

HOOFDONTWERP

VERSTERKING VAN DE HOOGWATERKERING
TER PLAATSE VAN DE KOOPMANS - EN
VISSERSHAVEN TE VLISSINGEN IN HET
KADER VAN DE DELTA WET

DEEL 3 :
FOUTEN ANALYSE



J. A. Hernandez

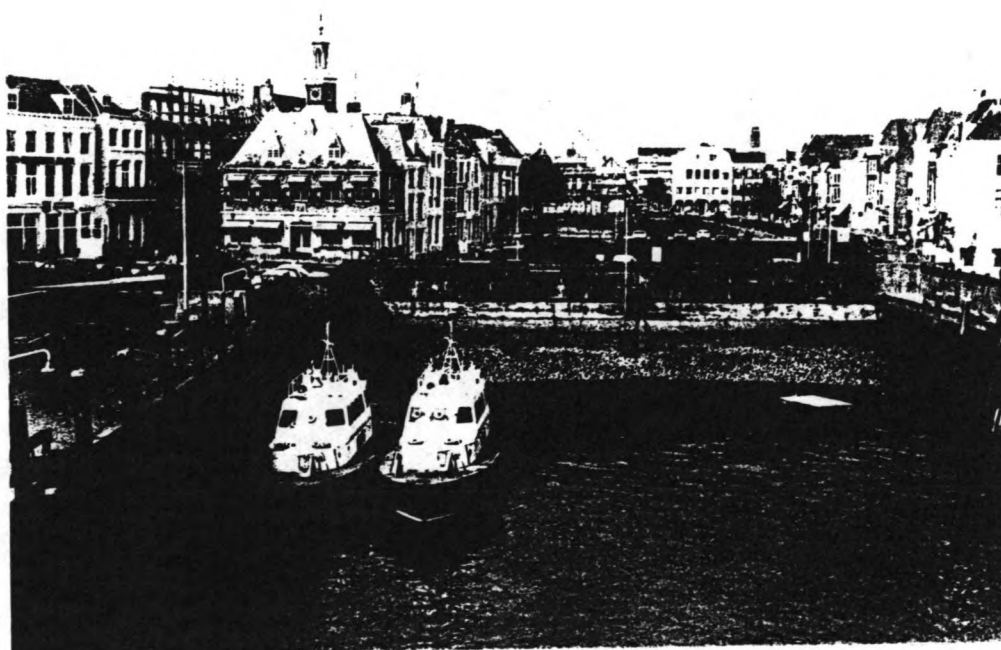
JUNI 1985

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT
AFDELING DER CIVIELE TECHNIEK

HOOFDONTWERP

VERSTERKING VAN DE HOOGWATERKERING
TER PLAATSE VAN DE KOOPMANS - EN
VISSERSHAVEN TE VLISSINGEN IN HET
KADER VAN DE DELTA WET

DEEL 3 :
FOUTEN ANALYSE



J. A. Hernandez

JUNI 1985

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT
AFDELING DER CIVIELE TECHNIEK

- Hoofdontwerp -

Versterking van de hoogwaterkering ter Plaatse van de
Koopmans - en Vissershaven te Vlissingen in het kader
van de Delta wet

- Deel 1 : Ruimtelijk Functioneel Onderzoek
- Deel 2 : Golfoverslag berekeningen
- Deel 3 : Fouten analyse
- Deel 4 : De hoogwaterkering t.p.v. de Koopmanshaven
- Deel 5 : De hoogwaterkering t.p.v. de Vissershaven

Afstudeerwerk verricht bij de vakgroep
Constructieve Waterbouwkunde
Technische Hogeschool Delft

Prof. ir. A. Glerum
ing. K.G. Bezuijen
ir. M. Meermans

J.A. Hernandez
Juni 1985

Inhoudsopgave

Inleiding	: 1
Probleembeschrijving	: 2
De overstrooming van de binnenstad	: 7
Hydraulische randvoorwaarden	: 10
Foutenboom	: 14
Bestaande situatie	: 17
Beschrijving basisgebeurtenissen	: 19
De bediening van de waterkering	: 25
ToegangsPoort	: 31
Overzicht	: 35
Het rekenmodel	: 36
Algemene conclusies	: 41
Adviezen voor een gerenoveerde / nieuwe sluis	: 42
Benadering faalkans bij voorgestelde nieuwe Kering	: 43
Kans op basisgebeurtenis	: 46
Uitkomsten rekenmodel	: 51
Conclusies	: 54
Evaluatie	: 56
Literatuurlijst	: 57

Inleiding

De primaire waterkering ter plaatse van de Koopmans - en Vis - sershaven bestaat uit een bonte menging van allerlei constructies . Sommige van deze constructies zijn meer dan 100 jaar oud , andere zijn aangebracht om de schade van zowel de Tweede Wereldoorlog als van de ramp in 1953 te herstellen .

Om een uitspraak te kunnen doen over de overstromingsfrequentie van het achterliggende gebied zal gebruik gemaakt worden van de foutenanalyse .

Aangezien de primaire waterkeringen aan de Delta - norm moeten voldoen kan er gesteld worden dat de overstromingsfrequentie van het achterliggende gebied niet groter mag zijn dan 1/4000 per jaar .

Met enkel de kerende hoogte als parameter zal getracht worden om de bezwijkkans van systeem te benaderen . Hoewel dit een grove schematisatie van de werkelijkheid inhoudt , geeft deze benadering een indicatie van de gezochte kans .

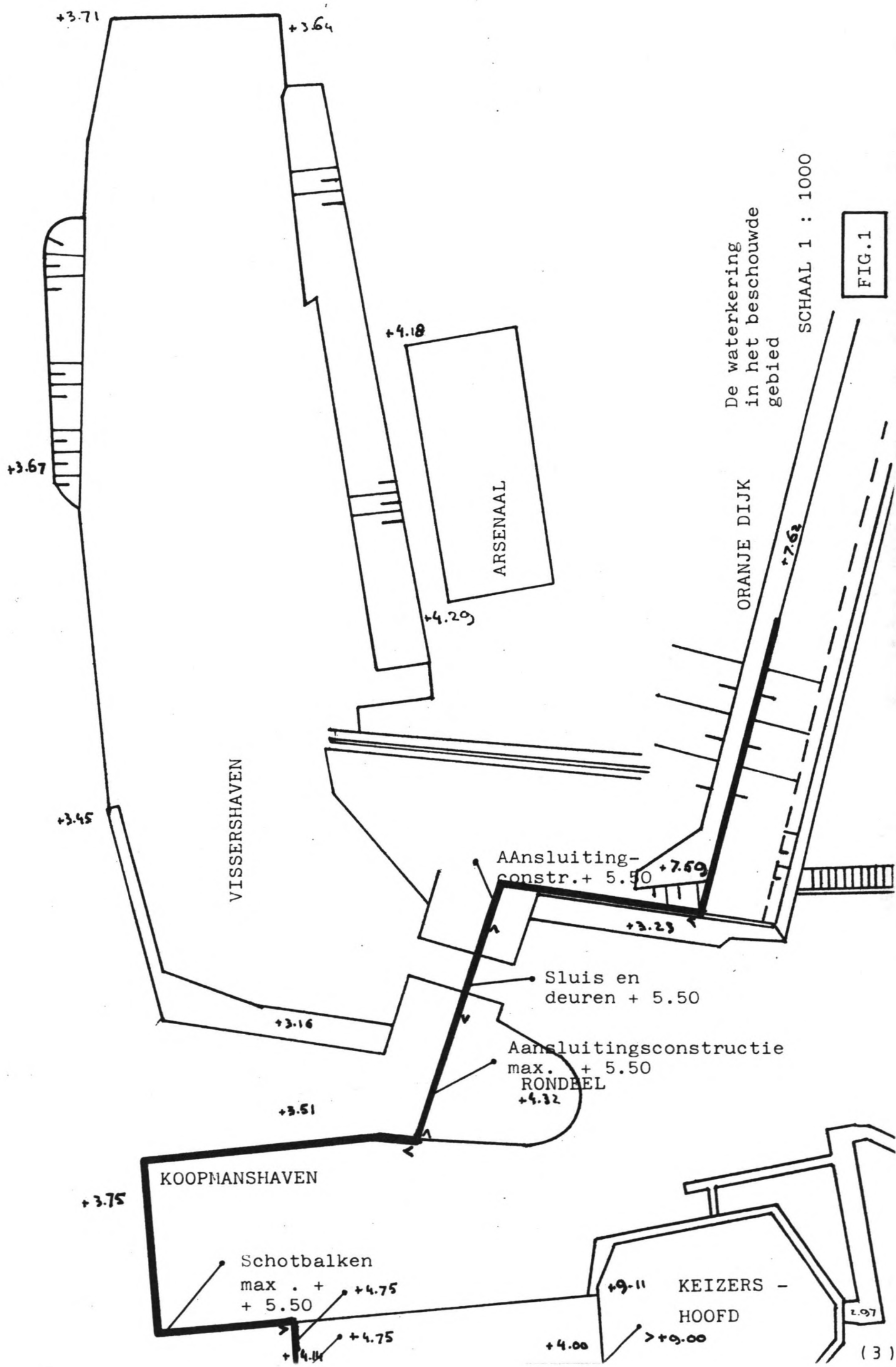
Nadat deze bezwijkkans is benaderd kan er getoetst worden of de huidige kering aan de norm voldoet . Indien dit niet het geval is zullen er maatregelen getroffen moeten worden in de vorm van nieuwe constructies .

Probleembeschrijving

In het ruimtelijk functioneel onderzoek is de bestaande situatie uitvoerig aan de orde geweest . Vanaf het begin is gebleken dat de constructies niet aan de Delta - norm voldoen , vooral met betrekking tot de kerende hoogte. Deze komt nergens boven N.A.P. + 5.50 m uit terwijl het stovloedpeil met een overschrij-^{ij-}dingsfrequentie van 1/4000 per jaar al tot N.A.P. + 5.40 m komt , hier moeten nog de invloeden van atmosferische toestanden bij opgeteld worden .

Ook moet men rekening houden met het feit dat sommige constructies oud zijn(de sluis is in 1856 gebouwd) en dat andere als een soort tijdelijke oplossing zijn aangebracht (de schotballen rond de Koopmanshaven en de verhoogde deuren in de sluis) . Figuur 1 geeft een overzicht van de beide havens met de daarin voorkomende constructies , alsook de kerende hoogte van de diverse constructies die deel uitmaken van de primaire waterkering en het maaiveld .

De in de figuren 2 t/m 6 genoemde constructies zijn van belang voor de verdere beschouwing van de veiligheid van de binnenstad bij zware stormen , zij maken alle deel uit van de primaire waterkering .

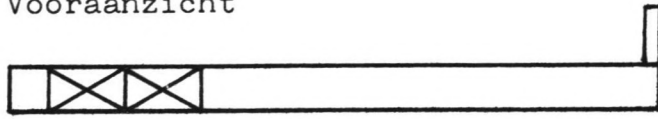


De waterkering
in het beschouwde
gebied

SCHAAL 1 : 1000

FIG. 1

Vooraanzicht



aansluiting
betonnen muur

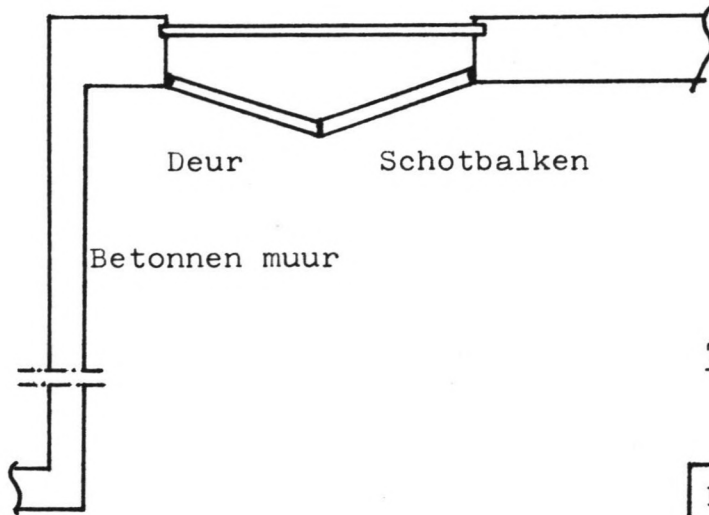
Schotbalken
constructie

▼ + 5.50

▼ + 4.75

▼ + 4.14

5.0 m



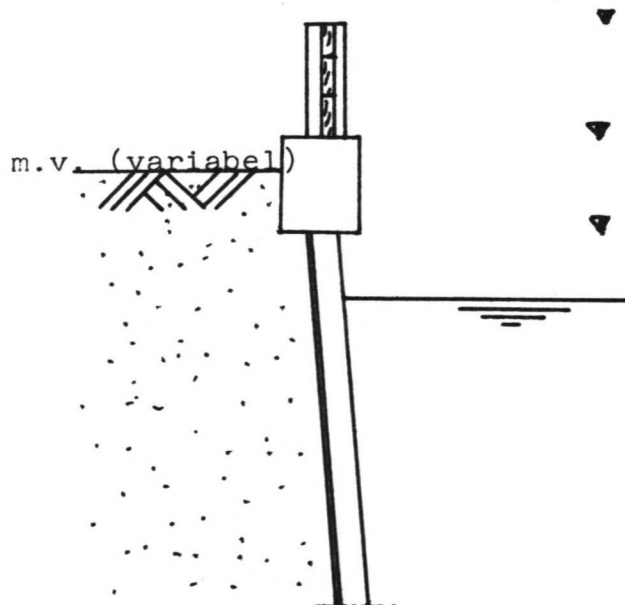
Deur

Schotbalken

Betonnen muur

Toegangspoort

FIG. 2



▼ + 5.50

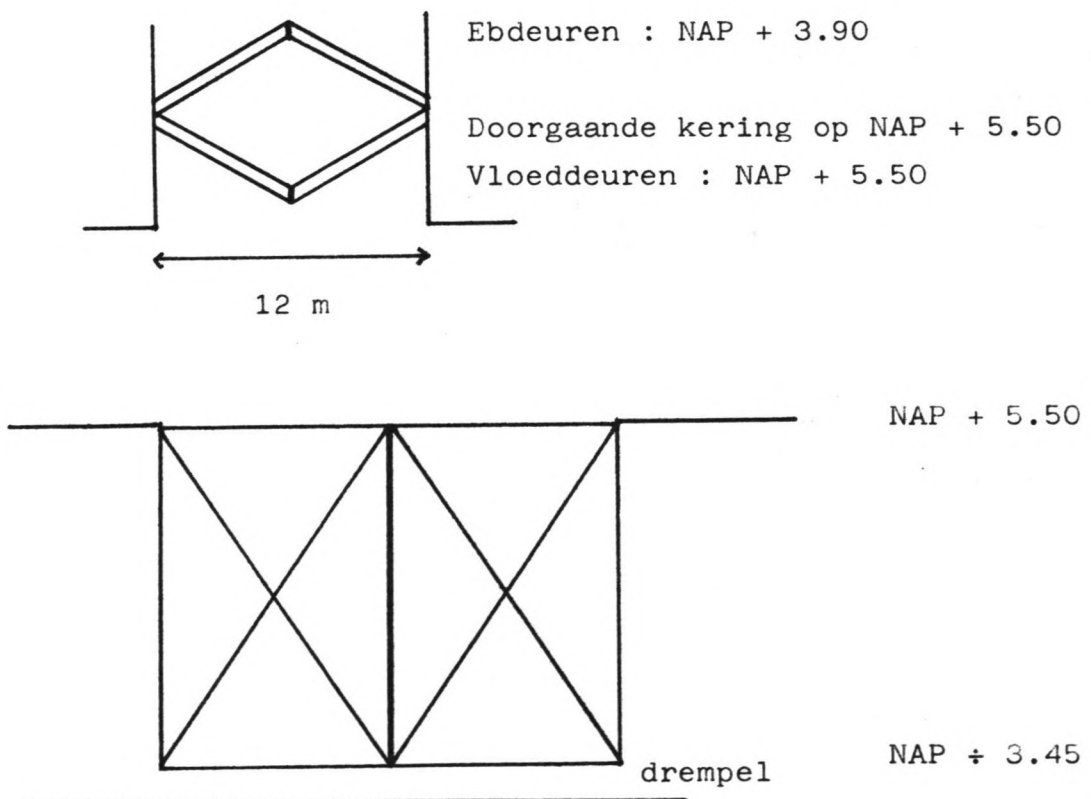
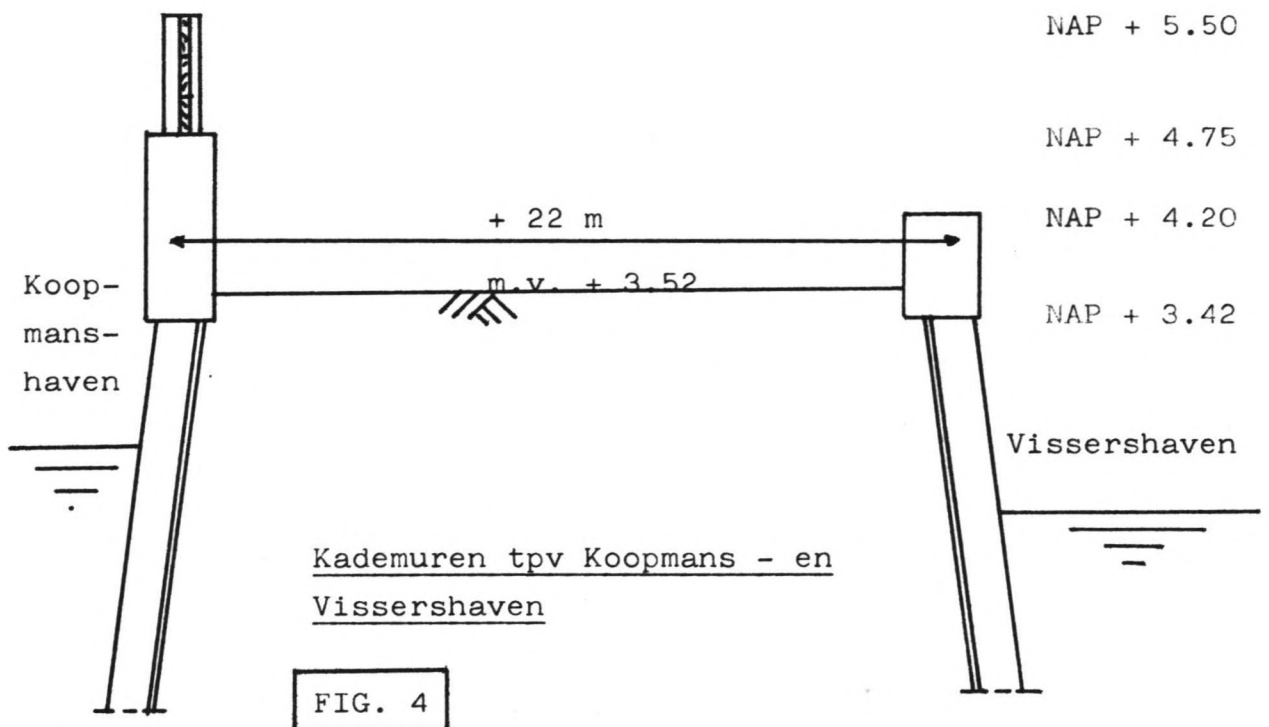
▼ + 4.75

