

ENIGE ELEMENTEN TEN BEHOEVE VAN DE STUDIE NAAR
DE MOGELIJKHEID VAN HET BOUWEN VAN EEN STORMVLOED-
KERING OP DE BENEDEN-ZEESCHELDE TE ANTWERPEN

Antwerpen, 3 oktober 1977

INHOUDSTAFEL

	<u>Blz.</u>
1. Doel van de stormvloedkering	1
2. Ligging van de stormvloedkering	1
3. Nodige vrije doorvaartbreedte	2
3.1. De statistiek van de scheepvaart	2
3.1.1. De zeescheepvaart	3
3.1.2. De binnenscheepvaart	6
3.2. De vrije doorvaartbreedte van de stormvloedkering	8
3.2.1. Doorvaartbreedte bij niet-geassisteerde doorvaart voor één enkel zeeschip in een rechte strekking	8
3.2.2. Doorvaartbreedte bij geassisteerde doorvaart voor één enkel zeeschip in een rechte strekking	10
3.2.2.1. Afmetingen van enkele sleepboten	10
3.2.2.2. Sleeptros en hoek tussen sleeptros en kiellijn van het zeeschip	11
3.2.2.3. Doorvaartbreedte van de stormvloedkering voor één enkel zeeschip bij gebruik van sleepboten	11
3.2.3. Conclusie inzake de vrije doorvaartbreedte van de stormvloedkering	12
3.2.3.1. Minimale vrije doorvaartbreedte	12
3.2.3.1.1. Met de huidige navigatiemiddelen	12
3.2.3.1.2. Met een electronisch plaatsbepalings-systeem	13
3.2.3.1.3. Het loodsenadvies	13
3.2.3.1.4. Voorlopige conclusie	13
3.2.3.2. Aantal doorvaartopeningen	13
4. Nodige vrije doorvaarthoogte voor de scheepvaart	14
5. Vloerpeil van de stormvloedkering	17
5.1. Evolutie van de bodem ter plaatse van de kering	17
5.2. Vloerpeil van de stormvloedkering	17
6. De sluis in de stormvloedkering	18
6.1. Het doel van de sluis	18
6.2. Het gebruik van de sluis	18
6.3. De sluisafmetingen	18

6.3.1. Lengte en breedte van de sluis	18
6.3.2. Waterdiepte op de sluisdrempel	19
6.4. Ligging van de sluis	19
6.5. Wachtplaatsen	19
6.6. Het loodsenadvies	20
7. De insnoering van het doorstroomprofiel van de Schelde	20
7.1. De insnoering bij verschillende oplossingen	20
7.2. De invloed van de insnoering op de snelheid en het sediment-transport	22
8. Verval dat ontstaat bij de stormvloedkering bij verschillende tijdstippen van sluiting, typen van getij, bovendebieten, sluitingstijden, een opening in de kering en een overloop	23
8.1. Invloed van de sluiting der stormvloedkering op de karakteristieken van een gemiddeld getij en een springtij en van het stormtij en het buitengewoon stormtij van 1 februari 1953	23
8.2. Invloed van de bovendebieten	24
8.3. Invloed van de sluitingstijd van de stormvloedkering	24
8.4. Het falen van de stormvloedkering	24
8.5. Beperking van het verval over de kering	25
8.6. De kering als overlaat	25
8.6.1. Invloed van het kruinpeil van de kering bij sluiting op de waterstand af- en opwaarts	25
8.6.2. Wordt de kering al of niet uitgerust met een overlaat	26
9. Het tijdstip van sluiting van de kering	26
9.1. Het waarschuwingssysteem	26
9.2. De limietwaterstand te Antwerpen opwaarts de stormvloedkering	27
10. Het geotechnisch onderzoek	28
11. De studies van het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout en het Bestuur van Electriciteit en Electromechanica	29
12. Enkele gegevens over stormvloedkeringen in naburige landen	33
12.1. In Nederland	33
12.1.1. Uitgevoerde stormvloedkering op de Hollandse Yssel	33
12.1.2. In ontwerp zijnde stormvloedkering in de drie geulen van de Oosterscheldmond	34

12.1.2.1. Enkele gegevens	34
12.1.2.2. Een onderzochte manier van uitvoering	35
12.2. In Engeland	36
In uitvoering zijnde stormvloedkering op de Theems te Woolwich Beach	37
12.3. In de Duitse Bondsrepubliek	38
13. Samenvatting	
13.1. De afmetingen van de stormvloedkering	38
13.1.1. De breedte	38
13.1.2. Het aantal doorvaartopeningen	38
13.1.3. De vrije doorvaarthoogte	38
13.1.4. Het vloerpeil	39
13.2. De sluis in de stormvloedkering	39
13.3. Verval ter plaatse van de stormvloedkering	39
13.4. De limietwaterstand opwaarts de stormvloedkering te Antwerpen	39
13.5. De studies van het W.L.B. en het B.E.E.	40
14. Conclusie	40

Bijlagen : 3 plans

1. Doel van de stormvloedkering

Vanaf en opwaarts van de Stad Antwerpen kunnen de dijken van de Schelde en haar aan tij onderhevige bijrivieren niet worden opgehoogd boven het peil 8m00 NKD.

