De voornaamste hieruit af te leiden gegevens omtrent de stijgsnelheid van het buitenwater van de Lek bij Schoonhoven zijn in onderstaande tabel samengevat. Weergegeven zijn:

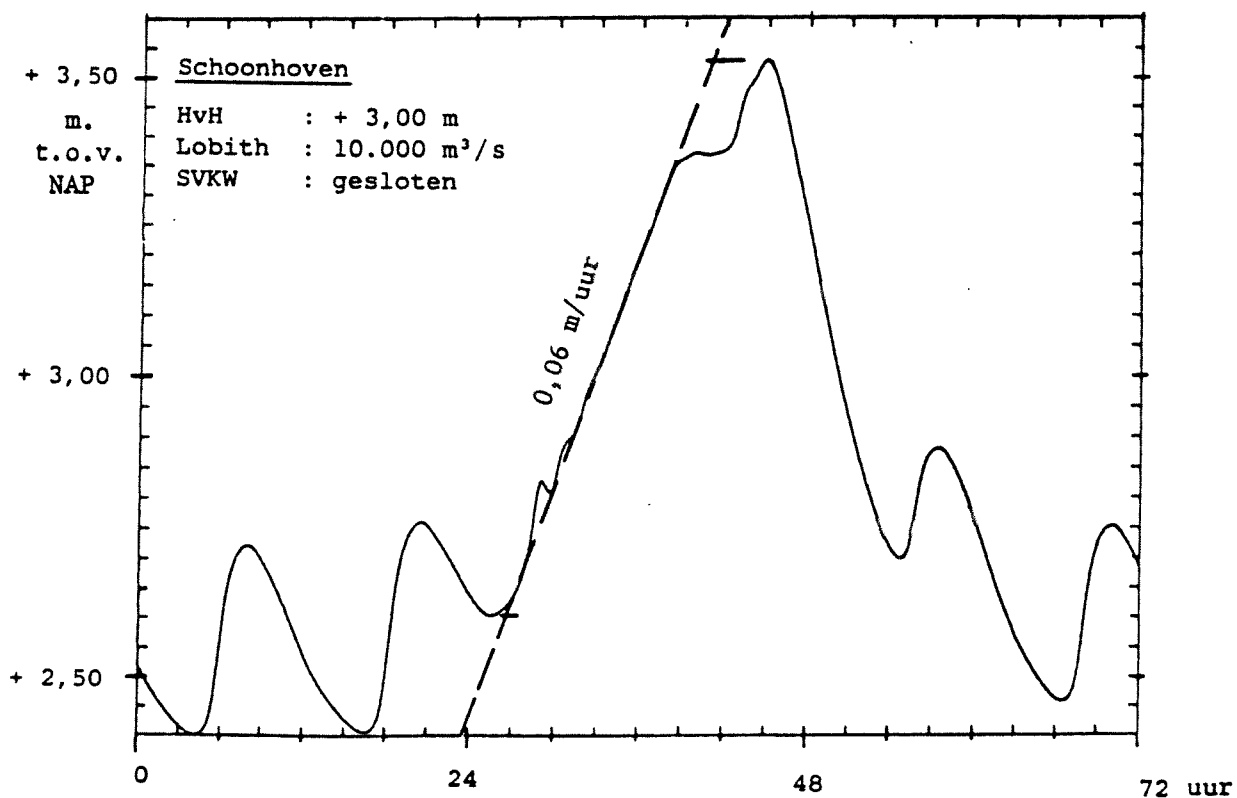
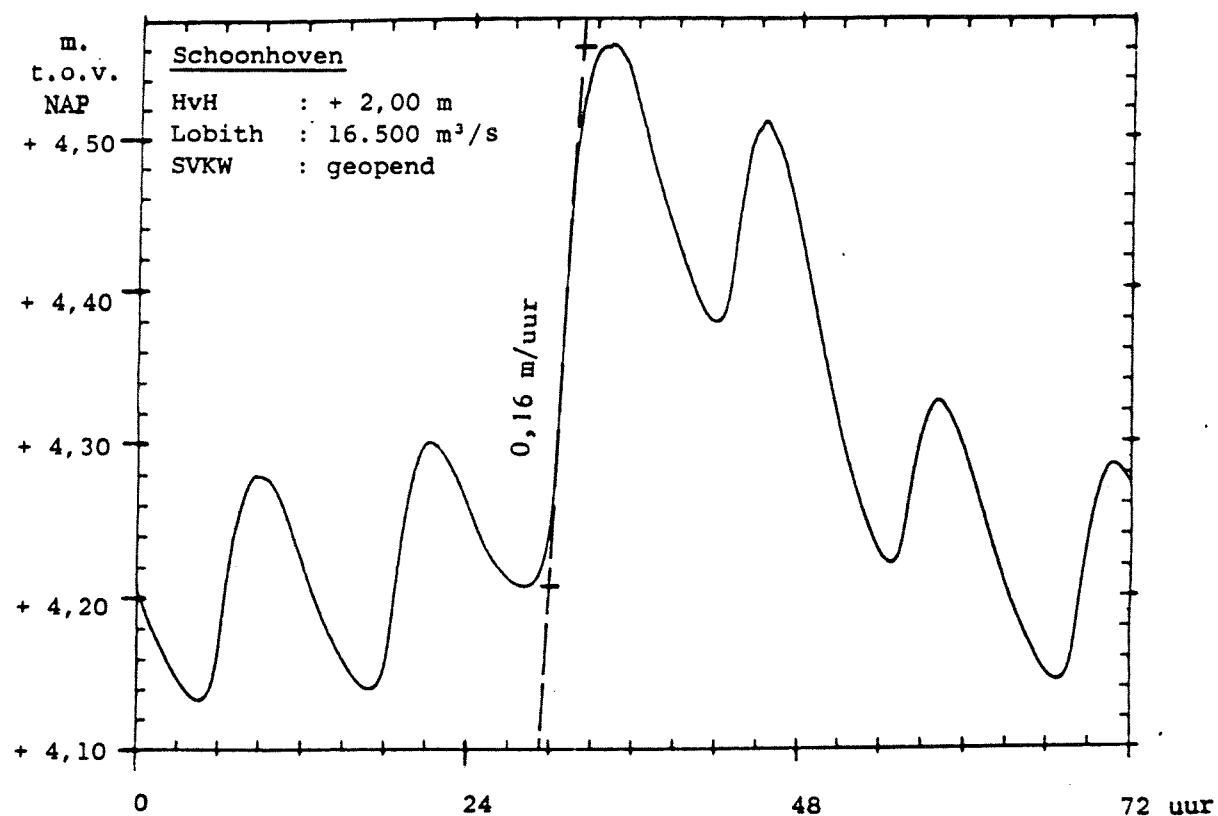
- * De combinatie waterstand Hoek van Holland/afvoer Lobith en de sluitingsstrategie van de SVKW (open, dicht of beide mogelijk).
- * Voor zowel de situatie "SVKW open" als voor "SVKW dicht" de relevante waterstandsgegevens bij Schoonhoven (de waarden tussen haakjes hebben betrekking op de situatie "SVKW dicht"):
 - de lage waterstand (dal) voorafgaand aan de maximale waterstand;
 - de maximale waterstand (top);
 - de maximale ononderbroken waterstandsverhoging (Δh) tussen dal en top;
 - de maximale stijgsnelheid van het buitenwater in het traject dal-top.