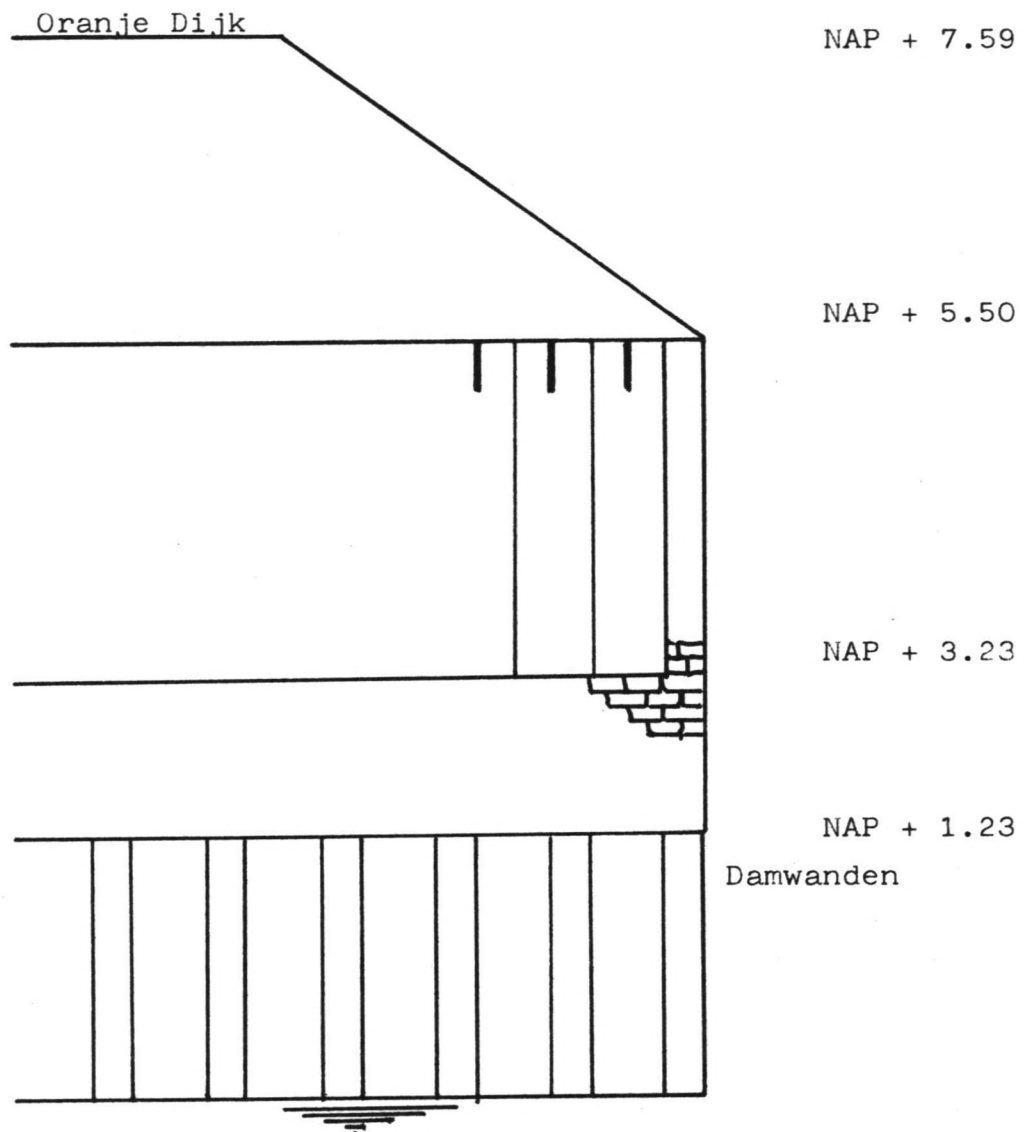
▼ + 3.52

m.v. (variabel)

Kademuren rond
Koopmanshaven

FIG. 3





Dijk met aansluitingsconstructies

FIG. 6

De overstroming van de binnenstad

De bedoeling van een waterkering is om bovenstaande gebeurtenis zoveel mogelijk te vermijden . Hier zal heel globaal beschreven worden hoe dit kan gebeuren door het beschouwde gebied door te lichten op eventuele bedieningsfouten van de waterkering en een te lage kerende hoogte van de constructies .

Als een deel van Vlissingen wordt overstroomd dan kan dit via de Koopmanshaven of via de Vissershaven gebeuren , het Rondeel dat eigenlijk tussen beide havens in is gelegen wordt dan niet apart meegenomen ; het kan ook via andere plaatsen gebeuren maar dat is in dit kader niet relevant . Beschouw eerst de Koopmanshaven .

Allereerst is daar een betonnen muur die de aansluiting verzorgt op de waterkering van de boulevard . Deze muur heeft een lengte van ongeveer 60 m en de kerende hoogte t.p.v. het Keizershoofd bedraagt N.A.P. + 9.11 m , t.p.v. de toegangspoort is de kerende hoogte N.A.P. + 4.75 m .

Zoals al eerder is vermeld vormt de toegangspoort de tweede constructie die beschouwd gaat worden . De poort maakt het haventerrein bereikbaar voor voertuigen . De afsluiting gebeurt middels twee deuren die , behalve bij een storm die verwacht wordt het grenspeil te overschrijden , altijd open staan .

Als de deuren gesloten zijn worden voor alle zekerheid hierachter nog enige schotbalken geplaatst . Daarnaast is er nog een betonnen muur die de aansluiting verzorgt op de kademuren .

De kerende hoogte van bovengenoemde constructies bedraagt N.A.P. + 4.75 m . Overstroming van de binnenstad kan gebeuren als de constructies te laag zijn of als de poort niet is afgesloten en het water het straatniveau bereikt (N.A.P. + 4.14 m) . Het niet afsluiten van de poort kan gebeuren doordat de deur(en) en schotbalken defect zijn , doordat niemand de poort sluit of doordat de personen die de poort af willen sluiten dit fysiek niet kunnen doen .

De kademuren rond het havenbekken vormen de derde beschouwde constructie . De lengte van deze kademuren bedraagt ongeveer 150 m en ze hebben een minimale kerende hoogte van N.A.P. + 4.75m . In de winter worden de kademuren namelijk d.m.v. schotbalken

over de gehele lengte opgehoogd tot NAP + 5.50 m . In de zomer worden de schotbalken weggehaald en worden ze alleen geplaatst bij een stormwaarschuwing waarbij verwacht wordt dat de waterstand het voor Vlissingen geldende grenspeil zal overschrijden . Een overstroming via de kademuren kan als volgt gebeuren . In de winter is dit betrekkelijk eenvoudig uit leggen , alle schotbalken zijn geplaatst dus de opgehoogde constructie is te laag . In de zomer wordt dit iets ingewikkelder omdat nu de zo geheten bedieningsfouten moeten worden meegenomen . De opgehoogde kademuren worden overstroomd of de kademuren zonder ophoging worden overstroomd . Dit laatste kan alleen gebeuren als de waterstand boven NAP + 4.75 m komt en de kering wordt door een bedieningsfout niet opgehoogd .

Als laatste constructie van de Koopmanshaven wordt de aansluiting op de kademuren en het sluishoofd (Vissershaven) beschouwd . Deze constructie bevindt zich in zijn geheel op het Rondeel en bestaat voor een deel uit een schotbalken constructie met een kerende hoogte tot NAP + 5.50 m maximaal , het andere deel bestaat uit een betonnen muur met een vaste kerende hoogte tot NAP + 5.50 m . De overstroming van deze constructie lijkt veel op die van de kademuren met als bijkomend element de overstroming van de betonnen muur (zie verder kademuren) . Hiermee zijn alle constructies beschreven die de doorgaande waterkering rond de Koopmanshaven vormen .

Beschouw nu de Vissershaven . De Vissershaven wordt aan de zuid zijde beschermd door de Oranje dijk met een kerende hoogte tot minimaal NAP + 7.59 m . Overtopping van dit dijklichaam is slechts één van de vele bezwijkmechanismen . Het zou te ver voeren om op alle andere mogelijke mechanismen in detail in te gaan .

Als tweede constructie wordt de aansluiting tussen de dijk en het sluishoofd bekeken . Deze aansluitingsconstructie heeft een kerende hoogte tot NAP + 5.50 m en is voor een groot gedeelte in het dijklichaam opgenomen . Hierdoor is overtopping van deze constructie slechts één van de bezwijkmechanismen .

Als derde wordt de sluis in de toegang tot de Vissershaven bekeken . Sluishoofd en deuren hebben dezelfde kerende hoogte , NAP + 5.50 m . Overstroming van de binnenstad kan op verschil -

lende manieren gebeuren . Overstroming van de sluis leidt niet altijd direct tot overstroming van de binnenstad , het haven - bekken moet eerst gevuld worden voordat er water weg kan vloeien. Uit de golfoverslagberekeningen blijkt dat bij een kerende hoogte van NAP + 5.50m het volume water dat via de sluis binnenkomt het bergend volume van het bekken ver overtreft . Overstroming van de deuren en het sluishoofd leidt dus tot de overstroming van een deel van Vlissingen .

Als laatste worden dan de kademuren rond de Vlissingershaven bekeken . Deze kademuren maken in de winter geen deel uit van de primaire waterkering , de sluis is dan immers permanent gesloten . In de zomer als de sluis open staat maken ze wel deel uit van de kering .

Overstroming van de binnenstad kan als volgt gebeuren . Als in de zomer door een stormwaarschuwing de deuren dicht zouden moeten maar om welke reden dan ook ^{blijven} open, dan worden de kademuren overstromd als de waterstand boven NAP + 4.00 m komt . Als de deuren wel gesloten zijn dan kan nog een overstroming plaats vinden als het bekken geheel gevuld wordt door golf - overslag .

Deze beschrijving kan in een schematische vorm teruggevonden worden bij de foutenboom op bladzijde 16

Een nadere beschrijving en benadering van de bovengenoemde basisgebeurtenissen begint op bladzijde 19

Hydraulische randvoorwaarden

In het nu volgende komen de hydraulische randvoorwaarden aan de orde die betrekking hebben op de Koopmans - en Vissershaven . Deze betreffen met name het ontwerpstormvloedpeil en het golf - klimaat , zowel in de winter als in de zomer .

(1) : Ontwerpstormvloedpeil

Het ontwerpstormvloedpeil voor Vlissingen is het peil dat door de Delta - commissie is vastgesteld met een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar . Dit peil , NAP + 5.40 m geldt het gehele jaar door .

De volgende complicatie doet zich echter voor , de kerende hoogte van de waterkering is niet het gehele jaar constant . In de bestaande situatie worden in de zomer - periode (1 apr. tot 1 okt.) de schotbalken weggehaald . Het is de vraag of dit een aantasting van de veiligheid inhoudt .

Daar de verlaging van de kerende hoogte plaats vindt in de zomer kan men verwachten dat de stormen minder hevig zullen zijn . Metingen van de Rijkswaterstaat (Adviesdienst Vlissingen beamen dit , zie [1]) . Uit de dagelijkse hoogste hoogwaterstanden boven NAP + 2.70m in de periode 1880 - 1978 , tussen 1 april en 1 oktober , is de jaarlijkse overschrijdingsfrequentie H.H.W. samengesteld , zie fig. 7&8 . Deze lijn zal gebruikt worden bij de berekeningen in de zomerperiode , als de kerende hoogte is gereduceerd .

Ontwerpstormvloedpeil

N.A.P. + 5.40 m (winter)

N.A.P. + 3.97 m (zomer)

(2) : Buistooteffect

Een buistooteffect van 0.30 m waterstandsverhoging is overeenkomstig met het door de Delta - commissie opgestelde rapport .

Uit een oogpunt van veiligheid is aangenomen dat deze kortdurende waterstandsverhoging rond het tijdstip van hoogwater optreedt en dat de effectieve tijdsduur van de buistoot ongeveer 28 minuten bedraagt .

(3) : Zeespiegelrijzing en bodemdaling

In de ontwerphoogten moet rekening worden gehouden met een relatieve zeespiegel - rijzing van 0.20 m .

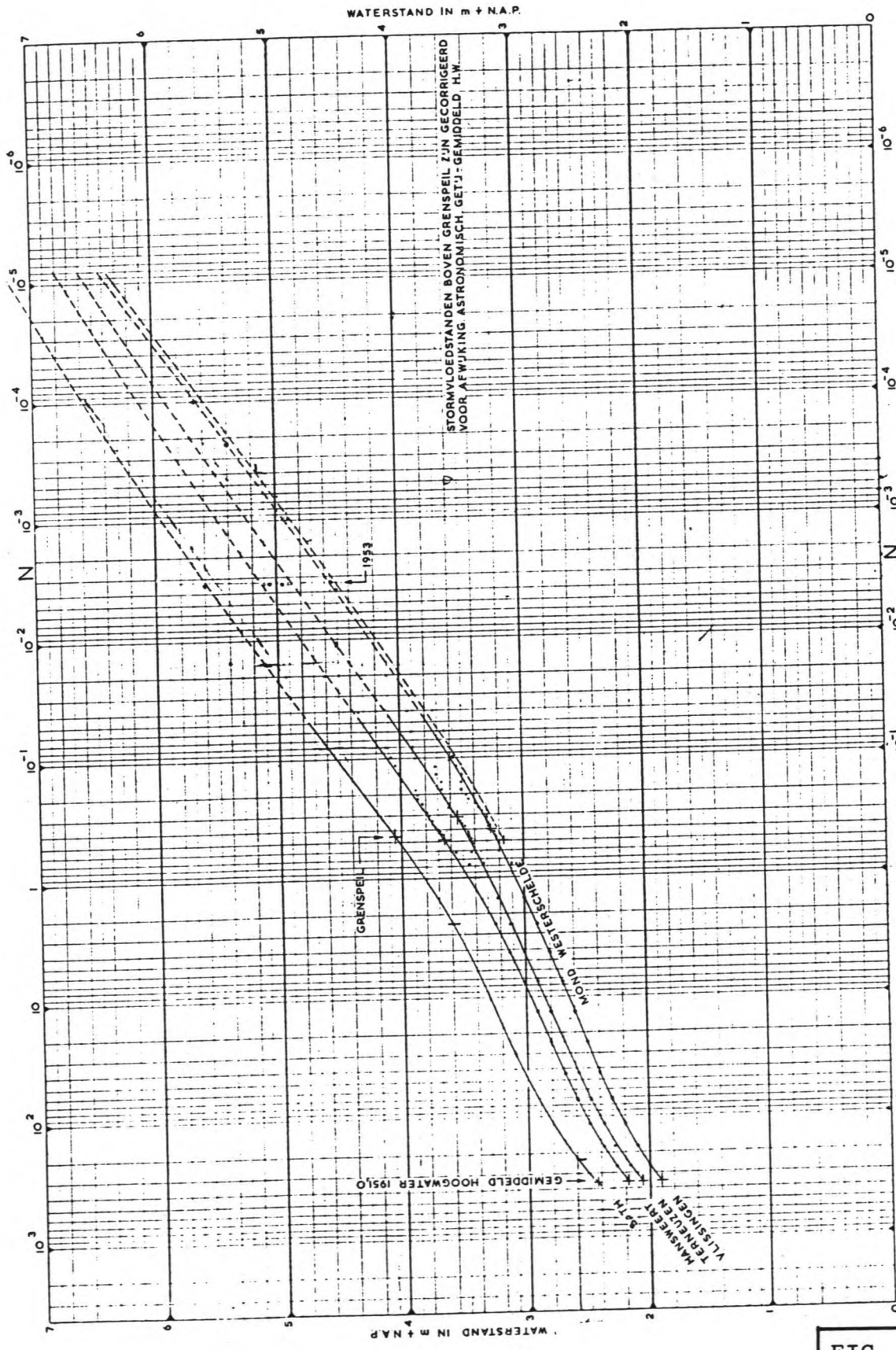


FIG. 7

Figuur 3.1.2. Overschrijdingslijnen van de hoogwaterstanden 1901-1950 langs de Westerschelde: Mond, Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Bath