Rekening gehouden met een mogelijke golfoploop en golf-oscillatie beschermt dit dijkkruijniveau tegen een stormvloedstand van 7m70 NKD. die actueel een kans van voorkomen heeft te Antwerpen van 1,15 per eeuw.

Bij de dijken langs de Westerschelde en Nederland wordt slechts een overstromingskans aanvaard van 0,025 per eeuw.

De inwoners van het dichtbevolkte Belgisch gebied van het bekken van de Zeeschelde zouden moeilijk aannemen overstroomd te worden dan wanneer dit niet het geval is langs het minder bevolkte gebied van de Westerschelde.

Een overstromingskans van 1,15 per eeuw is te hoog om het achterland optimaal te beschermen.

Naast de begrensde dijkverhoging tot 8.00m NKD moeten daarom tegen het overstromingsgevaar bijkomende middelen worden ingezet.

Ondermeer wordt een stormvloedkering in overweging genomen.

2. Ligging van de stormvloedkering

Het is wenselijk de stormvloedkering zoveel mogelijk afwaarts op de Beneden-Zeeschelde te bouwen om een zo groot mogelijke uitgestrektheid van het Zeescheldebekken te beveiligen.

Om echter de zeescheepvaart naar de haven van Antwerpen het minst te hinderen moet de stormvloedkering gelegen zijn opwaarts van de grote ze sluizen (Kallo-, Van Cauwelaert-, Boudewijn- en Zandvlietssluzen). Nautisch is tevens een ligging van de stormvloedkering in een rechte strekking van de rivier noodzakelijk. Dit vermindert trouwens ook de nodige doorvaartbreedte.

Omdat een ligging van de stormvloedkering op de drempel van Oosterweel voldoet aan al deze eisen, is beslist de mogelijkheid te onderzoeken van de bouw van een dergelijk kunstwerk op deze plaats.

.../...

De stormvloedkering komt aldus te liggen afwaarts van :

- de Petrolueminstellingen Zuid;
- de Scheldekaaien;
- de Kattendijk- en Royerssluis;
- de geplande Boerinnesluis.

Na de realisatie van de Boerinnesluis bestaat het voornemen de Royerssluis buiten gebruik te stellen.

Anderzijds voorziet het Gewestplan van Antwerpen dat :

- de Petroleuminstellingen Zuid een parkzone zullen worden met bijzondere bestemming, terwijl aan de oeverzone waar zich thans de steigers bevinden, de bestemming natuurgebied zal worden gegeven;
- de Scheldekaaien in de loop van de jaren insgelijks zullen worden omgevormd tot parkzone met bijzondere bestemming met uitzondering van het gedeelte van de Scheldekaaien 26 tot 29 (Rijnkaai).

Een stormvloedkering op de drempel van Oosterweel ligt tussen twee bochten van de Schelde.

Om de schepen toe te laten door het kunstwerk te varen volgens een strekking evenwijdig met de rivieras is het aan te raden de op- en afwaartse uiteinden van het kunstwerk op twee scheepslengten verwijderd te houden van deze bochten (beiderzijds: 2x300.00m)

Andere voorwaarden bij een concrete keuze van de ligging van de stormvloedkering zijn dat :

- de schepen die uit de Kattendijk- en de toekomstige Boerinnesluis varen behoorlijke snelheid moeten kunnen ontwikkelen om door de openingen van de stormvloedkering te komen en alsdan moeten gestrekt zijn volgens de richting van de openingen;
- opwaarts de stormvloedkering de nodige ruimte voorhanden moet zijn om het wachten en zwaaien mogelijk te maken van de schepen bestemd voor de bovenvermelde sluizen.

Alle voorgaande voorwaarden bepalen de uiteindelijke ligging van de stormvloedkering.

3. Nodige vrije doorvaartbreedte voor de scheepvaart

3.1. De statistiek van de scheepvaart

De scheepvaart over de drempel van Oosterweel bestaat uit zee- en binnenscheepvaart.

3.1.1. De zeescheepvaart

De onderstaande tabel 1 geeft het aantal zeeschepen die in de tienjarige periode 1967-1976 over de drempels van Oosterveel zijn gevaren. Bestemming of herkomst van die schepen met hun tonnenmaat zijn eveneens aangeduid.