water- stand HvH	afvoer Lobith [m ³ /s]	SVKW	gegevens buitenwater Lek bij Schoonhoven			
			dal-water- stand [m +NAP]	top-water- stand [m +NAP]	Δh [m]	stijgsnel- heid [m/uur]
2,00	8.000	open	1,90 (1,90)	2,80 (2,21)	0,90 (0,31)	0,35 (0,23)
3,00	8.000	beide	2,00 (2,00)	3,60 (3,08)	1,60 (1,08)	0,40 (0,06)
3,00	10.000	beide	2,60 (2,60)	3,93 (3,54)	1,33 (0,94)	0,38 (0,06)
1,14	16.500	open	4,14 (4,14)	4,28 (4,33)	0,14 (0,19)	0,10 (0,10)
2,00	16.500	beide	4,21 (4,21)	4,56 (4,57)	0,35 (0,36)	0,16 (0,07)
3,00	16.500	dicht	4,25 (4,25)	5,04 (4,91)	0,79 (0,66)	0,29 (0,13)

Rekening houdend met de sluitingsstrategie van de SVKW zijn uit deze gegevens de volgende uitgangspunten gedestilleerd:

buitenwaterstand Lek bij Schoonhoven [m +NAP]	Maximale ononderbroken waterstandsverhoging [m]	Maximale stijgsnelheid buitenwater [m/uur]
+1,90 tot +4,00	1,50	0,40
+4,00 tot +5,00	0,75	0,20

Figuur 1.1: Waterstandsverlooptlijnen



BIJLAGE 2 - Onzekerheid in de waterstand

De onzekerheid in de waterstand is meegenomen m.b.v. de formule:

$$P = \int_{-\infty}^{+\infty} F(h-x) f(x) dx$$

Hierbij is $F(h-x)$ de waterstandsverdeling volgens de zomer- of winterkarakteristiek; de grootte x is de onzekerheid in de waterstand bij een gegeven frequentie. Deze wordt normaal verondersteld met gemiddelde nul, zodat:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

Voor $F(h-x)$ geldt:

$$F(h-x) = \exp\left(-\frac{h-x-A}{B}\right)$$

Indien A en B constant zijn kan de integraal analytisch worden uitgewerkt:

$$P = c \cdot F(h) \text{ met } c = \exp\left(\frac{\sigma^2}{2B^2}\right)$$

Hierin is $F(h)$ de gewone overschrijdingskans en c een "onzekerheidstoeslag". Voor de zomer geldt met $\sigma = 0,20$ bij $h = 3,00$ m en $B = 0,17$ m dat deze factor gelijk is aan:

$$\exp\left(\frac{0,20^2}{2 \cdot 0,17^2}\right) = 2,0$$

In de winter gaat de formule voor c niet meer op omdat de overschrijdingsfrequentielijn geknikt is. In dat geval moet de integraal numeriek worden uitgewerkt.

Voor de constanten A en B zijn aangehouden:

	winter		zomer	
	A	B	A	B
	[m]	[m]	[m]	[m]
$y < 4,7 \text{ m}$	2,60	0,26	1,95	0,17
$y > 4,7 \text{ m}$	4,10	0,08		

Resultaten

winter			zomer		
h	σ	c	h	σ	c
[m]	[m]		[m]	[m]	
3,00	0,15	1,2	2,50	0,15	1,4
3,50	0,175	1,25	3,00	0,20	2,0
4,00	1,20	1,3	3,50	0,25	3,0
4,50	0,225	1,5	4,00	0,30	5,0
5,00	0,25	7,0			

De getallen in hoofdstuk 4 zijn op basis hiervan geïnterpoleerd.

BIJLAGE 3 - Combineren van de keermiddelen

Voor het combineren van de resultaten van de componenten Keersluis, Veerpoort en Belvedere zou in beginsel gebruik gemaakt dienen te worden van onderstaand schema:

interval	1,90	2,75	3,37	5,00	5,15
	2,75	3,37	5,00	5,15	6,00
kade	K	K+V	K+V	K	K
haven	K	K+V	K+V	K	K
stad	K	K+V	K+V+B	K+B	K

Toelichting

Bij het invullen van het schema is steeds op twee zaken worden gelet:

- a) of bediening en storing de belangrijkste faaloorzaak is in het beschouwde interval en voor het beschouwde gevolg;
- b) of de gevolgen veranderen bij gelijktijdig falen van keermiddelen; dit kan gebeuren als de gevolgen van het falen van verschillende keermiddelen van dezelfde afwaterings- en/of bergingsmogelijkheden afhangen.

Met deze achtergrond beschouwen we de intervallen in bovenstaand schema.

Interval 1,90 - 2,75 m

Hier kan alleen de keersluis falen. In het interval 2,50 - 2,65 wordt gebruik gemaakt van afwatering op de stadsgracht.

Interval 2.75 - 3.37 m

Hier kunnen keersluis en Veerpoort falen. Alleen bij falen Veerpoort in het interval 2,75 - 2,95 m treedt afwatering op de stadsgracht op. Bediening en storing zijn de enige faaloorzaken. De kansen worden opgeteld.