NOTA WWKZ - 81.VO11

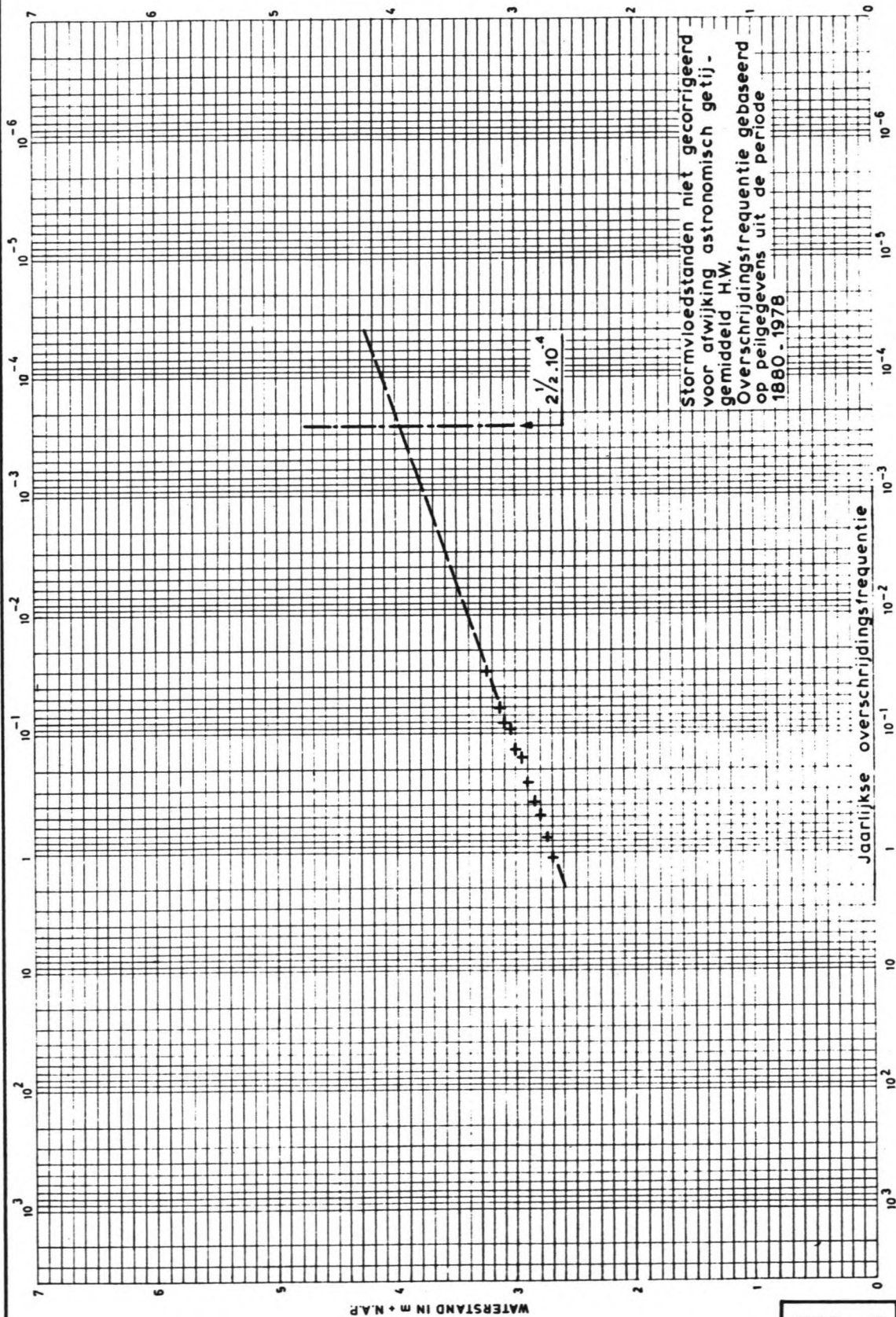


FIG. 8

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen	get. w.m.	
	gec. ξ .	
westerschelde - vliissingen jaarlijkse overschrijdingsfrequentie dagelijkse hoogste h.w. van 1april-1oktober	gez. ω .	schaal
	akk. <i>Willy</i>	A1 nr. 81.522

(4) : Golfvandvoorwaarden

De maatgevende significante golfhoogte van de aankomende golven ter plaatse van de monding van de Vissershaven , bij gesloten sluisdeuren , wordt voor de zomer ontwerpstormvloed geschat op $H_s = 0.90$ m en voor de winterstormvloed op $H_s = 1.15$ m .

De golfperioden verlopen tussen 9 en 11 s .

(5) : Golfoverslag

De toelaatbare hoeveelheid overslagwater in de binnenstad van Vlissingen die via de Koopmans - en Vissers - haven toestroomt , bedraagt 15000 m^3 zonder dat gekeken wordt naar de individuele bijdragen uit de beide bekkens .

Foutenboom

Mocht een van de constructies die deel uitmaken van de primaire kering bezwijken of zijn functie als waterkerend element verliezen dan zal een deel van Vlissingen overstroomd worden . Dit wordt dan ook als topgebeurtenis genomen .

Wil deze topgebeurtenis optreden dan kan dit , ruwweg , op drie verschillende locaties , te weten : via de Koopmanshaven en het naastliggende Rondeel of de Vissershaven .

De constructies die deel uitmaken van de primaire kering in dit gebied zullen geacht worden deel uit te maken van het beschouwde systeem (koopmanshaven - Rondeel - Vissershaven) , er zal gekeken moeten worden hoe en met welke kans van optreden binnen de gestelde randvoorwaarden , de constructie bezwijkt . Hiertoe moeten met betrekking tot de constructie een drietal aspecten beschouwd worden , te weten : de kerende hoogte , de sterkte alsook de bediening van sommige constructies . Geen van deze drie aspecten zijn eenduidig te noemen .

De kerende hoogte bijvoorbeeld kan bij de sluis overschreden worden zonder dat dit direct tot overstroming van het achterliggende gebied leidt , aangezien het bekken van de Vissershaven als buffer dienst kan doen . Ook kan men een zeker " overslag " volume accepteren bij de maatgevende ontwerp - storm .

De sterkte is misschien complexer omdat invloeden van de randvoorwaarden niet altijd kwantitatief zijn weer te geven . Te denken valt aan golfklappen , achteruitgang van de sterkte door veroudering , maar ook aan de uitgangspunten bij het toenmalig ontwerp . De sluis , gebouwd in 1856 , maakte tot 1953 geen deel uit van de primaire kering . Ook de uitschuring ten gevolge van schroefstromen ter plaatse van de damwanden zijn van invloed op de sterkte en stabiliteit .

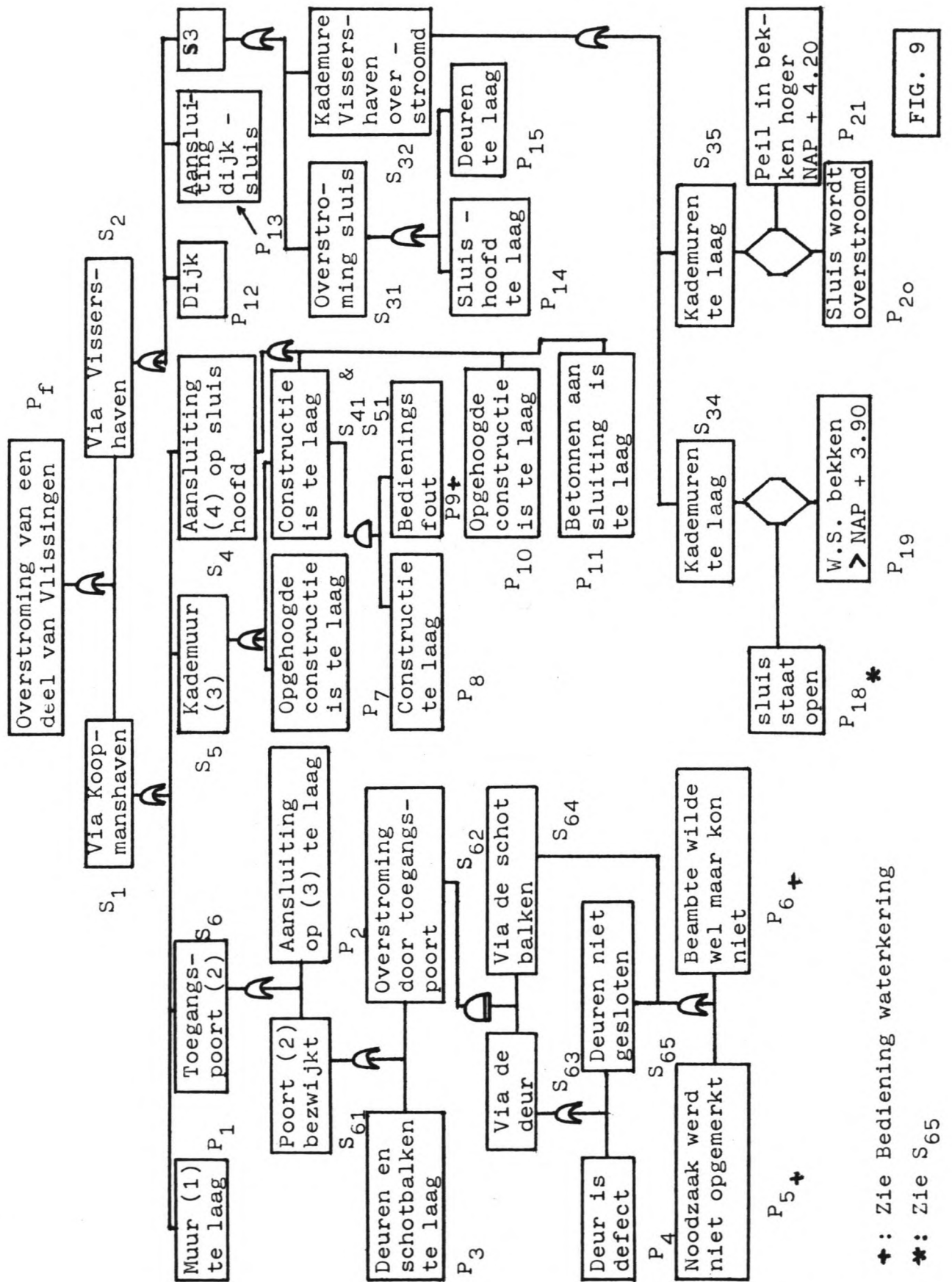
De bediening is van dit drietal het moeilijkst te kwantificeren , ook het onderhoud van de constructie is van belang . ^{zij} bediening moet gedacht worden aan : het tijdig afsluiten van de toegang tot de Vissershaven (sluis) , het tijdig aanbrengen van de schotbalken , vooral in de zomer als ze zijn weggehaald , alsook het sluiten van de toegangspoort tot de Koopmanshaven bij stormwaarschuwingen in zomer en winter .

Om nu de bezwijkkans van het systeem te kunnen analyseren zal gebruik gemaakt worden van een foutenboom . Hiertoe zullen enige schematisaties en aannamen gedaan moeten worden . Ten eerste is daar de topgebeurtenis zoals op de vorige bladzijde vermeld is ; deze topgebeurtenis kan optreden doordat op een aantal locaties de kering zijn functie heeft verloren . Hier zullen slechts twee locaties beschouwd worden , de Koopmans - en Vissershaven . Alle andere locaties blijven buiten beschouwing .



Er is gekozen voor bovenstaande tweesplitsing op grond van het volgende . Als de constructies rond de Koopmanshaven bezwijken dan treedt de topgebeurtenis direct op . Bij de Vissershaven hoeft dit niet direct op te treden aangezien het bekken als bufferdienst kan doen .

Verder moet rekening worden gehouden met het verschil in de hydraulische randvoorwaarden tussen zomer - en winter omstandigheden . Ook zijn er verschillen in de bediening van de waterkering , zo zijn in de zomer de schotbalken weggehaald en is de sluis opengezet . Dit houdt in dat de kerende hoogte bij de Koopmanshaven 0.75 m wordt verlaagd en 1.30 m tot 1.50 m bij de Vissershaven . De grote achteruitgang in kerende hoogte van de primaire waterkering komt omdat nu de kademuren rond de haven dienst gaan doen als kering . De kerende hoogte van deze kademuren varieert tussen NAP +4.00 m en + 4.20 m .



†: Zie Bediening waterkering

*: Zie S₆₅

FIG. 9

Bestaande situatie

Het zal duidelijk zijn dat de bestaande situatie niet voldoet aan het volgens de Delta - commissie vastgestelde veiligheids - criterium ; voldoende veiligheid kunnen garanderen bij het ontwerpstormvloedpeil met een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar .

Nergens komt de kerende hoogte van een constructie boven NAP + 5.50 m uit , terwijl het ontwerpstormvloedpeil op NAP + 5.40 ligt . Hierbij komt nog o.30 m t.g.v. buistooteffecten en o.20m voor de relatieve zeespiegelrijzing . Totaal en zonder rekening te houden met golfoverslag dient de kerende hoogte minimaal op NAP + 5.90 m te liggen . Aangezien er een maximum wordt gesteld aan het overslagvolume zal de kerende hoogte dus boven het eerder genoemde peil van NAP + 5.90 m moeten liggen .

Analyse bestaande situatie

Met behulp van de eerder opgestelde foutenboom zal getracht worden een faalkans voor het beschouwde systeem te berekenen . In eerste instantie zal met een sterk vereenvoudigd model gerekend worden , met de volgende veronderstellingen:

- (1) : De sterkte van de verschillende constructies is voldoende , zodat de kans op bezwijken t.g.v. de sterkte nul is (P_b (sterkte) = 0) .
- (2) : Het golfoverslagvolume blijft buiten beschouwing , aangenomen wordt dat er voorzieningen zijn om de wateroverlast af te laten vloeien voordat dit richting binnenstad wegstroomt .
- (3) : De kerende hoogte van een constructie wordt als deterministisch aangenomen .
- (4) : De zomer - en winterperiode worden elk afzonderlijk doorgerekend .
- (5) : De sluis zal gesloten worden als een overschrijding van het grenspeil , NAP + 3.27 , verwacht wordt . Dit geldt alleen voor de zomerperiode aangezien de sluis in de winter gesloten is .

- (6) : In de zomerperiode wordt uit oogpunt van maatschappelijke - en toeristische aanvaardbaarheid een lagere kerende hoogte wenselijk geacht . Door het weghalen van de schotbalken wordt de kerende hoogte tot NAP + 4.75 teruggebracht .
- (7) : Aangenomen wordt dat in de winterperiode door controle en onderhoud van de kering ervoor gezorgd wordt dat alle schotbalken aanwezig zijn en in goede staat verkeren .
- (8) : In het winterseizoen wordt het peil in het bekken van de Vissershaven op N.A.P. gehouden . Het effectieve kombergingsoppervlak van het bekken bedraagt 12500 m² .

Een en ander komt tot uitdrukking in de foutenboom (zie fig. 9) waar voor de eenvoud en overzichtelijkheid de gebeurtenissen die bij beide situaties (zomer en winter) nul zijn , zijn weggelaten .

De basisgebeurtenissen zijn als P_i genoteerd , complexe subsystemen als S_{jk} .

Er wordt nu getracht om voor elke basisgebeurtenis een goede benadering , in de vorm van een kans , weer te geven .

Beschrijving basisgebeurtenissen

Het falen van de waterkering wordt veroorzaakt doordat delen van deze kering falen . Dit falen kan ruwweg in drie delen gesplitst worden : een onderdeel faalt op sterkte , een onderdeel faalt omdat het niet hoog genoeg is of een onderdeel faalt omdat er een bedieningsfout gemaakt wordt .

Zoals al eerder is vermeld blijft het falen t.g.v. sterkte buiten beschouwing .

Nu zullen verder de basisgebeurtenissen beschreven gaan worden, indien niet te ingewikkelde berekeningen uitgevoerd moeten worden zal de kans op die gebeurtenis direct vermeld worden .