TABEL 1

Jaar	Petroleumin- stellingen Zuid aantal/BNT	Schelde- kaaien aantal/BNT	Royers- sluis aantal/BNT	Haven Brussel, Temse, Ru- pelmonde Hoboken Hemiksem aantal	Totaal aantal schepen over Ooster- veel- drempel
1967	550/2373608	5946/15259867	9492/6021917	1674	17662
1968	476/1669824	4789/12699608	6970/3731540	1834	14069
1969	252/938939	3613/10716925	3818/5006882	1854	9537
1970	ontbreekt	ontbreekt	7593/4466895	2080	ontbreekt
1971	225/526727	2681/8213749	7148/4467816	1806	11860
1972	370/1263736	2230/7356081	6987/4384432	2122	11709
1973	350/1151736	1350/4116595	6717/4103785	2268	10684
1974	345/1253013	1491/4800426	7003/4858134	2196	11035
1975	217/900915	1487/4323848	6125/4652174	1686	9515
1976	188/702912	1241/4178506	5888/4394763	1532	8849

Nota : 1. Het aantal zeeschepen geschut door de Kattendijksluis is te verwaarlozen.

2. BNT of Belgische netto inhoud in tonnen is een netto-scheepsinhoud. Enkele steekproeven hebben aangetoond dat afhankelijk van het soort schip en ertsschepen uitgezonderd benaderend (fout tot 10%) kan worden aangenomen dat de bruto-scheepsinhoud opgegeven in Lloyds' Register of Shipping 33% hoger ligt dan de BNT. De register-tonnen zijn nagenoeg 2,83 m³

.../...

Tabel 1 laat vaststellen dat de zeescheepvaart naar en van de haven van Brussel, de Petroleuminstellingen, de Scheldekaaien en in mindere mate Royerssluis in de laatste jaren terugloopt.

Gedeeltelijk heeft dit conjuncturele doch hoofdzakelijk structurele oorzaken.

Niettemin, zoals tabel 2 aantoont, vormt deze trafiek nog steeds een belangrijk aandeel van de totale zeevaart op de Schelde, met bestemming en herkomst Antwerpen en opwaarts.

TABEL 2

Jaar	Aantal zeeschepen		Aandeel van de zeeschepen over Oosterweeldrempel in de totale zeescheepvaart op de Schelde
	over Oosterweeldrempel	in totaal van en naar Antwerpen en opwaarts	
1967	17.662	38.670	046
1968	14.069	38.248	037
1969	9.537	38.172	025
1970	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt
1971	11.860	39.639	030
1972	11.709	39.811	029
1973	10.684	39.950	027
1974	11.035	40.328	027
1975	9.515	37.135	026
1976	8.849	37.226	024

De grootste schepen zijn bestemd voor of herkomstig van de Petroleuminstellingen-Zuid, Hemiksem en de scheepswerven van Hoboken en Temse.

Enkele grote schepen in 1976 voor de Petroleuminstellingen zijn:

	<u>BRT</u>	<u>BNT</u>	<u>Afmetingen</u>
Chevron the Hague :	13894	10925	172,40 x 23,63 x 9,71
British Tamar :	15652	12101	171,16 x 25,05 x 9,59
Messianiki Aigli :	17485	13694	170,82 x 26,04 x 11,01

en voor Hemiksem:

Alchemist	175,90 x 22,61 x 9,63 (31'6")
-----------	-------------------------------

De scheepswerven van Boel te Temse en Cockerill Yards te Hoboken kunnen vooralsnog schepen afleveren die gaan tot de afmetingen (in m) van de 150.000 DWT tanker (ca: 300 x 44,50 geballast bij afvaart tot ca 6,10).

Voor het jaar 1976 zijn de afmetingen opgezocht van het grootste aantal zeeschepen uit tabel 1 in Lloyds' Register of Shipping. Dit heeft toegelaten tabel 3 op te stellen.

Deze tabel geeft per bestemming of herkomst de procentuele indeling volgens breedte (in m en voet) van de schepen die in 1976 over de drempel van Oosterweel hebben gevaren.

TABEL 3

Bestemming of herkomst	Scheepsbreedten in m (en voet) in % van totaal								Totaal van de scheeps- breedten in %
	6,11-9,15 (20'-30')	9,16-12,20 (30'-40')	12,21-15,25 (40'-50')	15,26-18,30 (50'-60')	18,31-21,33 (60'-70')	21,34-24,38 (70'-80')	24,39-27,43 (80'-90')	boven 27,43 (90')	
Petroleum instel- lingen Zuid	2,7	24,7	26,0	11,7	3,9	27,0	4,0	0	100
Schelde- kaaien	3,6	19,6	17,2	25,0	23,8	10,6	0,2	0	100
Royers- sluis	23,0	44,0	30,0	3,0	0	0	0	0	100
Haven v. Brussel, Temse, Rupelmonde Hoboken Hemiksem	45,0	32,0	18,0	2,0		3,0			100

Daaruit volgt dat de zeeschepen die over Oosterweeldrempel hebben gevaren in 1976 volgens breedten in % kunnen worden ingedeeld zoals tabel 4 toont.