Interval 3.37 - 5.00 m

In dit interval kunnen alle drie de keermiddelen falen, waarbij alleen "storing" en "bediening" verantwoordelijk kunnen zijn voor de stads-inundatie. (Via Belvedere is het niet mogelijk dat alleen kade of alleen havengebied inundeert). Indien in de keersluis alleen de lage deuren gesloten zijn, treedt bij waterstanden iets lager dan 4,15 m overstroming van de kade op door golfoverslag.

Er wordt in het traject 4,15 - 4,30 m i.v.m. overstroom van de keersluis gebruik gemaakt van de afwatermogelijkheid. Bij waterstanden dicht bij 5,00 m kan overstroom van de kade optreden via golfoverslag bij de hoge deuren in de keersluis.

Falen treedt vrijwel alleen op als gevolg van "storing" en "bedieningsfouten". De kansen moeten dus worden opgeteld.

Interval 5.00 - 5.15 m

In dit interval faalt de keersluis bij sluiting van de hoge deuren op waterstand voor wat betreft de kade en de haven. Inundatie van de stad treedt nog niet op, omdat afgewaterd kan worden op de stadsgrachten. Daarom moet bij "kade" en "havengebied" de maximale faalkans (keersluis) worden genomen. Voor "stad" geldt de som van keersluis en Belvedere.

Interval 5.15 - 6.00 m

In dit interval domineert het falen van de keersluis t.g.v. de factor waterstand: alleen de keersluis (grootste faalkans) is maatgevend.

Opmerking: Uiteraard treedt bij gezamenlijk falen wel grotere inundatie van de stad op, maar de kans erop wordt geheel bepaald door falen van de keersluis.

Conclusie

Voor waterstanden lager dan 5 m moeten de kansen worden opgeteld. Voor waterstanden hoger dan 5 m is de keersluis maatgevend. Uitzondering hierop is het interval 5,00 - 5,15 m voor wat betreft inundatie van de stad. Dit laatste is verwaarloosd.

BIJLAGE 4 - Maximaal instromend watervolume door geopende keersluis en coupures

Maatgevende waterstandsverlooplijn

Voor het verloop van de waterstand op de Lek bij Schoonhoven tijdens maatgevende omstandigheden (MHW = NAP +4,70 m) wordt uitgegaan van:

- De afvoergolf volgens een notitie van RWS Zuid-Holland [12]:
 - . een was van 7 dagen, van het slotpeil NAP +0,65 m tot een gemiddelde waterstand bij ontwerpafvoer NAP +4,20 m;
 - . een stagnantie van 2 dagen op gemiddeld NAP +4,20 m;
 - . een val van 10 dagen, van NAP +4,20 m tot NAP +0,65 m.
- Het stormeffect tijdens de stagnantie conform de in bijlage 1 gepresenteerde waterstandsverlooplijn, met een maximale waterstand NAP +4,56 m (waterstand Hoek van Holland NAP +2,00 m, afvoer Lobith 16.500 m³/s en SVKW geopend).

Voor de berekening van het instromend volume wordt de waterstandsverlooplijn boven NAP +2,65 m verdeeld in 19 gelijke tijdsintervallen ($\Delta t = 0,5$ dag). In onderstaande tabel wordt per tijdsinterval de gemiddelde waterstand op de Lek (h_i in m t.a.v. NAP) gegeven.

i	h_i	i	h_i	i	h_i	i	h_i
1	+2,85	6	+4,10	11	+4,10	16	+3,22
2	+3,10	7	+4,25	12	+3,92	17	+3,03
3	+3,35	8	+4,50	13	+3,74	18	+2,86
4	+3,60	9	+4,50	14	+3,57	19	+2,70
5	+3,85	10	+4,30	15	+3,38		

Keersluis

Overstroming van de Lopiker-/Krimpenerwaard via de geopende keersluis kan plaatsvinden bij waterstanden op de Lek hoger dan NAP +2,65 m. Bij deze waterstanden treedt bij de keersluis altijd de situatie "onvolkomen overlaat" op. Het instromend volume (V_k) volgt uit:

$$V_k = \mu \cdot B_k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^{19} (h_{bi} - d_k) \cdot \sqrt{(2g (h_i - h_{bi}))}$$

Hierin is h_i de waterstand op de Lek in het betreffende interval. Voorts geldt:

- afvoercoëfficiënt $\mu \approx 1$ (geschatte waarde)
- breedte keersluis $B_k \approx 5,3$ m
- drempelhoogte keersluis $d_k = \text{NAP} - 1,60$ m
- waterstand op de binnenhaven $h_{bi} \approx \text{NAP} + 2,65$ m (conservatieve aanname)
- tijdsinterval $\Delta t = 43200$ s

Uitwerking hiervan geeft:

$$V_k = (4,32 \cdot 10^6) \sum_{i=1}^{19} \sqrt{(h_i - 2,65)} = 76,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Coupure Veerpoort

Overstroming van de Lopiker-/Krimpenerwaard via de geopende coupure Veerpoort kan plaatsvinden bij waterstanden op de Lek hoger dan NAP +2,75 m. Bij deze waterstanden treedt bij de coupure Veerpoort altijd de situatie "volkomen overlaat" op. Het instromend volume (V_v) volgt dan uit:

$$V_v = \mu \cdot B_v \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^{19} \left(\frac{2}{3} (h_i - d_v) \cdot \sqrt{(2g \cdot \frac{1}{3} (h_i - d_v))} \right)$$

Hier geldt:

- afvoercoëfficiënt $\mu = 1$ (geschatte waarde)
- breedte coupure Veerpoort $B_v = 3,40$ m
- drempelhoogte coupure Veerpoort $d_v = \text{NAP} + 2,75$ m
- tijdsinterval $\Delta t = 43200$ s

Uitwerking hiervan geeft:

$$V_v = (2,50 \cdot 10^5) \sum_{i=1}^{19} \{(h_i - 2,75)^{1,5}\} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Coupure Belvedere

Deze berekening verloopt analoog aan de berekening voor de coupure Veerpoort, zij het dat voor de breedte 3,50 m en voor de drempelhoogte NAP +3,37 m wordt ingevuld. Het instromend volume is gelijk aan:

$$V_b = (2,44 \cdot 10^5) \sum_{i=1}^{19} \{(h_i - 3,37)^{1,5}\} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Inundatie Lopiker-/Krimpenerwaard

Bij geopende keersluis en coupures en bij maatgevende omstandigheden op de Lek (waterstand NAP +4,70 m) zal het totale instromend volume $82,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ bedragen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de keersluis.

Van inundatie van de Lopiker-/Krimpenerwaard is sprake indien er in de Lopikerwaard een waterschijf van gemiddeld 0,10 m moet worden geborgen; dit komt overeen met een instromend volume van $13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. De waterstand op de Lek waarbij dit kan optreden (bij geopende keersluis) kan worden berekend m.b.v. de reeds gegeven formule voor de keersluis.

Uitgangspunten hierbij zijn:

- Het instromend volume via de coupures is verwaarloosbaar klein t.o.v. het volume via de keersluis: $V_k = 13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.
- De maatgevende omstandigheid wordt voornamelijk bepaald door de rivierafvoer; de invloed van het getij op de berekening van het instromend volume is verwaarloosbaar klein.
- Noem de gezochte gemiddelde waterstand op de Lek tijdens stagnantie NAP + x. Voor het verloop van de waterstand wordt aangehouden:
 - * Voor een wal van 1 dag, van NAP +2,65 m tot NAP + x;
 - * een stagnantie van 2 dagen op NAP + x;
 - * een val van 1,5 dag, van NAP + x tot NAP +2,65 m.

Uitwerking geeft $x = 2,82 \text{ m}$. Hierbij dient nog $0,28 \text{ m}$ te worden opgeteld voor de getij-invloed.

De grenstoestand kan derhalve als volgt worden geformuleerd: "Bij geopende keersluis zal inundatie van de Lopiker-/Krimpenerwaard optreden indien op de Lek de waterstand NAP +3,10 m wordt overschreden".

BIJLAGE 5 - Procedures

De in dit rapport gepresenteerde resultaten zijn alleen geldig indien voor de keersluis en de coupures duidelijke procedures worden opgesteld, met regeling van taken en bevoegdheden ten aanzien van:

- waterstandssignalering
- uit te voeren handelingen
- vervangingsschema bij afwezigheid eerst verantwoordelijke
- oefeningen
- onderhoud keermiddelen

In deze bijlage wordt een voorstel gegeven voor een procedure voor:

- de keersluis
- de coupure Veerpoort
- de coupure Belvedere

De taken en verantwoordelijkheden dienen bij alle betrokken functionarissen van de Provincie Zuid-Holland, het Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard en de Gemeente Schoonhoven bekend te zijn.