P_1 Zoals al eerder is vermeld wordt voorlopig geen rekening gehouden met het overslagvolume . Deze kans , P_1 , is de kans dat de buitenwaterstand hoger komt dan de kerende hoogte . De kerende hoogte reikt tot NAP + 4.75 , verder moet rekening worden gehouden met het buistooteffect van 0.30 m (dit wordt geacht op te kunnen treden tijdens de maatgevende omstandigheden) . Gesteld kan worden dat de muur wordt overstroomd als het stormvloedpeil NAP + 4.45 overschrijdt . De kans hierop is in winter - en zomer omstandigheden verschillend . Uit fig.7&8 kan voor de jaarlijkse overschrijdingsfrequentie gevonden worden :

$$\text{winter} \quad f_w = 10^{\left[\frac{-(H - 3.0758)}{0.6453} \right]}$$

$$\text{zomer} \quad f_w = 10^{\left[\frac{-(H - 2.70)}{0.3526} \right]}$$

waarbij H het stormvloedpeil in m + NAP voorstelt . Dus als $H = 4.45$ dan is $P_{\text{H}} = P (ws \geq 4.45 +)$ en dus ook

$$P_1 = f (H = 4.45)$$

$$\text{winter} : P_1 = 7.42 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{zomer} : P_1 = 1.0879 \cdot 10^{-5}$$

P_2 Deze kans heeft betrekking op een betonnen muur die de afscheiding vormt tussen de straat en het haventerrein , hierin is ook de toegangspoort opgenomen . Verder verzorgt deze constructie de aansluiting op de kademuren rond de Koopmanshaven . De kerende hoogte komt tot NAP + 4.75 zo -

dat de kans op overstroming dezelfde is als voor P_1 .

$$\text{winter} : P_2 = 7.42 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{zomer} : P_2 = 1.0879 \cdot 10^{-5}$$

P_3 Deze kans heeft betrekking op een afgesloten toegangspoort. De poort wordt gesloten d.m.v. twee kleine deuren waarachter nog een aantal schotbalken geplaatst worden zodat de zelfde kerende hoogte wordt bereikt . Deze bedraagt NAP + 4.75 zodat de kans op overstroming dezelfde is als bij P_1 .

$$\text{winter} : P_3 = 7.42 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{zomer} : P_3 = 1.0879 \cdot 10^{-5}$$

P_4 Deze kans is niet aan een hoogte te relateren maar wordt bepaald door inspectie en onderhoud alsook door menselijk falen . De hier gezochte kans is die kans dat ten tijde van een storm de deuren niet dicht zijn , ongeacht de oorzaak . Het zou echter in de beschrijving te ver voeren om deze kans te beschrijven vandaar dat verwezen wordt naar een apart stuk , toegangspoort geheten .

$$\text{winter} P_4 = 2.181 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{zomer} P_4 = 1.949 \cdot 10^{-5}$$

P_5 Deze kans kan evenmin aan een hoogte gerelateerd worden , de gezochte kans is de kans dat de verantwoordelijke instantie de noodzaak tot sluiten niet opmerkt zodat geen actie wordt ondernomen . Ook hiervoor wordt verder naar het stuk toegangspoort verwezen .

$$\text{winter} P_5 = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{zomer} P_5 = 5 \cdot 10^{-3}$$

P_6 Deze kans heeft betrekking op de bediening van de waterkering , ook voor de benadering van deze kans is een apart stuk , bediening geheten . Nog een paar opmerkingen m.b.t. de foutenboom , de kansen S_{65} en P_9 zijn identiek aangenomen voor het geval van de deuren en het geval van de schotbalken . De achterliggende gedachte is dat dezelfde man / ploeg beide handelingen zal verrichten

winter $P_6 = 5.63 \cdot 10^{-5}$ (ploeg van twee man)
zomer $P_6 = 4.18 \cdot 10^{-6}$ (ploeg van vijf man)

P_7 Deze kans heeft betrekking op de kademuren rond de Koop - manshaven . De kans wordt voor zomer en winter bepaald voor de opgehoogde constructie , de kerende hoogte komt dan tot NAP + 5.50 (effectief dus + 5.20)

winter $P_7 = 5.1074 \cdot 10^{-4}$
zomer $P_7 = 8.12 \cdot 10^{-8}$

P_8 Deze kans heeft op dezelfde constructie betrekking als genoemd bij P_7 . Het enige verschil is nu dat de schotbalken zijn weggehaald zodat de constructie een kerende hoogte heeft van NAP + 4.75 . Aangezien in de winter de schotbalken permanent aanwezig zijn is deze kans nul . Overschrijding van het nivo NAP + 4.75 leidt in winteromstandigheden niet tot falen van de kering .

winter $P_8 = 0$
zomer $P_8 = 1.0879 \cdot 10^{-5}$

P_9 Hoewel geen echte basisgebeurtenis , hier toch als zodanig genoemd . Dit is gedaan om een onderscheid aan te geven tussen zomer en winter . In de winter is de kans op een bedieningsfout 0 , er is dan geen bediening van de waterkering nodig , de schotbalken blijven de gehele tijd op hun plaats . In de zomer wordt deze kans bepaald door P_5 en P_6 volgens : $P_9 = 1 - (1 - P_5)(1 - P_6)$.

winter $P_9 = 0$
zomer $P_9 = 5.0042 \cdot 10^{-3}$

P_{10} Deze kans heeft betrekking op een deel van de constructie die de aansluiting verzorgt tussen de kademuren en het sluishoofd . Van belang is de constructie die d.m.v. schotbalken opgehoogd kan worden , de kerende hoogte be draagt dan NAP + 5.50 .

winter $P_{10} = 5.1074 \cdot 10^{-4}$
zomer $P_{10} = 8.12 \cdot 10^{-8}$

- P₁₁ Dit is nu het andere deel van bovenstaande constructie en wel een betonnen muur die aansluit op het sluishoofd . De kerende hoogte is dan NAP + 5.50 .
 winter $P_{11} = 5.1074 \cdot 10^{-4}$
 zomer $P_{11} = 8.12 \cdot 10^{-8}$
- P₁₂ De faalkans van een dijklichaam wordt opgebouwd uit vele bezwijkmechanismen , waarvan het overschrijden van de kerende hoogte er één is . Aangezien dit dijklichaam in overeenstemming met de Delta - normen is gebouwd wordt een bezwijkkans van $2.5 \cdot 10^{-4}$ zeker onderschreden . Om deze kans nu hieraan gelijk te stellen houdt een zeer grove benadering in , uiteraard aan de veilige kant .
 winter $P_{12} = 2.5 \cdot 10^{-4}$
 zomer $P_{12} = 2.5 \cdot 10^{-4}$
- P₁₃ Dit betreft de constructie die de aansluiting van het dijklichaam op het sluishoofd verzorgt en daarmee de doorgaande kering vormt op NAP + 5.50 . Aangezien deze constructie voor een groot gedeelte in het dijklichaam is opgenomen kan in de zomer omstandigheden de kans tgv overschrijding van de kerende hoogte verwaarloosd worden t.o.v. de faalkans van het dijklichaam . In winter omstandigheden is het net omgekeerd , de kans op overschrijding van de kerende hoogte is nu groter dan de faalkans van de dijk . Hoewel de faalkans van het dijklichaam mede bepalend is voor de faalkans van de aansluiting wordt hier in eerste instantie slechts met de kerende hoogte rekening gehouden , temeer dat de aangenomen faalkans van het dijklichaam erg overschat wordt .
 winter $P_{13} = 5.1074 \cdot 10^{-4}$
 zomer $P_{13} = 2.5 \cdot 10^{-4}$
- P₁₄ De sluis maakt deel uit van de doorgaande kering op NAP + 5.50 . Zowel het sluishoofd als de deuren hebben dezelfde kerende hoogte , de beschouwde kans heeft dan betrekking op een overschrijding van de kerende hoogte .

$$\begin{aligned} \text{winter } P_{14} &= 5.1074 \cdot 10^{-4} \\ \text{zomer } P_{14} &= 8.12 \cdot 10^{-8} \end{aligned}$$

P_{15} Zoals al bij de voorgaande kans is gezegd hebben sluishoofd en deuren dezelfde kerende hoogte , hier worden de deuren beschouwd .

$$\begin{aligned} \text{winter } P_{15} &= 5.1074 \cdot 10^{-4} \\ \text{zomer } P_{15} &= 8.12 \cdot 10^{-8} \end{aligned}$$

P_{16} Deze kans heeft betrekking op de toegangspoort in de Koopmanshaven en in het bijzonder op de ligging van het straatnivo in de poort . Aangezien een overstroming pas kan optreden als zowel de deuren als de schotbalken niet op hun plaats zijn en de waterstanden boven het straatnivo komen , is deze kans van groot belang . Het maaiveld t.p.v. de poort ligt op NAP + 4.14 .

$$\begin{aligned} \text{winter } P_{16} &= 6.5425 \cdot 10^{-2} \\ \text{zomer } P_{16} &= 5.8462 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

P_{18} Deze kans heeft betrekking op het falen van de sluitingshandeling . Voor dat deel dat bepaald wordt door een bedieningsfout wordt verwezen naar P_9 . Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat de deuren niet dicht kunnen door slibafzetting , obstakels die de sluiting belemmeren , een defect in het sluitingsmechanisme , etc . Dit alles wordt in eerste instantie verwaarloosd . Deze kans is in de winter gelijk aan nul , de sluis is immers gesloten .

$$\begin{aligned} \text{winter } P_{18} &= 0 \\ \text{zomer } P_{18} &= 5.0042 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

P_{19} Dit is de kans op de overschrijding van een peil van NAP + 3.90 . De kademuren rond de Vissershaven hebben een kerende hoogte van NAP + 4.20 . Als hiervan o.30 m t.g.v. de buistoten wordt afgetrokken komt de kerende hoogte op NAP + 3.90 m . (zie volgende blz .)

P_{20} De sluis vormt een doorgaande kering op NAP + 5.50 , rekening houdend met het buistooteffect komt de effectieve

kerende hoogte op NAP + 5.20 . Deze kans houdt dan de
overschrijding in van dit nivo .

$$\text{winter } P_{20} = 5.1074 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{zomer } P_{20} = 8.12 \cdot 10^{-8}$$

P_{21} Dit is de enige kans waar , in tegenstelling tot het ge -
stelde , rekening zal worden gehouden met het overslag -
volume . Al dit water komt dan in het afgesloten bekken
van de Vissershaven terecht . Zoals uit de gemaakte golf -
overslag berekeningen volgt blijkt dat ^{bij} een kerende hoogte
van NAP + 5.50 het totale golfoverslag volume bij de sluis
het bergingsvolume van het havenbekken te overtreffen ,
zodat enigszins vertraagd toch een overstroming plaats
zal vinden . Dit is echter niet het geval in de zomer .
De kans op overstroming doordat het bekken door overslag
gevuld raakt is kleiner dan de kans dat de sluisdeuren
worden overstroomd .

$$\text{winter } P_{21} = 1$$

$$\text{zomer } P_{21} = 10^{-8}$$

$$P_{19} \text{ winter } P_{19} = 5.282 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{zomer } P_{19} = 3.949 \cdot 10^{-4}$$

De bediening van de waterkering

Zoals al eerder is vermeld wordt voor de kering onderscheid gemaakt tussen winter - en zomer omstandigheden , niet alleen vanwege veranderingen in hydraulische belastingen alsook t.g.v. de gereduceerde kerende hoogte .

In de winterperiode (1/10 - 1/4) zijn alle schotbalken geplaatst en de sluis is en blijft gesloten . Het enige element in de kering dat bediend moet worden is de toegangspoort tot de Koopmanshaven . De poort moet gesloten worden als een overschrijding van het grenspeil (NAP + 3.27) wordt verwacht . In de zomerperiode (1/4 - 1/10) is de sluis geopend , zijn de schotbalken verwijderd en is de toegangspoort geopend . Ook nu weer dient alles als in winteromstandighedenⁿ aanwezig te zijn bij een verwachte overschrijding van het grenspeil dat eveneens voor zomer en winter geldt .

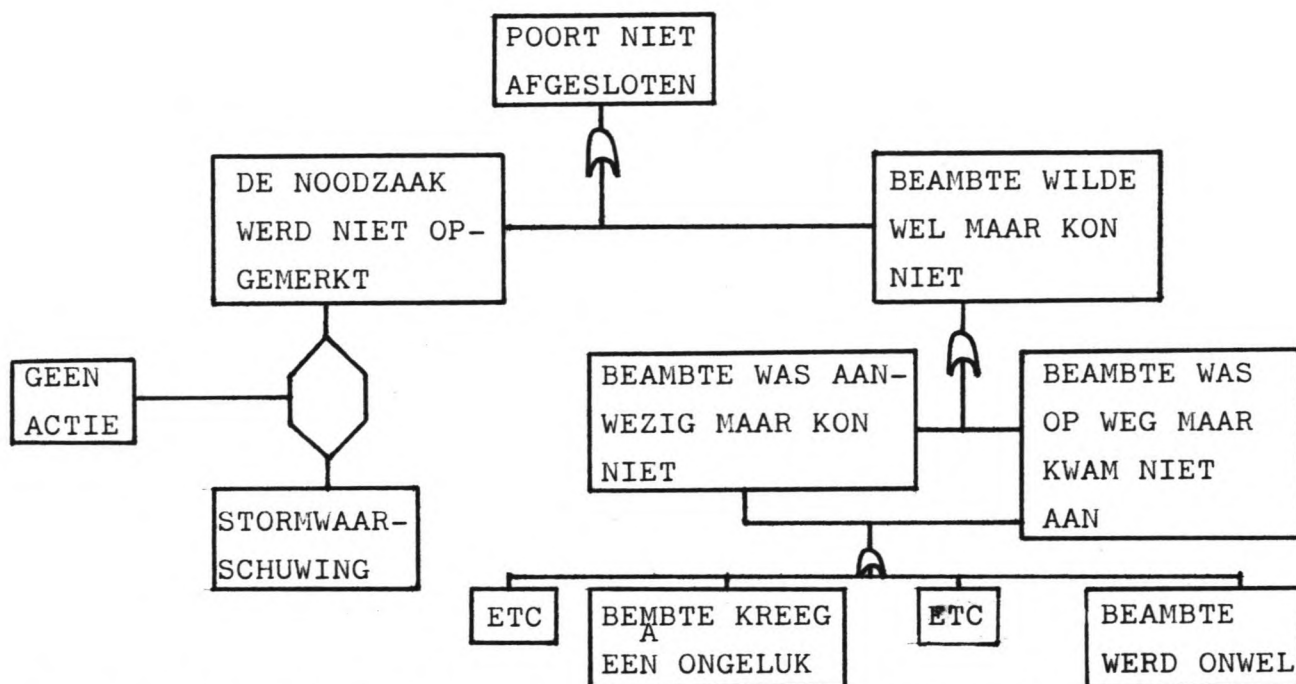
Gezien het weinig frequent voorkomen van bovengenoemde handelingen is het begrijpelijk dat er geen personeel permanent aanwezig is en ook geen sluiswachter , zij zullen dan opgeroepen moeten worden .

Hiermee wordt een extra risico geïntroduceerd , de mensen die in zomeromstandigheden de schotbalken moeten plaatsen , de toegangspoort afsluiten en schotbalken achter de deuren plaatsen en de sluis sluiten kunnen onderweg een ongeluk krijgen , niet bereikbaar zijn , etc. . Aangezien bovenstaande handelingen door meerderen verricht moeten worden is de kans dat de waterkering faalt t.g.v. een bedieningsfout vrij klein te noemen . In de winter ligt dit anders . Om een poort te sluiten en eventueel schotbalken aan te brengen volstaat^{men} met één man . De kans dat deze man een ongeluk krijgt is groter (in de winter kan er sneeuw en ijs op straat liggen , slecht weer , etc) dan bij zomeromstandigheden terwijl nu de kering wel faalt als hij de poort niet kan sluiten .

Het probleem is nu om deze kans af te schatten . Er zijn een aantal methodes mogelijk . De simpelste is om erachter proberen te komen hoeveel keren in de levensduur het fout is gegaan . Daarnaast op andere plaatsen met soortgelijke situaties eveneens naar hetzelfde informeren . Lukt dit niet , want het is

nog nooit voorgekomen , dan zouden verder kunnen informeren of het misschien ooit bijna fout is gegaan . Dit alles geeft een indicatie van de gezochte kans .

Daarnaast kan men kijken naar wat er eigenlijk gebeurt als er iets fout gaat . Neem hier als voorbeeld dat de toegangspoort niet wordt afgesloten .



Bovenstaande is slechts een grove schets van wat er kan gebeuren als één man al dan niet wordt uitgestuurd om een poort te sluiten . Om dan iets te kunnen zeggen over de kans op het niet sluiten van de poort moeten alle basisgebeurtenissen worden onderzocht . Uiteenlopende van de kans op een defecte communicatie t.a.v. het doorgeven van stormwaarschuwingen bij de verantwoordelijke instantie tot een persoon die zo onwel wordt dat hij zijn taak niet kan vervullen . Informatie over dit soort zaken is erg schaars .

Er is echter een artikel gepubliceerd (zie [4]) waarin iets over dit soort kansen gezegd wordt . Hierin wordt voor een [†]soorgelijke situatie (een sluis in Vlaardingen) gesteld dat de verhouding tussen het niet opmerken van de noodzaak tot sluiten en het feit dat de man de kering niet sluit 4 : 6 is . Deze getallen worden zomaar genoemd zonder dat de juistheid op welke manier dan ook wordt aangetoond . Het klinkt aannemelijk dat de kans op fouten bij een gespecialiseerde dienst

kleiner is dan de kans dat een man , in barre weersomstandigheden , een ongeluk krijgt . Het hangt van de dienst af hoe groot de verhouding wordt . Aan de andere kant speelt ook de ligging een rol . Moet de man die de poort gaat sluiten dwars door drukke straten en/of wegen rijden om de plaats van bestemming te bereiken of kan hij op de plaats van bestemming komen via een "stil" fietspad . De kans op een ongeluk is nu niet meer in beide gevallen gelijk .

Door gebrek aan iets beters en de moeilijkheden die ontstaan om elke kans uit te zoeken zal hier ook de verhouding 4 : 6 worden aangehouden .

De kans nu dat de waterkering faalt t.g.v. een bedieningsfout wordt opgebouwd uit de kans dat de noodzaak niet wordt opgemerkt en een soort persoonlijk falen .

Beschouw eerst de kans dat de verantwoordelijke instantie de noodzaak tot sluiten niet opmerkt . Daartoe moet bij een stormwaarschuwing met een verwachte overschrijding van het grenspeil geen actie worden ondernomen . Met als resultaat dat er niemand wordt uitgestuurd om de kering te sluiten of op te hogen . Er kan gesteld worden dat dit in 99 van de 100 gevallen tot actie zal leiden . Het niet in actie komen bij een stormwaarschuwing moet dan gelijktijdig optreden met de verwachte overschrijding van het grenspeil , zodat de kans dat de noodzaak niet wordt opgemerkt op $0.01 * 0.50 = 0.005$ gesteld kan worden .

De verhouding $P_{\text{sluiting}} : P_{\text{beambte}} = 4 : 6$ aanhoudend kan dus gesteld worden dat een beambte om welke reden dan ook de poort niet sluit een kans op voor komen heeft van :

$$P_b = 6/4 \cdot P_{sl}$$

$$P_b = 6/4 \cdot 1/200$$

$$P_b = 3/400$$

De kans dat de deuren niet worden gesloten is bij benadering :

$$P_d = 1 - (1 - 1/200) \cdot (1 - 3/400)$$

$$P_d \cong 1/80$$

Er is in het voorafgaande stuk alleen maar naar het sluiten van de toegangspoort gekeken en er is slechts terloops meegedeeld dat er achter de poort ook schotbalken geplaatst moeten worden .