TABEL 4

Plaats van overvaren	Scheepsbreedten in m (en voet) in % van totaal								Totaal in %
	6,11-9,15 (20'-30')	9,16-12,20 (30'-40')	12,21-15,25 (40'-50')	15,26-18,30 (50'-60')	18,31-21,33 (60'-70')	21,34-24,38 (70'-80')	24,39-27,43 (80'-90')	boven 27,43 (90')	
Drempel van Oosterweel	19	30	23	10	7	9	1	1	100

Vb.: 23% van het totaal over de drempel van Oosterweel varende zeeschepen hebben een breedte tussen 12,21 m en 15,25 m.

3.1.2. De binnenscheepvaart

Het aantal geladen binnenschepen die in de tienjarige periode 1967-1976 hebben gevaren over de drempel van Oosterweel wordt gegeven in tabel 5 (naar gegevens verstrekt door het Nationaal Instituut van de Statistiek).

TABEL 5 Binnenscheepvaartverkeer tussen de Rooyerssluis en de Belgisch-Nederlandse grens

Jaar	Uitgaand en inkomend verkeer		
	Aantal reizen	Inhoud ton	Vervoerde goederen ton
1967	36.765	27.884.440	23.181.280
1968	38.398	29.399.089	24.918.012
1969	34.451	26.742.735	22.194.349
1970	34.569	26.486.223	22.425.529
1971	36.374	28.869.208	22.769.690
1972	37.100	30.745.434	23.827.737
1973	53.155	39.499.234	32.334.273
1974	50.935	38.399.613	32.168.914
1975	40.833	33.852.715	27.885.471
1976	9.505	10.123.907	8.408.028

De grote daling in 1976 van het aantal binnenvaartschepen in het beschouwde vak Royerssluis - Belgisch-Nederlandse grens toezv de vorige jaren is hoofdzakelijk te wijten aan het indienststellen van de nieuwe Schelde-Rijnverbinding. Daardoor komen de schepen die voor de haven zijn bestemd rechtstreeks in de dokken toe.

Tevens verhoogt de gemiddelde scheepsinhoud van rond 800T tot 1100T. De beladingsgraad blijft zowat 83%.

Na de modernisering van het kanaal Zuid-Beveland tegen 1985 is het waarschijnlijk dat de beweging door de Schelde terug aangroeit.

Van de binnenscheepvaartbeweging door de Royers- en Kattendijksluis en van en naar de Scheldekaaien en Petroleuminstellingen geeft tabel 6 een beeld.

Deze schepen varen niet noodzakelijk over de Oosterweeldrempel.

Nochtans is deze beweging een mogelijke hinder voor de doorvaart of de uitvoering van een stormvloedkering op Oosterweeldrempel.

TABEL 6 Binnenscheepvaartbeweging van en naar de Petroleuminstelling Zuid, de Scheldekaaien, de Royers- en Kattendijksluis

Jaar	Petroleuminstellingen aantal schepen/inhoud m ³	Scheldekaaien aantal schepen/inhoud m ³	Kattendijksluis aantal schepen/inhoud m ³	Royerssluis aantal schepen/inhoud m ³
1967	10016/7776127	6437/3792365	48730/25242994	21060/10450768
1968	9041/7178325	6817/4095425	45837/23024662	18222/9144855
1969	8105/6917306	7439/4254920	40868/20714113	20833/10808855
1970	ontbreekt	ontbreekt	37915/19086929	21803/11422985
1971	8208/7740723	9530/6262576	35300/17011083	22138/11180076
1972	7409/8050690	10074/6783628	35529/18090733	19459/10157631
1973	6935/7351145	11631/8280734	27236/14508039	18491/10172929
1974	7698/7891418	10782/8224577	33093/17838725	18768/10414834
1975	6153/6680737	9597/6249483	26344/14925079	13532/7956097
1976	5148/5600127	9237/7795492	29806/16940986	13909/7532805

Afmetingen (in m) van binnenschepen die thans over de drem-
pel van Oosterweel varen zijn :

80.00 x 9.50 x 3.22 (1700T)

100.00 tot 120.00 x 12.00 x 4.02 (3500 T en meer)

De grootste binnenvaartafmetingen die door Wintamsluis worden
geschut zijn die van een duwbak : 112.40 x 11.40 met een
diepgang 5.79 voor Brussel

6.10 voor Ruisbroek

Na de modernisatie van het kanaal Zuid-Beveland (voltooid
tegen 1985) mag op de Schelde worden gerekend met duwkon-
vooien van : 191.00 x 22.80 x 4.00

De afmetingen van de binnenschepen worden beperkt door die
van de sluizen :

Actueel : Royerssluis	: 180.00 x 22.00 x (- 6.33 NKD)
Kattendijksluis	: 110.00 x 24.80 x (- 3.32 NKD)
Wintamsluis	: 114.00 x 15.75 x (- 6.00 NKD)

In de toekomst :

Boerinnesluis	: 235.00 x 50.00 x (- 6.50 NKD)
Wintamsluis	: 205.00 x 25.00 x (- 9.00 NKD)

3.2. De vrije doorvaartbreedte van de stormvloedkering

3.2.1. Doorvaartbreedte bij niet-geassisteerde doorvaart voor één enkel zeeschip in een rechte strekking

Zonder rekening te houden met de dwarsstroom en het wind-
effect is de nodige doorvaartbreedte $5B$ (B = scheeps-
breedte).