1. Keersluisa) Zomerprocedure keersluis

De keersluis is in de zomer (1 april tot 1 oktober) in principe geopend, tenzij er sprake is van waterstanden op de Lek hoger dan NAP +1,50 m. In onderstaande tabel zijn de gegevens m.b.t. signalering en bediening samengevat.

signalering	door	actie	door
waterstand op de Lek hoger dan NAP +1,50 m	a) sluismeester b) alarm binnen- haven bij NAP +1,90 m	sluiten van de lage deuren ¹⁾	sluismeester
waterstand op de Lek hoger dan NAP +1,90 m en lage deuren dicht	sluismeester	sluiten van de hoge deuren ²⁾	sluismeester
ijsgang op de Lek en waterstand hoger dan NAP +1,90 m	sluismeester	plaatsen van alle schotbal- ken	sluismeester en 2 assistenten

¹⁾ Indien de lage deuren niet dicht gaan, dienen binnen 10 minuten de hoge deuren te worden gesloten (door de sluismeester). Indien de hoge deuren eveneens niet dicht gaan, dienen alle schotbalken binnen 40 minuten te zijn geplaatst (door de sluismeester, met 2 assistenten).

²⁾ Indien bij gesloten lage deuren de hoge deuren niet dicht gaan, dienen alle schotbalken te worden geplaatst (door de sluismeester, met 2 assistenten) voordat de waterstand op de Lek is gestegen tot NAP +3,50 m.

b) Winterprocedure Keersluis

De hoge deuren van de keersluis zijn in de winter (1 oktober tot 1 april) in principe gesloten. Bij waterstanden op de Lek lager dan NAP +1,60 m worden de hoge deuren door de sluismeester op aanvraag kortdurend geopend. De sluismeester blijft gedurende de openstelling op de keersluis. In onderstaande tabel zijn de gegevens m.b.t. signalering en bediening samengevat.

signalering	door	actie	door
hoge deuren gaan niet dicht	sluismeester	sluiten van de lage deuren ¹⁾	sluismeester
ijsgang op de Lek en waterstand hoger dan NAP +1,90 m	sluismeester	plaatsen van alle schotbalken	sluismeester en 2 assistenten

- ¹⁾ Indien de lage deuren eveneens niet dicht gaan, dient voordat op de Lek de waterstand is gestegen tot NAP +1,60 m minimaal één deurstel weer gangbaar te zijn gemaakt (door ... ?) en te zijn gesloten. Mocht dit niet lukken dan moeten alle schotbalken worden geplaatst (door de sluismeester, met 2 assistenten) voordat de waterstand op de Lek is gestegen tot NAP +1,90 m.

NB Uitgangspunt is dat de deuren in de Visbrug en in de Steenbrug gesloten zijn.

c) Verantwoordelijkheden en vervangingsschema keersluis

Signalering en bediening geschiedt door de sluismeester. Deze dient 24 uur per dag beschikbaar te zijn. Daarnaast is nodig:

- een alarm bij een waterstand op de binnenhaven van NAP +1,90 m. Dit alarm moet afgaan op een post die 24 uur per dag bemand is, bijvoorbeeld het politiebureau te Schoonhoven;
- assistentie van minimaal 2 personen voor het plaatsen van de schotbalken (indien nodig). Deze assistenten moeten 24 uur per dag beschikbaar zijn (suggestie: brandweer).

Betrokkenen moeten tijdig (binnen 10 minuten) ter plaatse kunnen zijn. Tevens dient een vervangingsschema bij alle betrokkenen bekend te zijn bij afwezigheid van de sluismeester en/of de assistent(en).

d) Onderhoud keermiddelen keersluis

Onderhoud en inspectie geschiedt in het zomerseizoen, op aanwijzing en onder controle van het Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard.

e) Oefeningen keersluis

Oefeningen dienen plaats te vinden bij een waterstand op de Lek van circa NAP +1,50 m (einde zomerseizoen of begin winterseizoen).