In de zomer echter moeten bij een stormwaarschuwing de schotbalken op de kademuren geplaatst worden . M.b.t. een bedieningsfout op dit gebied kan gesteld worden dat er hetzelfde als voor de toegangspoort geldt . De noodzaak tot plaatsen , van de schotbalken wel te verstaan , moet opgemerkt worden en er moeten dan mensen op uitgestuurd worden (aangenomen wordt dat één^{man} niet tijdig 150 m kademuur over een hoogte van 0.75m kan verhogen) die om welke reden dan ook hun taak niet kunnen vervullen .

Voor het grootste deel van de ongelukken maakt het niets uit of de man de poort moet sluiten of schotbalken moet aanbrengen (wat trouwens ook bij de poort moet gebeuren) .

Op grond hiervan wordt gesteld dat de kans op falen van één persoon eveneens $3/400$ is , ongeacht de taak die hij moet vervullen .

Een ander belangrijk aspect is het aantal mensen dat uitgestuurd wordt om de kering te sluiten en op hoogte te brengen . Zoals al eerder vermeld kan in de winter de poort door één man afgesloten worden , het functioneren van de kering hangt dan van alleen deze man af . Dat dit een gevaarlijke situatie is behoeft niet verder toegelicht te worden .

In zomeromstandigheden gebeurt iets soortgelijks , alleen nu moeten alle schotbalken rond de koopmanshaven in een beperkte tijd aangebracht worden . Er kan nu niet met een man worden volstaan , er moet een ploeg uitgestuurd worden .

Het volgende probleem is dan hoe groot deze ploeg moet zijn en hoeveel mensen zijn er minstens nodig om het karwei te klaren . Om dit goed te kunnen beantwoorden moet rekening worden gehouden met het tijdstip waarop aangevangen wordt t.o.v. het verwachte Hoogwater .

Om dit soort problemen te omzeilen wordt gesteld dat het aanvangstijdstip zodanig gekozen moet worden dat een aantal mensen (vrij te kiezen) het karwei nog tijdig kunnen klaren . Het aanvangstijdstip staat dan in nauwe relatie tot het verwachte werktempo van de ploeg . De kans dat één persoon uit zo'n ploeg faalt is $3/400$ (= P_m) .

Voorbeeld

Er wordt een ploeg van 5 mensen op uitgestuurd (dit aantal

is willekeurig gekozen) hiervan moeten minstens drie mensen in staat zijn om hun taak te vervullen . Het gaat dus mis als 3 of meer ploegleden uitvallen . De kans op deze gebeurtenis kan m.b.v. de binomiaal - verdeling uitgerekend worden .

Als x het aantal uitvallers voorstelt dan geldt :

$$P_b = P(x=3) + P(x=4) + P(x=5)$$

$$\text{met } P(x=k) = \binom{n}{k} p^k \cdot (1-p)^{n-k}$$

waarbij :

n - totale aantal

k - beschouwd aantal

p - de kans op individueel falen (3/400)

In dit voorbeeld dus

$$P_b = \sum_{k=3}^5 \binom{5}{k} p^k \cdot (1-p)^{5-k}$$

$$P_b = 10 (3/400)^3 \cdot (397/400)^2 + 5(3/400)^4 \cdot (397/400) + 1(3/400)^5 \cdot 1$$

$$= 4.18 \cdot 10^{-6}$$

(P_b is de kans op een bedieningsfout)

Invloed van de ploeggrootte op de bedieningsfaalkans in zomer - omstandigheden .

Ploeggrootte	3	4	5	6
Bedieningsfout (P_b)	$2.23 \cdot 10^{-2}$	$3.34 \cdot 10^{-4}$	$4.18 \cdot 10^{-6}$	$4.69 \cdot 10^{-8}$

Dit is echter de bedieningsfaalkans t.a.v. werkzaamheden . De kans dat een constructie te laag is t.g.v. een fout in de bediening wordt mede bepaald door de opmerkzaamheid van de verantwoordelijke instantie . De kans dat hier iets misgaat is gesteld op 1/200 .

De kans dat de waterkering niet op hoogte wordt gebracht is :

$$P_f = 1 - (1 - 1/200) \cdot (1 - P_b)$$

Het blijkt duidelijk dat al bij een groep van 5 mensen de faalkans m.b.t. bediening voornamelijk door de opmerkzaamheid van de verantwoordelijke instantie wordt bepaald .

Na al de verrichte exercities nog een kritische noot .

De zwakte van de gemaakte veronderstelling , opmerkzaamheid :
: bedieningsfout 1 man = 4 : 6 blijkt duidelijk uit het volgende . Door beide kansen te correleren kan nu gesteld worden dat

een beter functionerende dienst de kans dat een man zijn taak niet kan vervullen alleen maar verkleint . Dat dit niet zo is kan duidelijk aangetoond worden . Stel dat de kans op fouten (communicatie) bij de dienst 0 is , dit houdt dan in dat de faalkans van één man $6/4 \cdot 0 = 0$, terwijl de beste man nog altijd over dezelfde drukke route moet rijden . Ondanks het falend model kunnen wel een aantal uitspraken gedaan worden :

- zomeromstandigheden : gezien de vele werkzaamheden is het raadzaam om een grote ploeg uit te sturen om de poort te sluiten en schotbalken aan te brengen .
- winteromstandigheden : hoewel één man het karwei kan klaren is het uit veiligheidsoverwegingen aan te raden er minstens 2 man op uit te sturen
- een alerte dienst kan nooit kwaad .

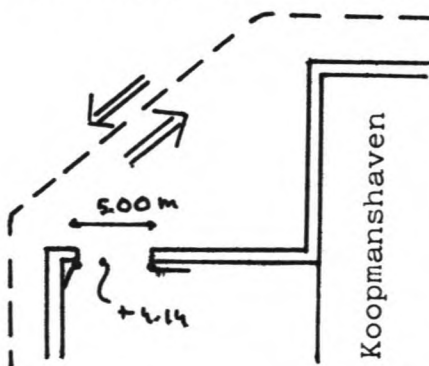
Toegangspoort

In het nuvolgende wordt getracht om een gefundeerde schatting te maken van de kans dat de overstroming van de binnenstad door de toegangspoort plaatsvindt . Dit kan gebeuren doordat de toegangspoort niet tijdig is afgesloten , de deuren noch de schotbalken bevinden zich dan op hun plaats .

Dat de schotbalken niet geplaatst worden ligt grotendeels bij de bediening , er is dus niemand om ze te plaatsen . Hier moet wel vermeld worden dat de kans dat de schotbalken kapot zijn uiterst klein is . Als de schotbalken niet op hun plaats in de poort zijn worden ze in een afgesloten loods opgeslagen. Dat de deuren niet gesloten worden kan gebeuren als ze kapot zijn of als er niemand is om ze te sluiten . In het nuvolgende zal wat dieper worden ingegaan op het defect zijn van de deuren .

Zoals al eerder is vermeld hangt de kans op een defecte deur mede af van inspectie en onderhoud , die een mankement aan de deur tijdig kan signaleren en repareren . Het kan voorkomen dat de deur defect raakt tussen 2 inspectieronden in , het defect blijft dan een tijdlang onopgemerkt . Daarbij moet ook nog de noodzaak tot sluiten optreden wil dit een kritieke situatie opleveren . Uiteraard wordt hierbij aangenomen dat voorbijgangers , omwonenden en/of politie de schade niet opmerken en/of de verantwoordelijke instantie hier niet van op de hoogte brengen . Eveneens wordt aangenomen dat na een inspectie/onderhoudsbeurt de deuren weer goed kunnen functioneren .

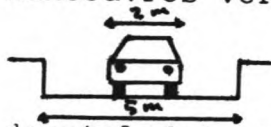
De belangrijkste schadeoorzaak is de kans op een aanrijding van de deuren en/of de scharnieren . Het quantificeren van deze kans is ingewikkeld .



Een voertuig dat de haven wil verlaten heeft een heel beperkt uitzicht op de weg en het aankomende verkeer . Verwacht mag worden dat de snelheid van de voertuigen bij het passeren van de poort laag zal zijn. Dit gekombineerd met het belemmerde uitzicht maakt dat er heel voorzichtig gereden moet worden .

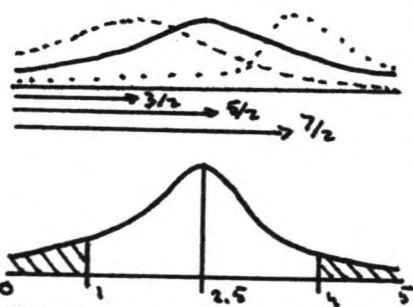
De kans op een aanrijding van de deuren bij verkeer dat de ha - ven in wil rijden is waarschijnlijk kleiner.

Het uitzicht wordt nu nergens belemmerd terwijl ook nu desnel - heden laag zullen zijn , net voor de haven is er een scherpe bocht in de weg , terwijl het inrijden van de haven nog enige manoeuvres vergt .



Voor de poort wordt een soort "gemiddeld" voer - tuig genomen met een breedte van 2 m . Veron - derstel dat er helemaal niets bekend is m.b.t. het rijgedrag , dan kan gesteld worden dat als men door de poort wil rijden maar verder geen auto kan besturen de kans op een aanrijding van de poort globaal 0.4 is (een 2 m brede auto door een poort van 5 m breedte) . Dit kan echter nooit de gezochte kans zijn, 2 van de 5 passerende voertuigen komen ermee in aanraking . Een benadering met een uniforme kansverdeling voldoet niet . Beschouw dan het rijgedrag . Een persoon achter het stuur ge - zeten van een voertuig moet zijn visuele informatie omzetten in een snelheid en een stuurstand . Deze persoon zal bij het in - of uitrijden van de poort zijn voertuig zoveel mogelijk door het midden proberen te sturen . De plaats van het voertuig in de poort wordt dan als stochast met een normale verdeling aangenomen (de plaats van de auto in de poort is het gevolg van vele handelingen die als normaal verdeeld worden aange - nomen) . Het probleem hier is dat de auto t.o.v. zijn syme -

trie - as afmetingen in de breedte heeft (1 m wordt aangenomen) . En eigenlijk zijn het deze randen van de auto die in aanraking met de poort ko - men . De auto kan door een punt ver - vangen worden , als dit punt echter binnen 1 m van de rand van de poort komt dan wordt de auto geacht in aan - raking met de poort te zijn gekomen . De keuze van het gemid - delde ligt erg voor de hand , het midden van de poort ofwel $\mu = 2.5$, de niet gewenste situatie treedt op als $x \leq 1$ of $x \geq 4$ is . De laatste parameter die geschat moet worden opdat de aan - rijdingskans bepaald kan worden is de standaardafwijking σ . Het kan echter ook anders .



Door informatie bij de beheerder van de waterkering is geble -

ken dat geen schade-gevallen t.g.v. aanrijding van de poort bekend zijn uit de uit de laatste 30 jaar . Daarmee kan gesteld worden dat de frequentie van aanrijden wel eens kleiner dan 1/30 per jaar zou kunnen zijn . Een verkeersaanbod van 1000 voertuigen per jaar (ongeveer 3 per dag) is extreem laag te noemen , maar voldoende illustratief .

Geen van de 1000 passerende voertuigen mag de poort raken :

$$P_f = 1 - (1 - P_{\text{aanrijdingskans}})^{1000} = 1/30 \text{ per jaar}$$

$$\text{dus } P_{\text{aanr.k.}} = 3.4 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{en } \beta = \mu / \sigma = 4$$

Op het eerste gezicht pleit dit voor het gebruik van een geschatte σ om de aanrijdingskans per auto te bepalen en zo naar een jaarlijkse aanrijdingskans toe te rekenen . Bekijk echter het volgende .

Bij een verkeersaanbod van 1000 voertuigen per jaar en gegeven dat de kans dat de deuren kapot gereden worden 1/10 per jaar

$$\text{is : } 1/10 = 1 - (1 - P_{\text{aanr.}})^{1000}$$

$$P_{\text{aanr.}} = 1.1 \cdot 10^{-4} \text{ en dus } \beta = 3.7$$

En bij een kans van 1/2 per jaar :

$$1/2 = 1 - (1 - P_{\text{aanr.}})^{1000}$$

$$P_{\text{aanr.}} = 6.9 \cdot 10^{-4} \text{ en dus } \beta = 3.2$$

Dit houdt dus in dat tenzij er goede waarnemingen t.a.v. dit onderwerp zijn verricht (mij niet bekend) een schatting van σ niet verantwoord is (een kleine variatie in β leidt tot grote verschillen in de aanrijdingskans) .

Gezien het beschikbare materiaal zal hier verder met de praktijkervaring gewerkt worden , in 30 jaar nog geen aanrijding , dus een aanrijdingskans van 1/30 per jaar .

De kans dat een defecte deur tot de topgebeurtenis kan leiden wordt opgebouwd uit de kans op een defecte deur t.g.v. een aanrijding en het feit dat de buitenwaterstand boven maaiveld uitkomt (P_{16} van de basisgebeurtenissen) :

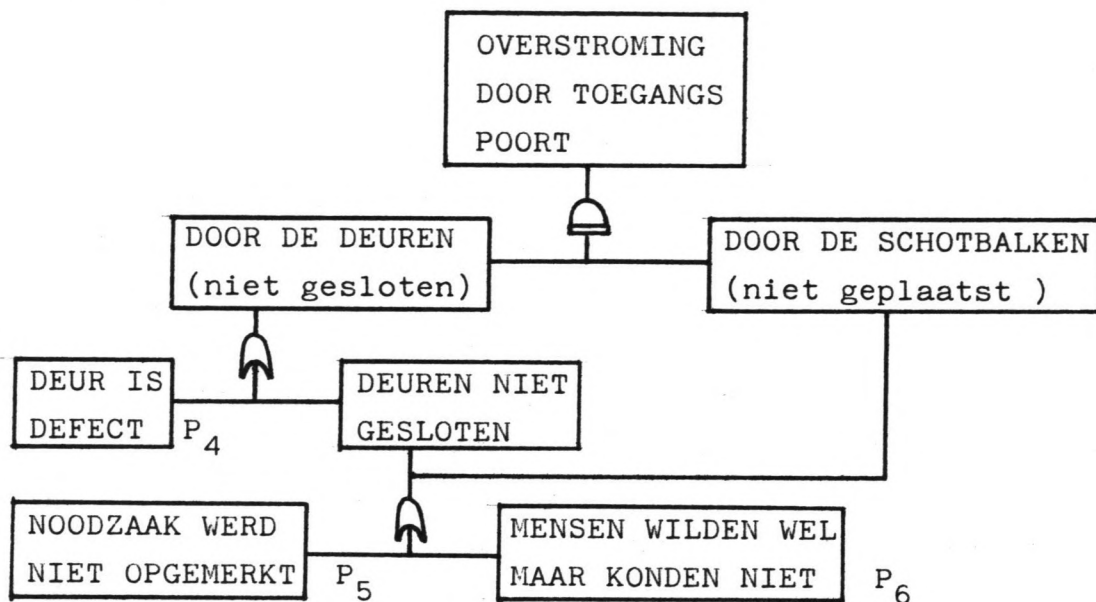
$$P_{\text{aanr.}} \cdot P_{16} = 1/30 \cdot 6.5425 \cdot 10^{-2} = 2.1808 \cdot 10^{-3} \text{ (winter)}$$

$$= 1/30 \cdot 5.8462 \cdot 10^{-4} = 1.9487 \cdot 10^{-5} \text{ (zomer)}$$

Bovenstaande kans is de gezochte kans P_4 uit de foutenboom .

Hierbij moet echter wel vermeld worden dat de gunstige invloed van inspectie en onderhoud op de kans op defect zijn niet is meegenomen .

Nu wordt dat deel van de foutenboom bekeken waarin de overstroming van de binnenstad wordt beschreven .



Daaruit blijkt dat de hier berekende kans slechts één van vele is . Voor de bepaling van P_5 en P_6 wordt naar het stuk " bedie - ning van de waterkering verwezen (zie blz.25) .

Overzicht : kans op basisgebeurtenis

	WINTER	ZOMER
P 1	$7.42 \cdot 10^{-3}$	$1.088 \cdot 10^{-5}$
P 2	$7.42 \cdot 10^{-3}$	$1.088 \cdot 10^{-5}$
P 3	$7.42 \cdot 10^{-3}$	$1.088 \cdot 10^{-5}$
P 4	$2.181 \cdot 10^{-3}$	$1.949 \cdot 10^{-5}$
P 5	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
P 6	$5.63 \cdot 10^{-5}$	$4.18 \cdot 10^{-6}$
P 7	$5.107 \cdot 10^{-4}$	$8.12 \cdot 10^{-8}$
P 8	0	$1.088 \cdot 10^{-5}$
P 9	0	$5.004 \cdot 10^{-3}$
P 10	$5.107 \cdot 10^{-4}$	$8.12 \cdot 10^{-8}$
P 11	$5.107 \cdot 10^{-4}$	$8.12 \cdot 10^{-8}$
P 12	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$
P 13	$5.107 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$
P 14	$5.107 \cdot 10^{-4}$	$8.12 \cdot 10^{-8}$
P 15	$5.107 \cdot 10^{-4}$	$8.12 \cdot 10^{-8}$
P 16	$6.543 \cdot 10^{-2}$	$5.846 \cdot 10^{-4}$
P 18	0	$5.004 \cdot 10^{-3}$
P 19	$5.282 \cdot 10^{-2}$	$3.949 \cdot 10^{-4}$
P 20	$5.107 \cdot 10^{-4}$	$8.12 \cdot 10^{-8}$
P 21	1	$1 \cdot 10^{-8}$

Het rekenmodel

Aan de hand van de op blz.16 opgestelde foutenboom kan nu een rekenmodel opgesteld worden om de benaderde faalkans van het systeem te bepalen .