Deze $5B$ omvat :

- de scheepsbreedte B ;
- een afwijking $\pm B$ die overeenkomt met de nauwkeurigheid
met dewelke actueel de positie van het schip, varende
op het zicht van boeien en lichtenlijn, kan worden be-
paald toezv de ideale koerslijn;
- een supplementaire afwijking $\pm \frac{B}{2}$ die kan optreden tus-
sen het ogenblik dat de bovenvermelde afwijking wordt
vastgesteld en het ogenblik waarop de koerscorrectie
haar invloed laat gelden;
- een veiligheid van $\frac{B}{2}$ aan beide zijden van het schip
tegen oeverzuiging.

Bij bovengenoemde breedte van 5B moet worden gevoegd de invloed van dwarsstroom en -wind.

De breedte van de vaargeul bestreken tengevolge van dwarsstroom is L sin d waarin:

$$L = \text{scheepslengte en tgd} = \frac{\text{dwarscomponente van de stroming}}{\text{scheepssnelheid}}$$

Er wordt aangeraden tgd niet groter te laten worden dan 025 hetgeen overeenkomt met $d = 14^\circ$.

Stroommetingen uitgevoerd op de drempel van Oosterweel tonen dat de richting van de stroombanen van de uitgeworpen oppervlaktevlotters -11° tot $+12^\circ$ kunnen afwijken van de richting van de lichtenlijn waaraan de langsas van de stormvloedkering evenwijdig moet worden ontworpen.

Er kan aldus worden aangenomen dat de onderstelling $d = 14^\circ$ in onderhavig geval ook rekening houdt met de invloed van dwarswind.

Vermits L rond 7B ligt is de invloed van dwarsstroom en -wind: $L \sin d = 7 B \times 024 = 1,68 B$.

De benodigde vaarbreedte bij vrije vaart, in de actuele omstandigheden van navigatiemiddelen, door de stormvloedkering voor een zeeschip met breedte B wordt daardoor:

$$(5 + 1,68) B.$$

Indien op efficiënte wijze een elektronisch plaatsbepalingssysteem zou kunnen worden gebruikt dan zou de bovenvermelde fout in de positiebepaling van $2 \times B$ kunnen worden teruggebracht tot $2 \times 5,00 \text{ m} = 10,00 \text{ m}$.

In dit geval wordt de nodige doorvaartbreedte :

$$(3 + 1,68) B + 10,00 \text{ m}$$

Voor beide onderstellingen geeft de onderstaande tabel 7 de nodige nuttige doorvaartbreedte volgens de breedten (B) van de verschillende zeeschepen (in totaal 8849) die in 1976 over de Oosterweeldrempel zijn gevaren.

.../...

TABEL 7

B voet en (m)	Aantal derge- lijke zee- schepen in 1976	% van het totaal aan- tal zee- schepen in 1976	Nodige nuttige doorvaart- breedte bij vaart (in m)	
			zoals actueel	met electro- nisch plaats- bepaling
tot 30' (9,15)	1.681	19	61	38
tot 40' (12,20)	4.336	49	81	59
tot 50' (15,25)	6.371	72	102	62
tot 60' (18,30)	7.256	82	122	83
tot 70' (21,35)	7.876	89	143	95
tot 80' (24,40)	8.672	98	163	108
tot 90' (27,45)	8.761	99	183	120

3.2.2. Doorvaartbreedte bij geassisteerde doorvaart voor één enkel
zeeschip in een rechte strekking

3.2.2.1. Afmetingen van enkele sleepboten

	<u>breedte (m)</u>	<u>lengte (m)</u>
Dominique Letzer	6,70	27,00
Adrianus en Annik Letzer	7,68	30,50
Jean-Marie Letzer	7,76	30,50
Zeesleepboten:		
Scaldis	9,16	50,50
Georges Letzer	9,05	38,14
Wielingen	9,20	33,33
Seahorse en Sealion	9,97	36,50
Wrestler	10,70	52,32

In de berekening van de doorvaartbreedte van een stormvloedkering
te Oosterweel zal worden gerekend met sleepbootbreedten $b = 8,00$ m.

.../...