- 1x per jaar beide deurstellen binnen 10 minuten sluiten (door sluismeester);
- 1x per 3 jaar alle schotbalken binnen 30 minuten plaatsen (door sluismeester en assistenten). Opmerking: van de beschikbare 40 minuten gaan in een noodsituatie 10 minuten verloren om de assistenten te mobiliseren.

2. Coupure Veerpoorta) Procedure Veerpoort

De coupure Veerpoort is het gehele jaar in principe geopend, tenzij er sprake is van waterstanden op de Lek hoger dan NAP +2,25 m. In onderstaande tabel zijn de gegevens m.b.t. signalering en bediening samengevat.

signalering	door	actie	door
waterstand op de Lek hoger dan NAP +2,25 m	a) sluismeester b) semafoonbe- vestiging c) alarm in binnenhaven	sluiten van de deuren (en ver- grendelen) ¹⁾	gemeente- ambtenaren (2 man)
ijsgang op de Lek en waterstand hoger dan drempel (NAP +2,75 m)	gemeenteambtenaar	plaatsen van schotbalken, mi- nimaal 0,50 m hoger dan water- stand (bewaking)	gemeente- ambtenaren (3 man)

¹⁾ Indien de deuren niet dicht gaan, dienen door gemeenteambtenaren (3 man) tijdig voldoende schotbalken te worden geplaatst (kerende hoogte minimaal 0,50 m boven de waterstand op de Lek) en te worden bewaakt tegen vandalisme.

b) Verantwoordelijkheden en vervangingsschema Veerpoort

De sluismeester is de eerst verantwoordelijke voor de signalering, hierbij geholpen door:

- semafoonbeveiliging vanuit het kantoor van het Hoogheemraadschap de Krimpenerwaard te Krimpen aan de IJssel naar de Gemeente Schoonhoven;
- het alarm in de binnehaven; dit zal echter pas werken nadat er al een hoeveelheid water door de Veerpoort naar de binnehaven is gestroomd.

Gemeentewerken Schoonhoven is verantwoordelijk voor de bediening van de deuren en de schotbalken.

Ook hier geldt dat betrokkenen tijdig ter plaatse moeten kunnen zijn, en dat er een vervangingsschema bij alle betrokkenen bekend moet zijn bij afwezigheid van de eerst verantwoordelijken.

c) Onderhoud keermiddelen Veerpoort

Onderhoud geschiedt in het zomerseizoen, op aanwijzing van de Gemeente Schoonhoven (controle door Hoogheemraadschap?).

d) Oefeningen Veerpoort

Oefeningen dienen plaats te vinden in het zomerseizoen (uit te voeren door betrokken ambtenaren):

- 1x per jaar deuren binnen 45 minuten sluiten en vergrendelen;
- 1x per 3 jaar alle schotbalken plaatsen (eerste 0,50 m hoogte binnen 30 minuten).

Opmerking: Wellicht verdient het aanbeveling om lichtere schotbalken of een kraantje toe te passen.

3. Coupures Belvedere

a) Procedure Belvedere

De coupure Belvedere is het gehele jaar in principe geopend, tenzij er sprake is van waterstanden op de Lek hoger dan NAP +2,90 m. In onderstaande tabel zijn de gegevens m.b.t. signalering en bediening samengevat.

signalering	door	actie	door
waterstand op de Lek hoger dan NAP +2,90 m	a) gemeenteambtenaar ¹⁾ b) alarm bij waterstand op de Lek hoger dan NAP +3,00 m	sluiten van de deuren (en vergrendelen) ²⁾	gemeenteambtenaren (2 man)
ijsgang op de Lek en waterstand hoger dan drempel (NAP +3,37 m)	gemeenteambtenaar ¹⁾	plaatsen van schotbalken, minimaal 0,50 m hoger dan waterstand (bewaking)	gemeenteambtenaren (3 man)

¹⁾ De betrokken ambtenaar is al alert i.v.m. de sluiting van de coupure Veerpoort bij NAP +2,25 m.