Deze foutenboom is in zoverre vereenvoudigd dat elk element v^n het systeem niet geacht wordt op sterkte te bezwijken . Het falen van het systeem leidt tot de overstroming van een deel van Vlissingen .

$$P_f = 1 - (1 - S_1) \cdot (1 - S_2)$$

$$S_1 = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - S_4) \cdot (1 - S_5) \cdot (1 - S_6)$$

$$S_2 = 1 - (1 - P_{12}) \cdot (1 - P_{13}) \cdot (1 - S_3)$$

$$S_3 = 1 - (1 - S_{31}) \cdot (1 - S_{32})$$

$$S_4 = 1 - (1 - P_{10}) \cdot (1 - P_{11}) \cdot (1 - S_{41})$$

$$S_5 = 1 - (1 - P_7) \cdot (1 - S_{51})$$

$$S_6 = 1 - (1 - S_{61}) \cdot (1 - P_2)$$

$$S_{31} = 1 - (1 - P_{14}) \cdot (1 - P_{15})$$

$$S_{32} = 1 - (1 - S_{34}) \cdot (1 - S_{35})$$

$$S_{34} = P_{18} \cdot P_{19}$$

$$S_{35} = P_{20} \cdot P_{21}$$

$$S_{41} = P_8 \cdot P_9$$

$$S_{51} = P_8 \cdot P_9$$

$$S_{61} = 1 - (1 - P_3) \cdot (1 - S_{62})$$

$$S_{62} = S_{63} \cdot S_{64}$$

$$S_{63} = 1 - (1 - P_4) \cdot (1 - S_{65})$$

$$S_{64} = 1 - (1 - P_5) \cdot (1 - P_6)$$

$$S_{65} = 1 - (1 - P_5) \cdot (1 - P_6)$$

Dit rekenmodel is geschikt voor de winter - en zomerperiode.
 Aangezien alle bedienings - en andere kansen zijn benaderd kan
 nu de faalkans uitgerekend worden .

	WINTER	ZOMER
S ₁	2.363 . 10 ⁻²	5.813 . 10 ⁻⁵
S ₂	2.29 . 10 ⁻³	5.021 . 10 ⁻⁴
S ₃	1.531 . 10 ⁻³	2.138 . 10 ⁻⁶
S ₄	1.021 . 10 ⁻³	2.168 . 10 ⁻⁷
S ₅	5.107 . 10 ⁻⁴	1.356 . 10 ⁻⁷
S ₆	1.482 . 10 ⁻²	4.690 . 10 ⁻⁵
S ₃₁	1.021 . 10 ⁻³	1.624 . 10 ⁻⁷
S ₃₂	5.107 . 10 ⁻⁴	1.976 . 10 ⁻⁶
S ₃₄	0	1.976 . 10 ⁻⁶
S ₃₅	5.107 . 10 ⁻⁴	8.120 . 10 ⁻¹⁶
S ₄₁	0	5.444 . 10 ⁻⁸
S ₅₁	0	5.444 . 10 ⁻⁸
S ₆₁	7.456 . 10 ⁻³	3.602 . 10 ⁻⁵
S ₆₂	3.653 . 10 ⁻⁵	2.514 . 10 ⁻⁵
S ₆₃	7.226 . 10 ⁻³	5.023 . 10 ⁻³
S ₆₄	5.056 . 10 ⁻³	5.004 . 10 ⁻³
S ₆₅	5.056 . 10 ⁻³	5.004 . 10 ⁻³

$$P_f = 2.587 \cdot 10^{-2} \quad P_f = 5.602 \cdot 10^{-4}$$

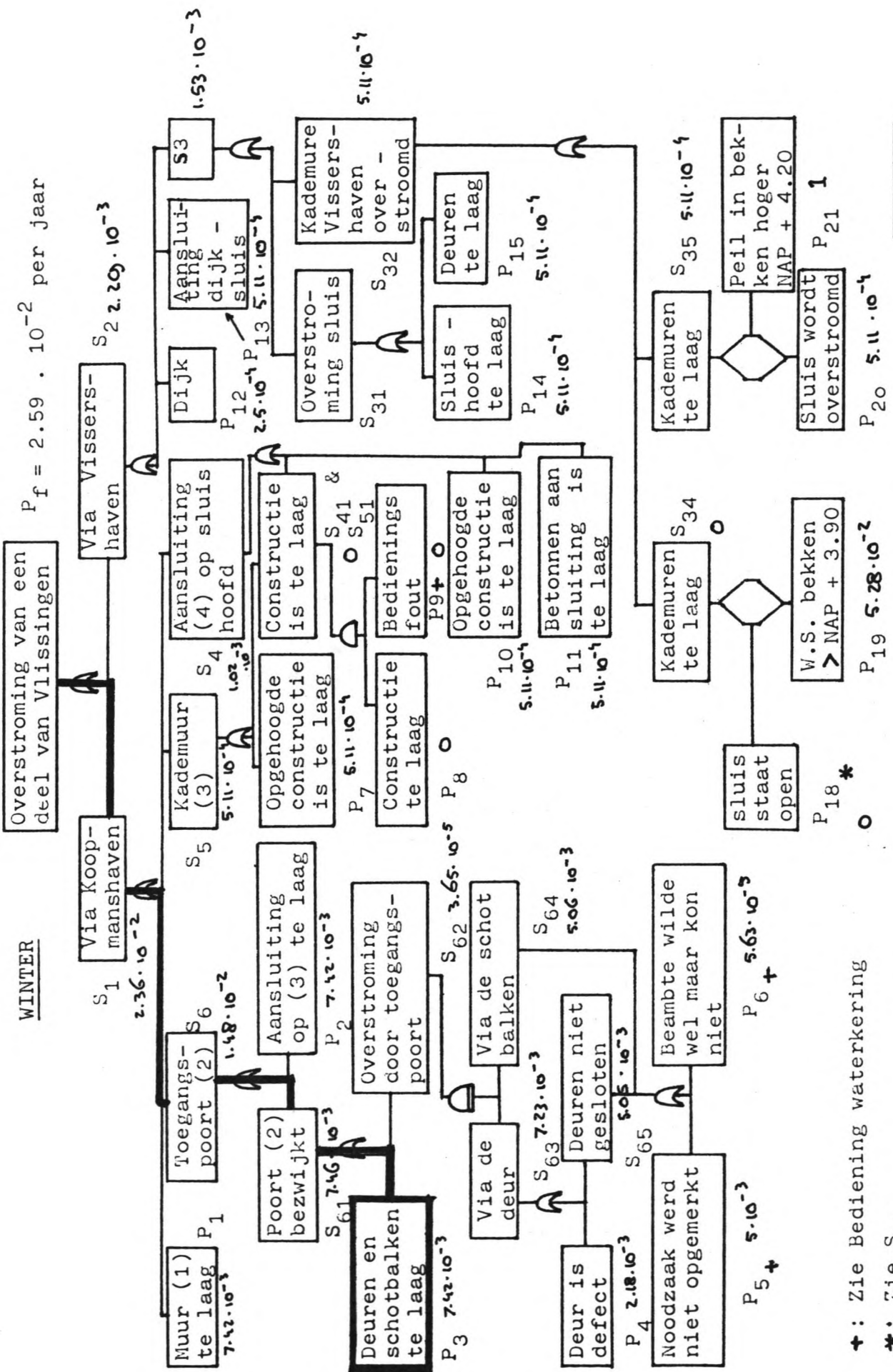
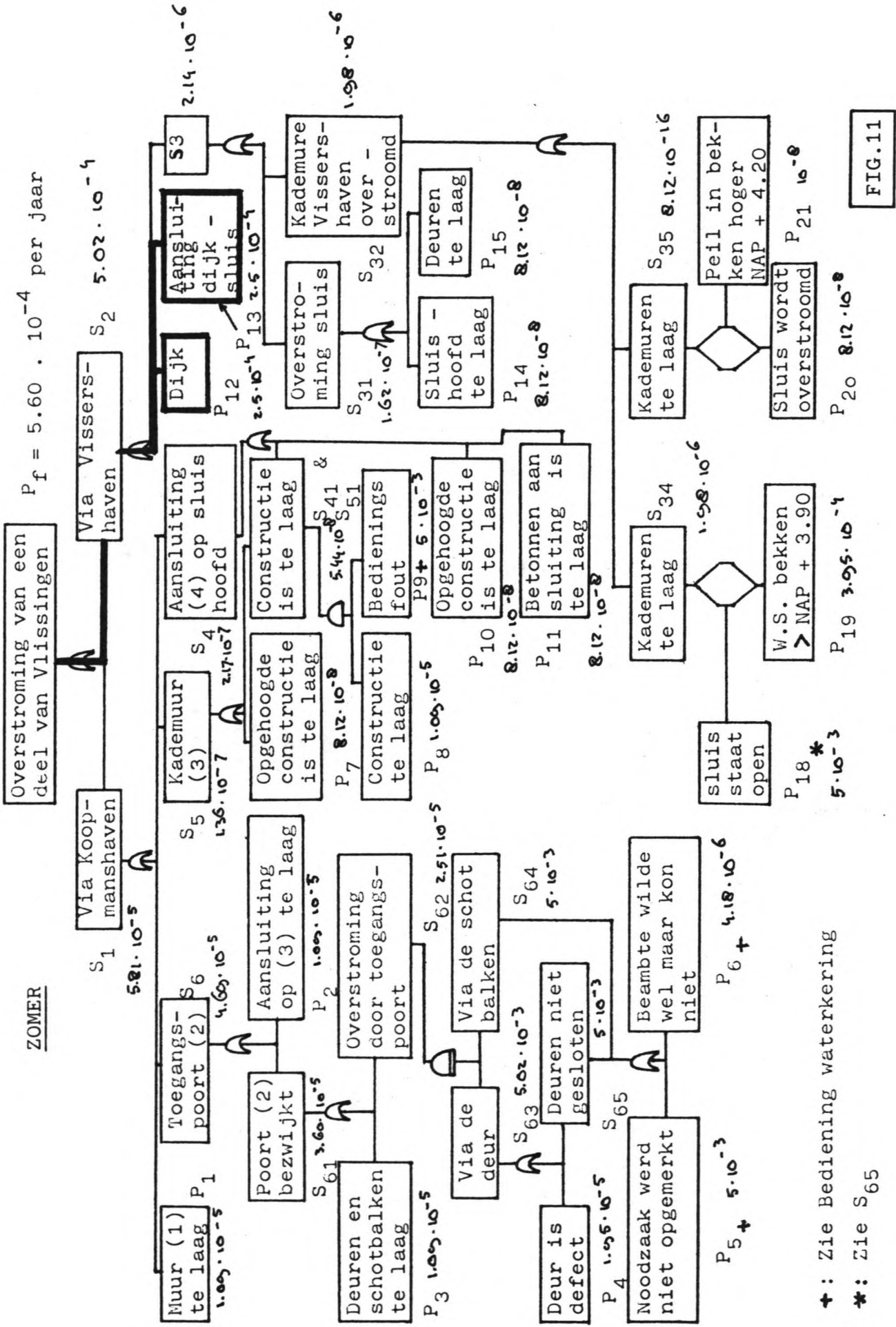


FIG. 10

†: Zie Bediening waterkering
 *: Zie S₆₅

ZOMER

$P_f = 5.60 \cdot 10^{-4}$ per jaar



+ : Zie Bediening waterkering
 * : Zie S65

FIG.11

Conclusie winterseizoen

De faalkans van dit systeem , $2.59 \cdot 10^{-2}$ per jaar , is onacceptabel groot t.a.v. de geëiste maximale faalkans van $2.5 \cdot 10^{-4}$ per jaar . Zoals de kritieke tak uit de boom al aangeeft is de situatie bij de toegangspoort het gevaarlijkst en in het bijzonder de lage kerende hoogte van deuren en schotbalken . Ophoging van de poort en de aansluitende constructies heeft in zoverre een gunstige invloed dat nu de kerende hoogte van de gehele waterkering maatgevend wordt , geen enkele constructie is hoog genoeg (met uitzondering van de dijk, maar hierbij is overtopping slechts één van de grenstoestanden) .

M.b.t. de bediening van de waterkering kan gesteld worden dat de invloed hiervan op de faalkans van de poort gering is tov de kans op overstroming van de deur . In de andere gevallen (schotbalken en sluis) moet ervoor gezorgd worden dat de kering op hoogte is en de sluisdeuren gesloten zijn en blijven . Samenvattend : de kerende hoogte van de gehele kering is te laag , in het bijzonder de toegangspoort

Conclusie zomerseizoen

De faalkans , $5.60 \cdot 10^{-4}$, is een factor 2.2 te groot . Hier moet wel het een en ander bij vermeld worden . Van de faalkans is $5 \cdot 10^{-4}$ afkomstig van de dijk en de aansluitingsconstructie . Van deze beide constructies is echter niet alleen de kerende hoogte als parameter genomen . Gesteld is dat de dijk overeenkomstig de Delta - normen is gebouwd en dat dus een faalkans van $2.5 \cdot 10^{-4}$ zeker onderschreden wordt . Voor de aansluitingsconstructie in zomer is hetzelfde gesteld. De volgende " grote " kans is S_6 ($4.69 \cdot 10^{-5}$) en wordt voor - namelijk bepaald door de bediening van de poort , maar is klein te noemen t.o.v. zelfs de geëiste $2.5 \cdot 10^{-4}$.

Nergens zijn er problemen t.a.v. de kerende hoogte .

Samenvattend : door het zomaar aannemen van de faalkansen P_{12} en P_{13} wordt de faalkans van het systeem te groot (elk van deze kansen is gelijk aan de maximale toelaatbare faalkans van het systeem als geheel).

Algemene conclusies

Met behulp van een sterk vereenvoudigd model , waarbij slechts met één parameter , de kerende hoogte bij een zeker stormvloedpeil gerekend wordt , is al duidelijk gebleken dat de bestaande situatie niet aan het veiligheids criterium (1/4000 per jaar) voldoet , in de zomer noch in de winter . Het niet voldoen aan het veiligheids criterium in de zomer is gelegen in het feit dat de faalkans van het dijklichaam niet is uitgezocht . Was het overslagvolu me als parameter meegenomen , dan was het resultaat mogelijkwijs nog ongunstiger uitgevallen . De huidige constructies kunnen m.b.t. dit criterium namelijk niet goed gekeurd worden :

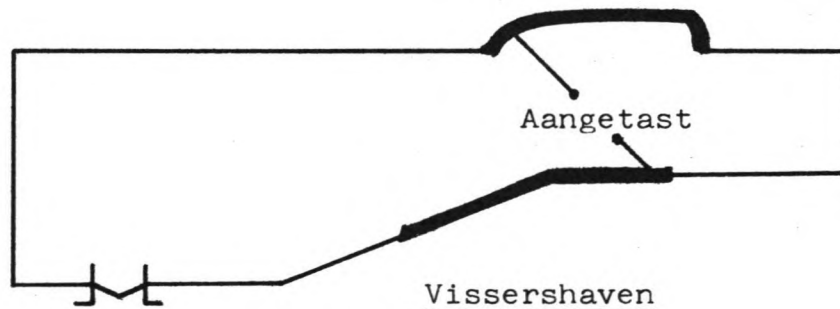
- Stormvloedpeil	N.A.P. + 5.40 m	
- Buistooteffect	o.30 m	
	<hr/>	+
	N.A.P. + 5.70 m	
- Constructie-		
hoogte	N.A.P. + 5.50 m	

Verder is het nog de vraag hoe goed de in 1856 gebouwde sluis tegen de ontwerp " super " storm bestand is .

Er kan uit bovenstaande slechts één conclusie getrokken worden , de huidige situatie voldoet geenzins .

Adviezen voor een gerenoveerde/nieuwe kering

- (1) : De toegangspoort , die deel uitmaakt van de waterke - ring , moet dezelfde kerende hoogte hebben als de rest van de kering .
- (2) : Bepaal de faalkans van het systeem bij een kerende hoogte als geadviseerd bij de " Golfoverslag " bere - keningen .
- (3) : Breng hulpsystemen aan om de noodzaak tot het sluiten van de sluis te benadrukken en / of automatisch te la - ten gebeuren .
- (4) : De kademuren rond de Vissershaven zijn eveneens van belang voor de veiligheid . In de zomer en bij kalm weer vormen zij de waterkering in de Vissershaven , in de winter moeten zij ervoor zorgen dat het haven - bekken zich tot de maximale hoogte kan vullen zonder over te lopen . Er zullen dus een aantal herstelwerk - zaamheden plaats moeten vinden .
- (5) : Beschouw de mogelijkheid van een aanpassing van de oude sluis in de nieuwe waterkering .
- (6) : Be kijk in hoeverre de bestaande kademuren rond de Koopmanshaven gebruikt kunnen worden .



Benadering faalkans bij voorgestelde nieuwe kering

Het is de bedoeling om in dit stuk de faalkans van de kering met een kerende hoogte als voorgesteld in de golfoverslagbe - rekeningen te benaderen .

De benadering wordt als volgt uitgevoerd : het oude model wordt nogmaals gebruikt , alle gedane aannamen m.b.t. de bediening van de waterkering worden gehandhaafd , alleen de kerende hoogte is nu anders .

Nu zal in het kort een samenvatting, m.b.t. de kerende hoogte van de kering zoals deze uit de golfoverslag berekeningen volgt gegeven worden .

Winter

Koopmanshaven : Toegangspoort	N.A.P. + 6.95
(met aansluitingen)	
Kademuren	N.A.P. + 6.95
Vissershaven : Sluis en deuren	N.A.P. + 6.15
(aansluiting dijk)	
Kademuren	N.V.T.