3.2.2.2. Sleeptros en hoek tussen sleeptros en kiellijn van het zeeschip

De lengte van de sleeptros varieert naargelang de aard van het werk en de plaats alsook volgens de persoonlijke appreciatie van de sleepbootkapitein.

Voorboten en achterboten hebben meestal een verschillende lengte van sleeplijn.

Aangenomen kan worden dat de gemiddelde lengte 60,00 m bedraagt.

De hoek tussen sleeptros en kiellijn van het zeeschip heeft uiteraard geen vaste waarde tijdens het manoeuvreren.

Wanneer echter een zeeschip in de juiste positie en richting ligt om een engte te doorvaren, zullen beide voorboten dezelfde voorligging hebben als het geassisteerde schip en uit elkaar liggen van 1,5 à 2 B (B = breedte geassisteerde schip).

3.2.2.3. Doorvaartbreedte van de stormvloedkering voor één enkel zeeschip bij gebruik van sleepboten

Er wordt ondersteld dat:

- het geassisteerde vaartuig praktisch geen snelheid heeft (1 à 2 kn) zodat de sleepboten volop kunnen renderen;
- het kunstwerk op- en afwaarts in een voldoende lange, rechte rivierstrekking ligt zodat het vaartuig, daarin geassisteerd door de sleepboten zich vóór de doorvaartopening presenteert op en volgens de strekking van de aslijn van deze opening op de nauwkeurigheid na van het plaatsbepalingssysteem (varende op boeien en lichtenlijn) zijnde $\pm B$;
- de sleepboten op het ogenblik van invaren in de doorvaartopening minimaal uit elkaar liggen nl. 1,5 B;
- de actie van dwarswind en -stroom vooraf gecorrigeerd wordt door de sleepboten;
- de veiligheid tegen pijleraanzuiging gelijk is aan de sleepbootbreedte.

Is b de breedte van de sleepboot dan is de nodige doorvaartbreedte:

$$2 \times \left(B + \frac{1,5}{2} B + \frac{b}{2} + b \right) = 3,5 B + 3 b = 3,5 B + 24,00 \text{ m}$$

Kan op efficiënte wijze een elektronisch plaatsbepalingssysteem worden

ingeschakeld in het gebied rond de stormvloedkering dan zou de formule worden : $1,5 B + 34,00 \text{ m}$.

Tabel 8 geeft de doorvaartbreedte van de stormvloedkering in bovenvermelde hypothesen in functie van de breedten B van de zeeschepen (in totaal 8.849) die in 1976 over de drempel van Oosterweel zijn gevaren.

TABEL 8

B voet en (m)	Aantal dergelijke zeeschepen in 1976	% van het totaal aantal zeeschepen in 1976	Nodige nuttige doorvaartbreedte bij vaart (in m)	
			zoals actueel	met elektronische plaatsbepaling
tot 30' (9,15)	1.681	19	56	48
tot 40' (12,20)	4.336	49	67	53
tot 50' (15,25)	6.371	72	77	57
tot 60' (18,30)	7.256	82	88	62
tot 70' (21,35)	7.876	89	99	66
tot 80' (24,40)	8.672	98	109	71
tot 90' (27,45)	8.761	99	120	75
tot 146' (44,50)	schepen voor en van scheepswerven		179	100

3.2.3. Conclusie inzake vrije doorvaartbreedte van de stormvloedkering voor de zeescheepvaart

3.2.3.1. Minimale vrije doorvaartbreedte

3.2.3.1.1. Met de huidige navigatiemiddelen

120,00 m laat door 99% der zeeschepen (81% in vrije vaart en 18% geassist.)
 100,00 m laat door 90% der zeeschepen (70% in vrije vaart en 20% geassist.)
 80,00 m laat door 75% der zeeschepen (49% in vrije vaart en 26% geassist.)
 65,00 m laat door 43% der zeeschepen (25% in vrije vaart en 18% geassist.)

Om de actuele zeescheepvaart voor 100% te kunnen behouden moet in al deze gevallen nog een sluis worden voorzien voor de schepen die veiligheids- halve niet door de stormvloedopeningen kunnen varen.

.../...

3.2.3.1.2. Met elektronisch plaatsbepalingssysteem en in de veronderstelling dat het efficiënt kan werken

100,00 m laat door 100% der zeeschepen (ca 93% in vrije vaart en 7% geassist.)

75,00 m laat door 99% der zeeschepen (ca 78% in vrije vaart en 21% geassist.)

65,00 m laat door 87% der zeeschepen (ca 74% in vrije vaart en 13% geassist.)

Met openingen beneden 100,00 m nuttige doorvaartbreedte zou de stormvloedkering met een sluis moeten worden uitgerust om 100% van de actuele zeescheepvaart door te laten.