²⁾ Indien de deuren niet dicht gaan, dienen door gemeenteambtenaren (3 man) tijdig voldoende schotbalken te worden geplaatst (kerende hoogte minimaal 0,50 m boven de waterstand op de Lek) en te worden bewaakt tegen vandalisme.

b) Verantwoordelijkheden en vervangingsschema Belvedere

Gemeentewerken Schoonhoven is verantwoordelijk voor de signalering en de bediening. Betrokkenen moeten tijdig ter plaatse kunnen zijn en er dient een vervangingsschema bij alle betrokkenen bekend te zijn bij afwezigheid van de eerst verantwoordelijken.

c) Onderhoud Belvedere

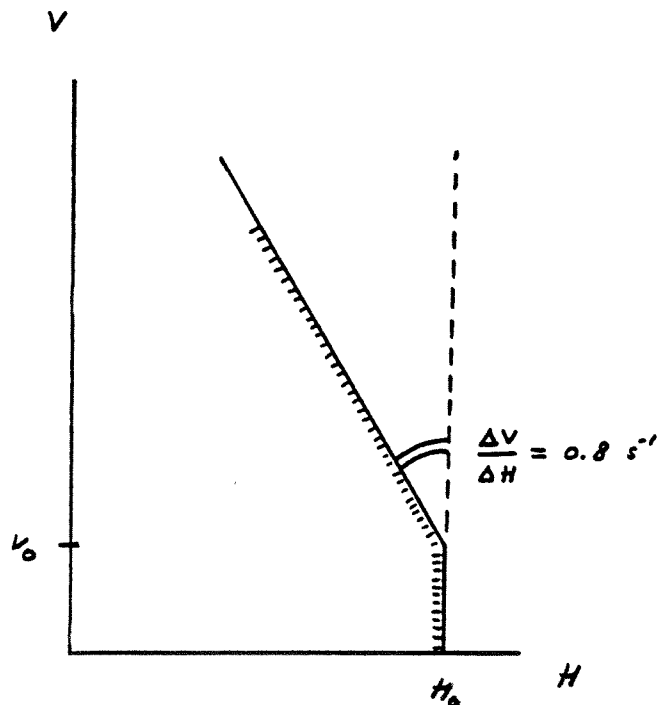
Als bij Veerpoort.

d) Oefeningen Belvedere

Als bij Veerpoort.

BIJLAGE 6 - Windoverslag

In [8] is op basis van [5] een grenstoestand voor inundatie van de kade gedefinieerd bij gecombineerde waterstands-wind-aanval volgens:



In [8] is uitgegaan van $H_0 = 5,00 \text{ m}$ en $V_0 = 7 \text{ m/s}$. In de onderhavige studie wordt ook nagegaan wat bij sluiten van de lage deuren gebeurt ($H_0 = 4,15 \text{ m}$).

Een verschil met de voorgaande analyse is dat het bergend vermogen voordat de kade overstroomt ca. 3x zo groot is. In [8] is $\Delta h = 1,60 - 1,50 = 0,10 \text{ m}$, nu $\Delta h = 1,90 - 1,60 = 0,30 \text{ m}$. Als aangenomen wordt dat het debiet (bij een waterstand gelijk aan de hoogte van de kering) evenredig is met V^2 betekent dit dat V_0 toeneemt van 7 m/s tot $7\sqrt{3} = 12 \text{ m/s}$.

Verder wordt geschat dat de berging tot aan inundatie van het havengebied nog eens 3x zo groot is ($\Delta h = 2,30 - 1,90 = 0,40$ m met een groter oppervlak), hetgeen op dezelfde wijze leidt tot $V_o = 20$ m/s. De helling $\Delta v / \Delta H$ wordt constant genomen (onafhankelijk van de berging).

Met behulp van het programma Dijkkring van RWS zijn door TNO de volgende faalkansen per jaar berekend:

H_o [m]	V_o [m/s]	P_F	ΔP_F
5,00	∞	$5,12 \times 10^{-5}$	-
5,00	20	5,36	$0,24 \times 10^{-5}$
5,00	12	5,77	$0,65 \times 10^{-5}$
4,15	∞	$2,66 \times 10^{-3}$	-
4,15	20	2,73	$0,07 \times 10^{-3}$
4,15	12	2,87	$0,21 \times 10^{-3}$

De getallen bij S in 4.2.4 en V in 4.2.5 volgen door ΔP_F te delen door de frequentie van het betreffende interval.