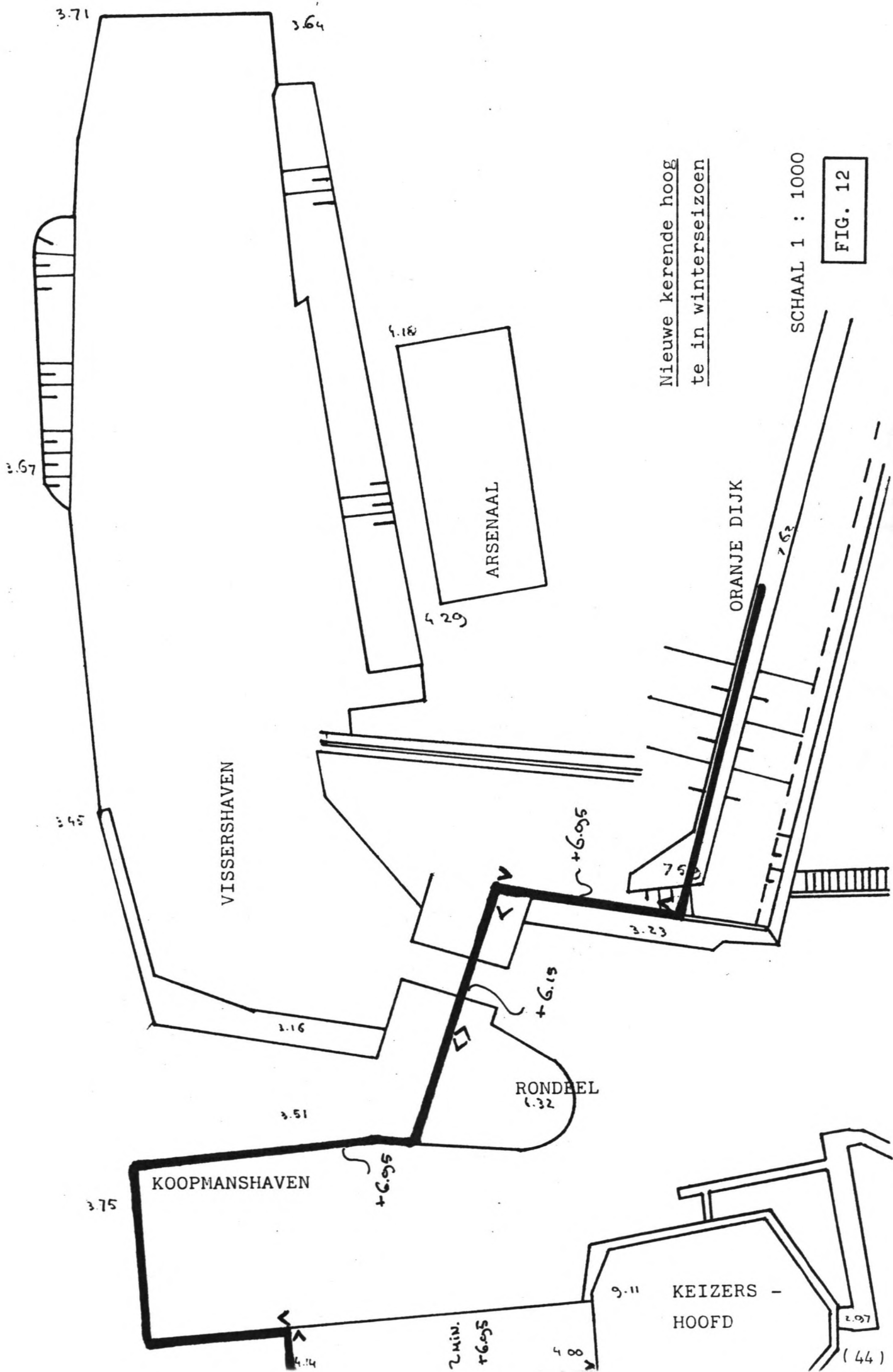
Zomer

Koopmanshaven : Toegangspoort	N.A.P. + 6.95
Kademuren	N.A.P. + 5.00
Vissershaven : Sluis en deuren	N.A.P. + 6.15
Kademuren	N.A.P. + 4.20

Er worden hier hoegenaamd geen uitspraken gedaan over de nieuwe kering met uitzondering van de kerende hoogte .

De beschrijving van de basisgebeurtenissen wordt nu niet meer zo uitvoerig gedaan , verwezen wordt naar blz.19 voor meer informatie , uiteraard met de nu van toepassing zijnde gegevens .

Op de volgende bladzijde is een schets opgenomen met daarop vermeldt het tracé van de waterkering , in zomer en winter , en de kerende hoogte .



Nieuwe kerende hoog
te in winterseizoen

SCHAAL 1 : 1000

FIG. 12

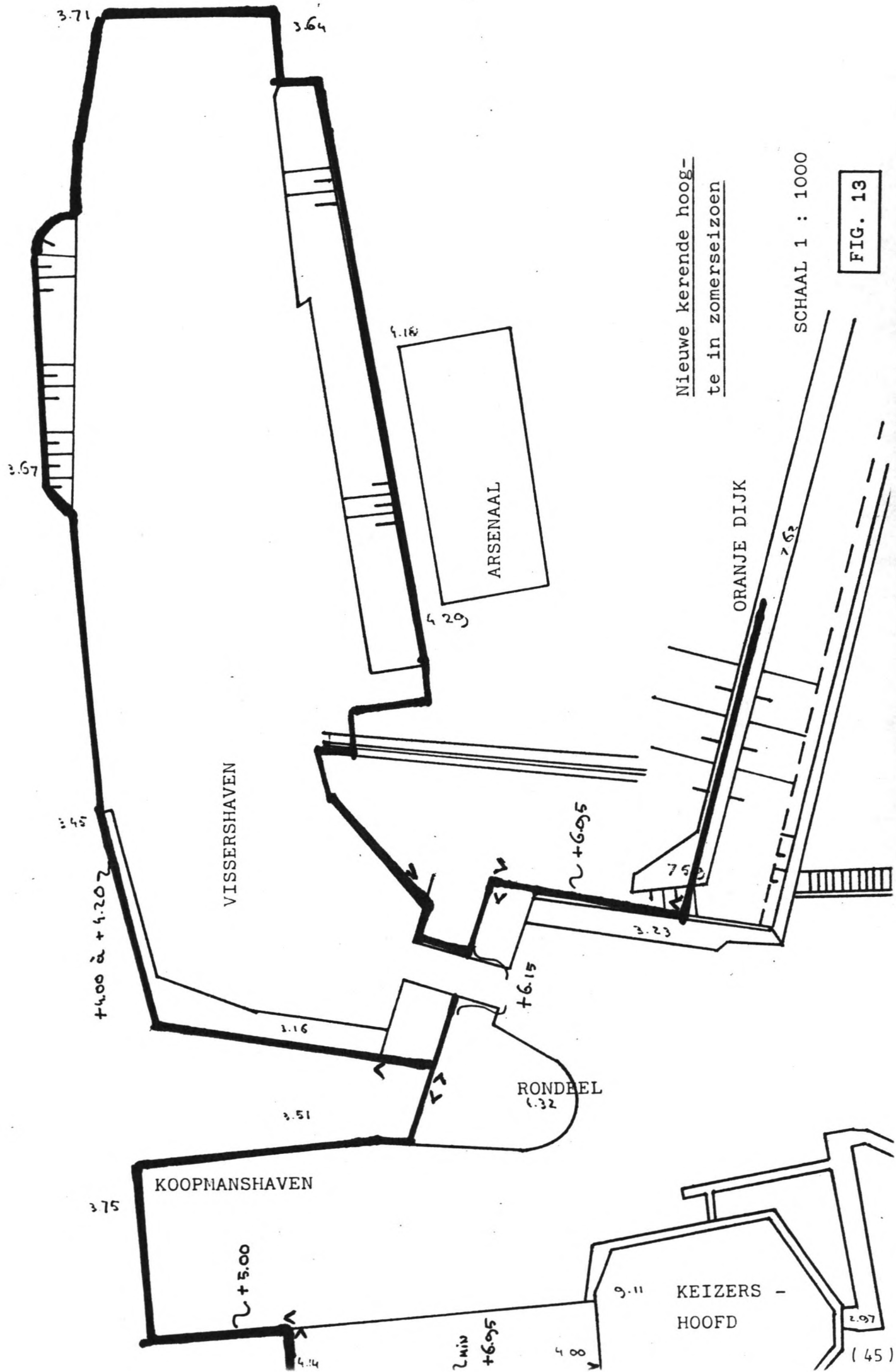


FIG. 13

Kans op basisgebeurtenis

- P_1 : De aansluiting op de betonnen muur die de doorgaande ^{kering} vanaf het Keizershoofd verzorgd heeft een kerende hoogte van NAP + 6.95 . In navolging van blz.19 wordt de kerende hoogte gereduceerd met 0.30 m t.g.v. het buistooteffect .
 $P_1 = f (H = 6.65)$
winter : $P_1 = 2.892 \cdot 10^{-6}$
zomer : $P_1 = 6.273 \cdot 10^{-12}$
- P_2 : De aansluitingsconstructie van de toegangspoort op de kademuren heeft een kerende hoogte van NAP + 6.95
winter : $P_2 = 2.892 \cdot 10^{-6}$
zomer : $P_2 = 6.273 \cdot 10^{-12}$
- P_3 : Hier staat aangegeven " deuren en schotbalken " en zal dus ook zo aangenomen worden . De kerende hoogte is NAP + 6.95
winter : $P_3 = 2.892 \cdot 10^{-6}$
zomer : $P_3 = 6.273 \cdot 10^{-12}$
- P_4 : De kans op een defecte deur wordt ^{op} hetzelfde gesteld .
winter : $P_4 = 2.181 \cdot 10^{-3}$
zomer : $P_4 = 1.949 \cdot 10^{-5}$
- P_5 : Dit is de kans dat de verantwoordelijke instantie de noodzaak tot het sluiten van de poort niet opmerkt .
winter : $P_5 = 5 \cdot 10^{-3}$
zomer : $P_5 = 5 \cdot 10^{-3}$
- P_6 : Dit is de kans op falen van de uitgezonden mensen . Het maakt wel verschil of er over 0.75 m (oude situatie) of over ongeveer 2.0 m hoogte per strekkende meter ke - ring schotbalken moeten worden aangebracht , maar hier wordt niet verder op dit onderwerp doorgedaan . Hier worden dezelfde kansen aangehouden .

winter : $P_6 = 5.63 \cdot 10^{-5}$

zomer : $P_6 = 4.18 \cdot 10^{-6}$

P_7 : De opgehoogde kademuren rond de Koopmanshaven hebben een kerende hoogte van NAP + 6.95 .

winter : $P_7 = 2.892 \cdot 10^{-6}$

zomer : $P_7 = 6.273 \cdot 10^{-12}$

P_8 : DE verlaagde constructie tot NAP + 5.00 komt alleen in de zomer voor , aangenomen wordt dat de kering in de winter niet wordt verlaagd .

winter : $P_8 = 0$

zomer : $P_8 = 2.127 \cdot 10^{-6}$

P_9 : De kans op een bedieningsfout in de winter is 0 , de kering is en blijft op volle kerende hoogte . Een bedieningsfout in de zomer wordt opgebouwd uit de oplettendheid van de verantwoordelijke dienst en menselijk falen .

winter : $P_9 = 0$

zomer : $P_9 = 5.004 \cdot 10^{-3}$

P_{10} : De kerende hoogte bedraagt nu NAP + 6.95 .

winter : $P_{10} = 2.892 \cdot 10^{-6}$

zomer : $P_{10} = 6.273 \cdot 10^{-12}$

P_{11} : Ook hier bedraagt de kerende hoogte NAP + 6.95

winter : $P_{11} = 2.892 \cdot 10^{-6}$

zomer : $P_{11} = 6.273 \cdot 10^{-12}$

P_{12} : Hier geldt hetzelfde als op blz.22

winter : $P_{12} = 2.5 \cdot 10^{-4}$

zomer : $P_{12} = 2.5 \cdot 10^{-4}$

P_{13} : Hier geldt hetzelfde als op blz.22 m.b.t. deze kans , de kerende hoogte levert nu echter geen maatgevende situatie .

winter : $P_{13} = 2.5 \cdot 10^{-4}$

zomer : $P_{13} = 2.5 \cdot 10^{-4}$

- P_{14} : Het sluishoofd heeft een kerende hoogte van NAP + 6.15
 Winter : $P_{14} = 5.022 \cdot 10^{-5}$
 zomer : $P_{14} = 1.165 \cdot 10^{-9}$
- P_{15} : De deuren hebben een kerende hoogte van NAP + 6.15
 winter : $P_{15} = 5.022 \cdot 10^{-5}$
 zomer : $P_{15} = 1.165 \cdot 10^{-9}$
- P_{16} : DE ligging van het maaiveld t.p.v. de toegangspoort ver-
 anderd niet .
 winter : $P_{16} = 6.543 \cdot 10^{-2}$
 zomer : $P_{16} = 5.846 \cdot 10^{-4}$
- P_{18} : De sluis kan om allerlei redenen niet gesloten
 worden , hier worden slechts opmerkzaamheid en menselijk
 falen in rekening gebracht (zie ook P_9)
 winter : $P_{18} = 0$
 zomer : $P_{18} = 5.004 \cdot 10^{-3}$
- P_{19} : Als het peil in het havenbekken in de zomer bepaald wordt
 door de buitenwaterstand dan is de kans op overstroming
 bij een kademuur hoogte van NAP + 4.20 .
 winter : $P_{19} = 5.282 \cdot 10^{-2}$
 zomer : $P_{19} = 3.949 \cdot 10^{-4}$
- P_{20} : De sluis heeft een kerende hoogte van NAP + 6. 15 .
 winter : $P_{20} = 5.022 \cdot 10^{-5}$
 zomer : $P_{20} = 1.165 \cdot 10^{-9}$
- P_{21} : Om de kans te bepalen dat het havenbekken van de Koopmans-
 haven door golfoverslag gevuld raakt en daardoor overloopt
 moet gebruik gemaakt worden van de resultaten van de
 go lfoverslag berekeningen .
 Bij een kerende hoogte van NAP + 6.15 kan een golfover-
 slag volume van ruim 32000 m³ verwacht worden , het bek -
 ken is dan voor 2/3 vol . Om nu bovenstaande kans uit
 te kunnen rekenen moet een aanvullende berekening gemaakt
 worden onder de volgende veronderstellingen :

Overslagvolume - Waterstand relatielijn

Kerende hoogte : N.A.P. + 6.15 m Tijdsintervak : 1800 s

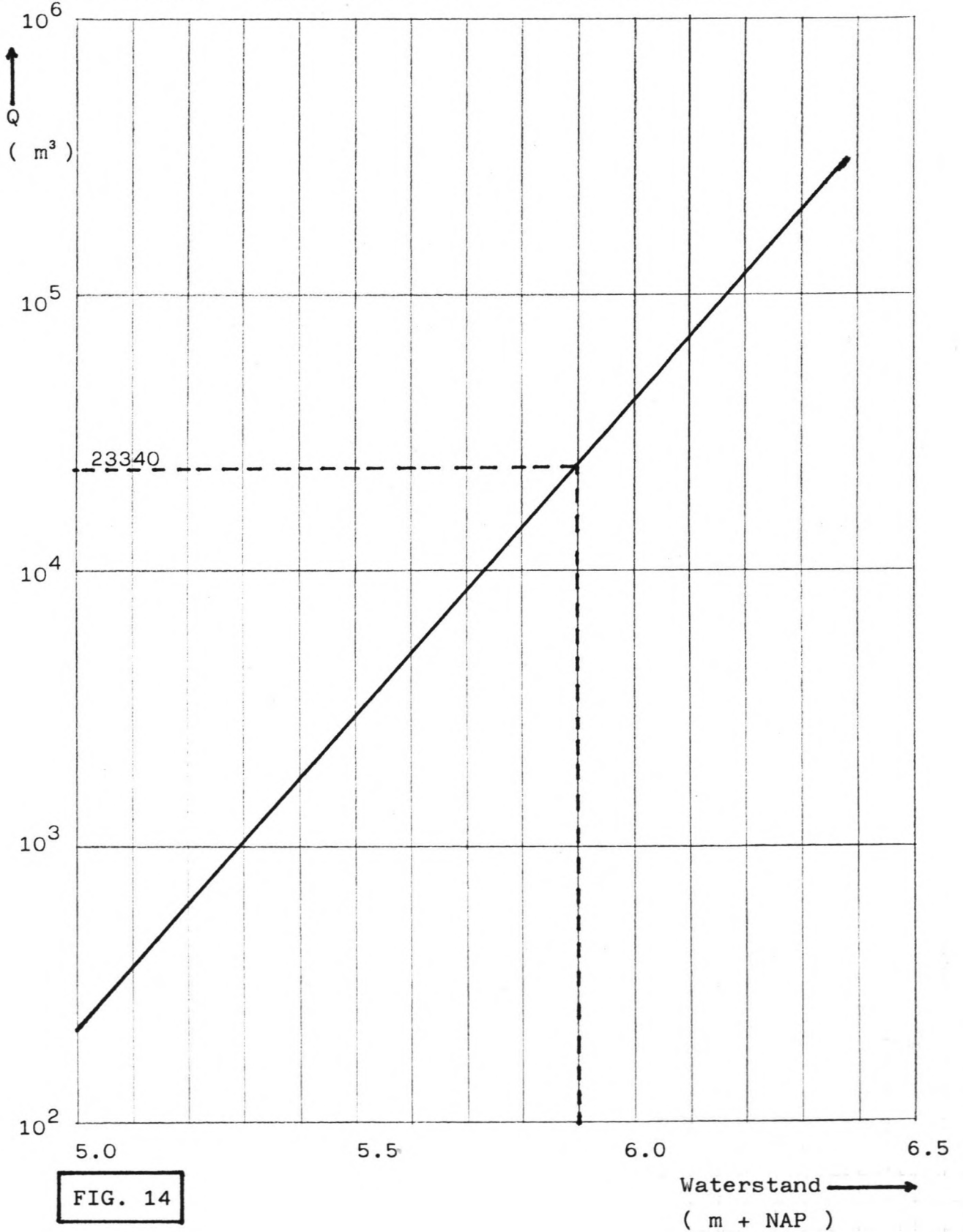


FIG. 14

- Ten tijde van het hoogwater is er een dusdanige atmosferische storing dat het buistooteffect groter wordt dan 0.30 m .