3.2.3.1.3. Het loodsenadvies

Het loodsenadvies dat zich uit de praktijk heeft gevormd luidt dat, de nuttige doorvaartbreedte per opening minstens 100m00 moet bedragen zowel tijdens de uitvoering der werken als daarna.

3.2.3.1.4. Voorlopige conclusie

Gelet op de zware technische, economische en financiële gevolgen van de keuze inzake doorvaartbreedte kan bovenstaande "desk-study" niet als voldoende worden aangezien.

Ze moet worden geschraagd door nautisch onderzoek terplaatse en in een laboratorium gecoördineerd door een deskundig studiebureau, alles ter bepaling van de minimaal mogelijke doorvaartbreedte.

3.2.3.2. Aantal doorvaartopeningen

Een oplossing met slechts één grote doorvaartopening is onder nautisch oogpunt niet aan te raden wegens het noodzakelijk dwarsen van het vaarwater door het vaartuig, het ondergaan van dwarse stroom en de noodzakelijke scheepvaartregeling.

Dit laatste zou eventueel het aanleggen of ankeren van schepen vergen met alle daaraan verbonden moeilijkheden zowel opwaarts in een reeds druk ankergebied nabij de Kattendijk-, Royers- en toekomstige Boerinesluis als afwaarts in een bocht.

Een scheepvaartregeling is anderzijds niet denkbaar zonder bemand radar- en televisieoverzicht van een uitgestrekt gebied en een meldingsplicht van schepen die erin- en uitvaren.

Twee openingen zijn trouwens noodzakelijk in het noodgeval waarbij een opening bij ongeval is geobstrueerd.

.../...

4. Nodige vrije doorvaarthoogte voor de scheepvaart

Lloyd's Register geeft niet de masthoogte van schepen.

Onderstaande tabel 9 geeft deze hoogte voor enkele fruit-
kool-, erts-, vrachtschepen en tankers.

TABEL 9

Afmetingen van enkele zeeschepen (Bron : Boel Temse)

Naam	DWT	L _{o.a.} m	L _{ll} m	B m	H _s m	H _h m	D m	H _{lv} m	H _{la} m
ctor choelcher (fruitsch.)	2100	114.30	104.45	15.80	10.10	7.80	5.90	34.00	33.00
ubreka (fruitsch.)	2700	114.49	104.73	15.80				34.50	34.00
ankrig (vrachtsch.)	5820	128.72	117.60	15.80	9.50	6.90	6.57	35.50	34.00
uilleia (vrachtsch.)	6900	130.40	121.00	18.10		7.95	7.29	35.00	34.00
p Blanco (vrachtsch.)	8.200	152.00	139.54	18.70	11.63	8.63	7.69	36.00	34.00
lassa vracht- en ssagier- ship)	10000	151.31	139.60	19.40		14.65	8.30	39.00	38.50
rribilli (vrachtsch.)	10350	156.09	143.25	20.73	13.41	9.60	8.41	35.50	31.50
ontfern- and (vrachtsch.)	10365	156.58	143.25	19.66	11.74	9.14	7.96	42.50	42.00
nto Maru (vrachtsch.)	11680	146.10	134.80	19.00		11.10	8.60	41.00	40.50

.../...

Naam	DWT	L _{oa} m	L _{ll} m	B m	H _s m	H _h m	D m	H _{lv} m	H _{la} m
anheim (vrachtsch.)	11580	144.46	132.00	18.40	11.48	8.88	8.58	35.50	34.00
Griekse (vrachtschepen)	12000 à 14000	157.10	142.50	20.00	12.50	9.66	8.35 à 9.30	40.00	39.50
Projet (vrachtsch.)	12000	147.15	136.26	18.90	12.00	9.69	8.84	36.50	38.50
lyssen (koolschip)	12800	160.52	150	20	12.10	9.45	8.04	42	37.5
rnille (tanker)	13.160	146.15	137.16	19.20		10.82	8.68	34.50	32.50
petan Carras (vrachtschip)	13320		137.16	18.90		12.29	9.34	37.50	36.50
vasaksa (koolschip)	14000	149.35	140.26	19.51		12.95		37.00	33.00
amelie (koolschip)	15480	160.52	150.00	20.00	12.10	9.45	9.09	42.00	37.50
igit Maersk (tanker)	19030	169.77	161.54	21.57		12.04	9.31	38.00	36.00
eanus (tanker)	24500	186.16	175.86	23.16		13.18	9.96	35.00	33.00
rycleia (tanker)	24600	188.27	178.00	24.00		12.00	9.70	36.50	34.50
rita Onstad (tanker)	28850	198.03		24.54		13.64	10.01	38.50	36.50

.../...