- Deze extra verhoging heeft een duur van 30 min. (even groot als de periode van de buistoten) .

Nu de kerende hoogte van de Koopmanshaven en de sluis bekend is kan een Q - WS relatie (overslagvolume - buitenwaterstand) voor de sluis opgesteld worden .

Bij een kerende hoogte van NAP + 6.95 in de Koopmanshaven bedraagt het overslag volume $Q_k = 6760 \text{ m}^3$. Er mag dus nog een hoeveelheid van $15000 - 6760 = 8240 \text{ m}^3$ richting binnenstad afstromen , dit gebeurt dan door de Vissershaven .

Het komt misschien wat vreemd voor dat er over een acceptabel volume water wordt gesproken . Dit komt vanwege het feit dat er volume water in de binnenstad van 15000 m^3 wordt geaccepteerd . Het maakt niets uit uit welk bekken dit volume afkomstig is .

De vissershaven heeft een kombergingsvolume van 47500 m^3 . De q - ws relatie lijn geldt voor een peil gedurende een half uur .

In het bekken is al 32400 m^3 er mag dus totaal $47500 \text{ m}^3 + 8240 \text{ m}^3 - 32400 \text{ m}^3 = 23340 \text{ m}^3$ gedurende een half uur overslaan . Dit komt overeen met een waterstand van NAP + 5.90 m .

$$\text{winter : } P_{21} = 4.201 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{zomer : } P_{21} = 8.405 \cdot 10^{-10}$$

Nu de kansen op de basisgebeurtenissen zijn benaderd kan de faalkans van het systeem bepaald worden .

Uitkomsten rekenmodel

Deze resultaten zijn verkregen met het op blz. 36 beschreven rekenmodel .

	Winter	Zomer
S ₁	5.388 . 10 ⁻⁵	2.516 . 10 ⁻⁵
S ₂	6.003 . 10 ⁻⁴	5.019 . 10 ⁻⁴
S ₃	1.004 . 10 ⁻⁴	1.978 . 10 ⁻⁶
S ₄	5.783 . 10 ⁻⁶	1.065 . 10 ⁻⁸
S ₅	2.892 . 10 ⁻⁶	1.065 . 10 ⁻⁸
S ₆	4.231 . 10 ⁻⁵	2.514 . 10 ⁻⁵
S ₃₁	1.004 . 10 ⁻⁴	2.330 . 10 ⁻⁹
S ₃₂	2.110 . 10 ⁻⁹	1.976 . 10 ⁻⁶
S ₃₄	0	1.976 . 10 ⁻⁶
S ₃₅	2.110 . 10 ⁻⁹	9.792 . 10 ⁻¹⁹
S ₄₁	0	1.064 . 10 ⁻⁸
S ₅₁	0	1.064 . 10 ⁻⁸
S ₆₁	3.942 . 10 ⁻⁵	2.514 . 10 ⁻⁵
S ₆₂	3.653 . 10 ⁻⁵	2.514 . 10 ⁻⁵
S ₆₃	7.226 . 10 ⁻³	5.013 . 10 ⁻³
S ₆₄	5.056 . 10 ⁻³	5.004 . 10 ⁻³
S ₆₅	5.056 . 10 ⁻³	5.004 . 10 ⁻³

WINTER

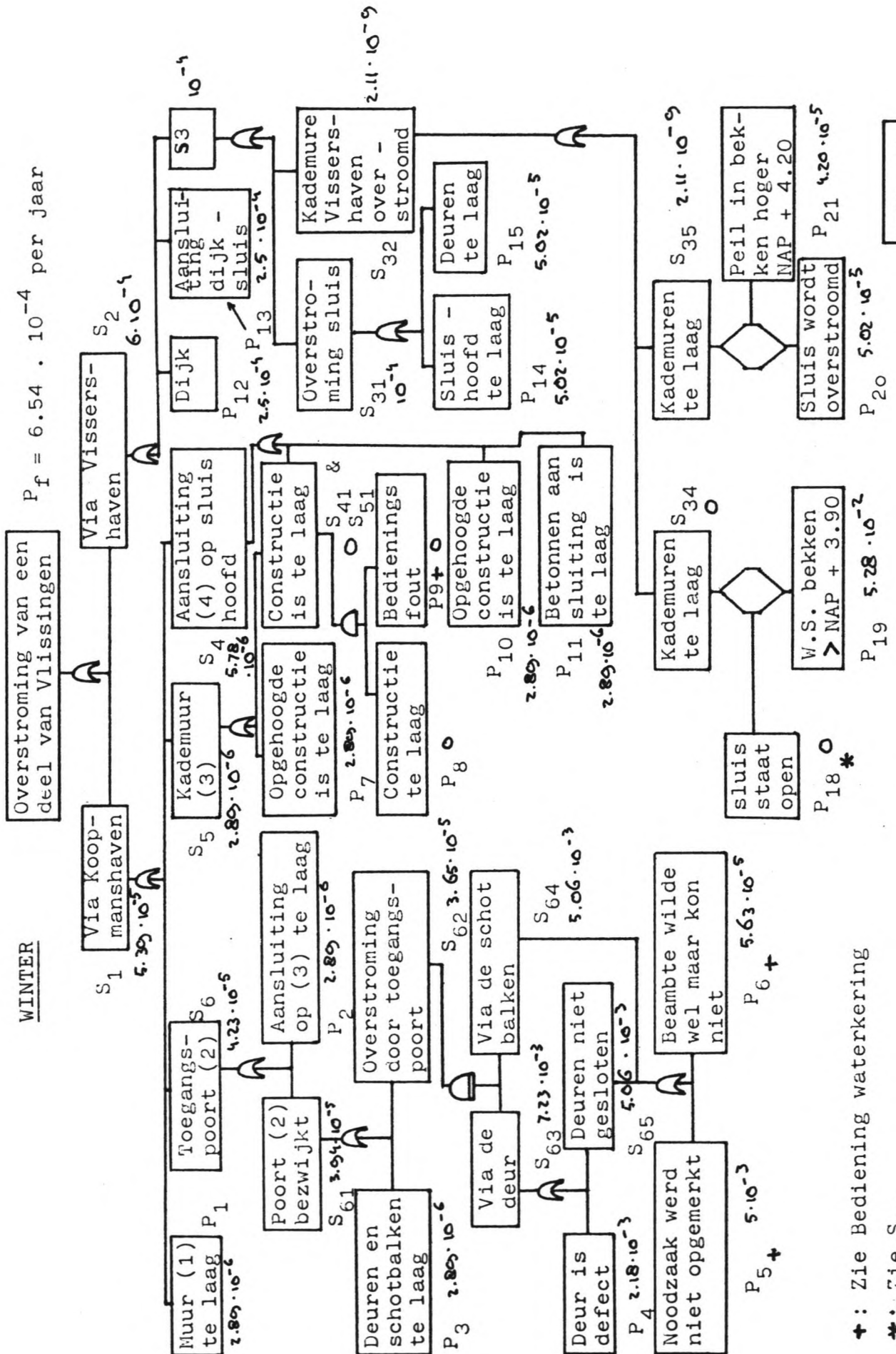
$$P_f = 6.541 \cdot 10^{-4}$$

ZOMER

$$P_f = 5.270 \cdot 10^{-4}$$

WINTER

$P_f = 6.54 \cdot 10^{-4}$ per jaar

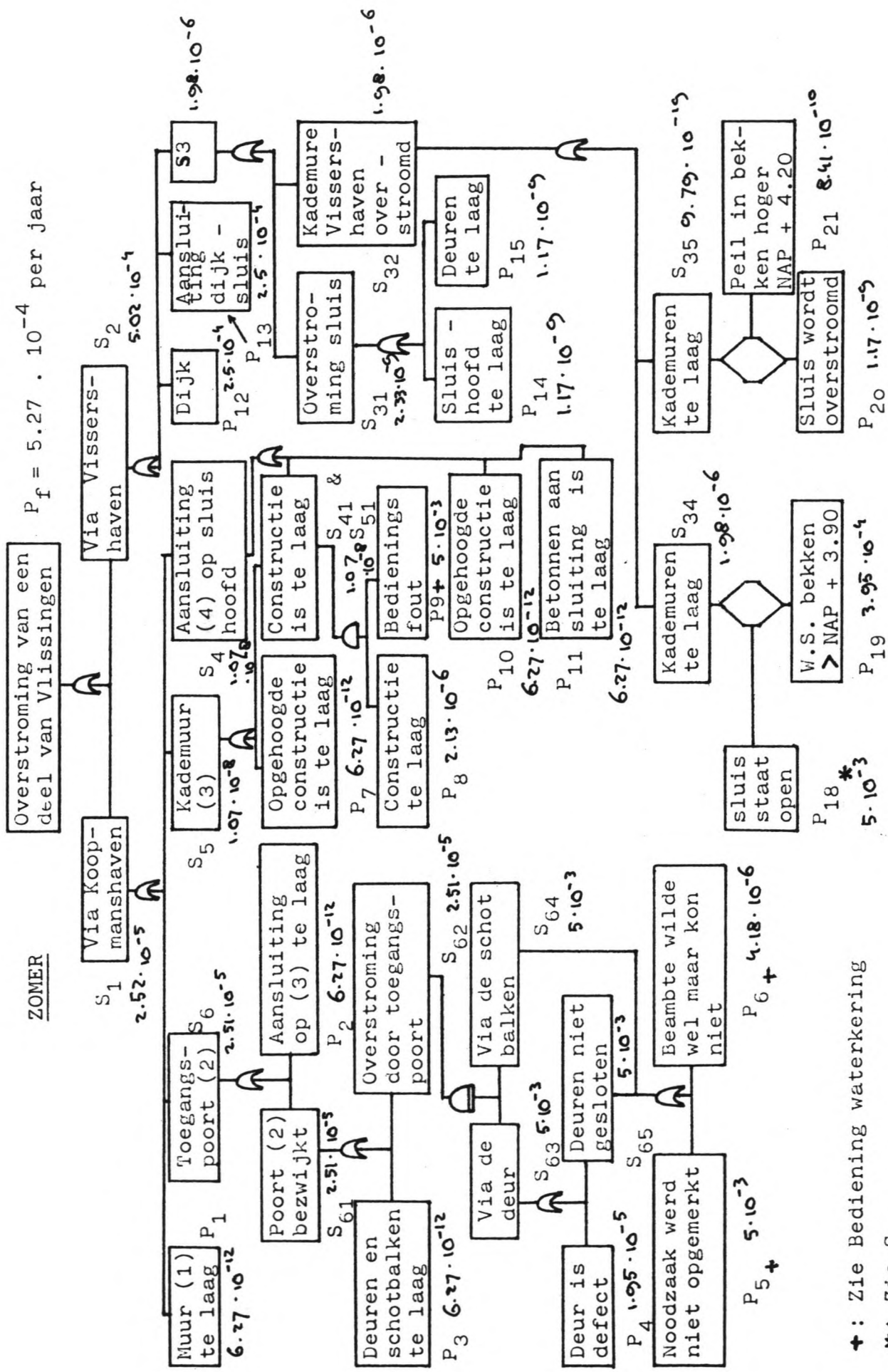


+ : Zie Bediening waterkering

* : Zie S65

FIG. 15

ZOMER
 $P_f = 5.27 \cdot 10^{-4}$ per jaar



+ : Zie Bediening waterkering
 * : Zie S₆₅

FIG. 16

Conclusies

Aan de grootte van de hier berekende faalkans moet niet te veel waarde gehecht worden . In zomer en winter komt de grootste bijdrage uit de afgeschatte kansen voor het dijklichaam , groot $2 * 2.5 \cdot 10^{-4}$.

Veel belangrijker is het om de invloed van bedieningsfouten te analyseren . Er zijn drie plaatsen waar bedieningsfouten kunnen voorkomen . De sluis , de kademuren rond de Koopmanshaven en de aansluitingsconstructie op het sluishoofd , alle in de zomer en de toegangspoort tot de Koopmanshaven in zomer en winter . Genoemde constructies kunnen o.a. falen t.g.v. een bedieningsfout .

Als eerste wordt de mogelijkheid bekeken van openstaande sluisdeuren , om welke reden dan ook . Deze mogelijkheid kan zich in de winter niet voordoen (sluis is dan permanent dicht) en in de zomer moet de waterstand boven de kademuren komen (NAP + 4.20 - 0.30 m t.g.v. het buistooteffect) . Het gevolg is dat het gelijktijdig optreden $0 (10^{-6})$ wat veel kleiner is dan $0 (10^{-4})$ wat als totale veiligheid geëist wordt . De toestand bij de sluis voldoet redelijk aan de eisen .

Als tweede worden de kademuren rond de Koopmanshaven beschouwd . In de winter is hier geen sprake van bediening , de kering is en blijft op maximale kerende hoogte . In de zomer ontstaat iets soortgelijks als bij de sluis . Een gereduceerde kerende hoogte die om welke reden dan ook niet opgehoogd kan worden gecombineerd met een waterstand boven NAP + 5.00 , dit levert iets in de $0 (10^{-8})$, wat zeer acceptabel is .

Als laatste blijft de toegangspoort over . Aangezien de poort altijd open staat is nu ook in de winter bediening nodig .

Als deze tak nader wordt bekeken dan blijkt dat deze faalkans bijna geheel afkomstig is van een bedieningsfout , de grootste kans op een overstroming in deze tak is namelijk dóór de poort in zomer en winter omstandigheden .

Samenvattend :

(1) : De oude constructies met kerende hoogte als enige parameter , die aangepast zijn aan de eisen m.b.t. golfoverslag , voldoen uitstekend .

- (2) : De oude constructies met naast de kerende hoogte ook bediening als parameters , voldoen goed in de Koop - manshaven en de sluis , de toegangspoort blijft in de huidige opzet een bedenkelijke schakel .
- (3) : Om echt iets over de faalkans van het systeem als geheel te kunnen zeggen moet de faalkans van het dijkl - chaam onderzocht worden .
- (4) : De faalkans van de nieuwe kering kan pas bepaald worden als deze ontworpen is . Hier is alleen maar geke - ken naar een fictieve opgehoogde oude constructie , weliswaar met een kerende hoogte als de toekomstige kering .

Evaluatie

De intentie van de fouten-analyse was als ondersteuning van het Ruimtelijk Functioneel Onderzoek te dienen . De keuze t.a.v. de locatie van de waterkering hangt mede af van de haalbare veiligheid . Gezien het feit dat de keuze viel op een tracé alternatief die in grote lijnen de oude kering volgde was het vanzelfsprekend dat de faalkans van de oude waterkering benaderd zou worden .

De faalkans van de oude kering bleek niet aan de gestelde eisen te kunnen voldoen . Uit een andere , ondersteunende, berekening kwam het voorstel van een andere kerende hoogte .

Ook dit alternatief is hier onderzocht en dit bleek echter een goede oplossing te zijn .

De doelstellingen voor deze analyse zijn dus gehaald in dit opzicht . Wat de berekeningen zelf betreft kan men niet zo positief zijn . Er zijn twee veronderstellingen gedaan die niet gefundeerd zijn .

Allereerst is de veronderstelling t.a.v. de toegangspoort te noemen . Door gebrek aan informatie en het moeilijke benaderingskarakter van enige kansen is er gewerkt met vrij grove aannemen . De invloed hiervan op de faalkans blijkt echter vrij gering te zijn , zodat achteraf gesteld kan worden dat de benaderingen, meer of minder wel, terecht te noemen zijn .

Anders ligt het met de benaderde faalkans van het dijklichaam . De aanname is zo grof te noemen, dat elke berekening een overschrijving van de geeiste faalkans geeft .

Als men de "werkelijke" faalkans zou willen weten dan kan men niet om de faalkans van het dijklichaam heen . Wil men de bezwikkans meer ter informatie van de werking van het systeem als een geheel (wat hier meer de bedoeling was) dan bieden de gemaakte berekeningen redelijke alternatieven .

Literatuur

- [1] : Adviesdienst Vlissingen , Deltaveiligheid KooPMans - en Vissers - haven (nota WVKZ - 81.V011)
- [2] : Adviesdienst Vlissingen , Deltaveiligheid KooPMans - en Vissers - haven (nota WVKZ - 81.206a)
- [3] : Projectgroep Hoogwaterkering Vissers - en KooPManshaven
Nota inzake de bijstelling van het Principe Plan voor de versterking van de hoogwaterkering t.p.v. de Vissers - en KooPManshaven te Vlissingen in het kader van de Delta wet (4' concept nota)
- [4] : Centrum voor Onderzoek Waterkeringen , COW - 20 (R)
Veiligheidsbeschouwing sluis te Vlaardingen
- [5] : H.Kikkawa , Fundamental Study of Wave Over-Topping of Seawalls
Coastal Engineering in Japan
Volume 11 , 1968
- [6] : Y.Goda , Expected Rate of Irregular Wave Over-Topping of Seawalls
Coastal Engineering in Japan
Volume 14 , 1971