Naam	DWT	L _{oa} m	L _{ll} m	B m	H _s m	H _h m	D m	H _{lv} m	H _{la} m
Cabimas (tankers)	32500	202.46	192.02	26.52		13.87	10.37	35.50	38.50
Bergehus (tanker)	33000	200.94	190.50	26.21		13.94	10.49	35.00	33.00
Tina Onassis (tanker)	45000	236.40	220.50	29.00		15.70	11.45	34.50	39.50

Verklaring : L_{oa} = lengte over alles

L_{ll} = lengte tussen loodlijnen

H_s = holte tot shelterdek

H_h = holte tot hoofddek

H_{lv} en H_{la} = hoogte der masten boven ledige diepgang
resp. voor en achter

Voorname schepen hebben dus tot 42m50 masthoogte.

De Boelwerf en Cockerill Yards bouwen actueel echter schepen met groter masthoogte. De metaantanker in aanbouw op de Boelwerf heeft een masthoogte van 54m00.

Tevens kunnen speciale constructies nog groter doorvaart-hoogte behoeven.

De hoogspanningsleidingen over de Schelde bij Zandvlietsluis hebben 82m00 vrije hoogte boven GHW. De laagste hoogspanningsleiding bij de Centrale van Schelle ligt op 47m00. Echter zullen aldaar alle hoogspanningsleidingen worden verhoogd om de afvaart in 1978 van de bovengenoemde metaantanker toe te laten.

De hefhoogte van de bruggen die worden gebouwd op het Zee-kanaal van Brussel is minstens 35m00.

Concluderend geldt dat om dezelfde vrijheid van scheepvaart te behouden als actueel een stormvloedkering met onbeperkte hoogte

van doorvaart moet worden gebouwd, hetzij de eigenlijke stormvloedkering zelf dit verwezenlijkt, hetzij een sluis wordt ingebouwd. In dit laatste geval kan in de eigenlijke stormvloedkering 45,00 m volstaan.

5. Vloerpeil van de stormvloedkering

5.1. Evolutie van de bodem terplaatse van de kering

De vaargeul van de Schelde, gelegen binnen de dieptelijnen G.L.L.W.S. -8,00 m, leunt diehter aan tegen de linker- dan tegen de rechteroever. Bezien over een periode van 16 jaar is terplaatse van de toekomstige stormvloedkering de geulbreedte vermeerderd van 200,00 m tot actueel 265,00 m.

In een profiel gelegen op 650,00 m afwaarts van de toekomstige kering is de geulbreedte geëvolueerd in dezelfde periode van 270,00 m naar 250,00 m.

Daarentegen is de geulbreedte gelijk gebleven aan 290,00 m in een profiel gelegen op 650,00 m opwaarts en over de laatste 10 jaar.

Sedert 1968 à 1970 is de vaargeul verdiept:

in de raai van de ontworpen kering tot G.L.L.W.S. -10,00 m en opwaarts en afwaarts daarvan zelfs tot G.L.L.W.S. -12,00 m.

5.2. Vloerpeil van de stormvloedkering

Gelet op deze verdiepingstendens en het feit dat de insnoering verwekt door de kering de stroomsnelheid zal vermeerderen, wordt de drempel in minstens één grote doorvaartopening op NKD -12,00 m gelegd.

Bij de andere stormvloedkeringsopeningen volgen de drempels de onderste grens van de bodem.

De bekommernis moet daarbij voorliggen de insnoering terplaatse van de kering zo gering mogelijk te houden.

Overigens zou de debietverdeling over de geul moeten blijven zoals ze thans is om geen morfologische wijzigingen aan de Schelde te veroorzaken.

Metingen van de bestaande toestand en modelstudie op de nieuwe moeten daaromtrent gebeuren.

.../...

6. De sluis in de stormvloedkering

6.1. Het doel van de sluis is de vaartuigen door te laten die wegens hun afmetingen (lengte, breedte of opbouwhoogte) niet of niet veilig door de openingen van de stormvloedkering kunnen varen.

6.2. Het gebruik van de sluis

Het gebruik van de sluis buiten het tijdstip van stroomkentering van de sluis zal vermoedelijk bij een open stormvloedkering aanleiding geven tot dwarsstromen op het schip die het in- en uitlopen van de sluis zullen bemoeilijken.

Hydraulisch en nautisch onderzoek zou daarin klaarheid moeten brengen.

Wordt bovengenoemd vermoeden bevestigd dan is bij het gebruik van de sluis veiligheidshalve de sluiting van de eigenlijke stormvloedkering noodzakelijk met daaruitvolgend een onderbreking van de scheepvaart van ca. 12 uren (van de ene laagwaterstroomkentering tot de volgende).

Voor al bij kleine openingen waarbij de gebruiksgraad van de sluis groot is zou dit aanleiding geven tot onaanneembare storing in de scheepvaart en tot een scheepvaartregeling (met assistentie van radar en televisie en met ankerings- en aanlegplaatsen).

6.3. De sluisafmetingen

6.3.1. Lengte en breedte van de sluis

Worden voor de doorvaartopeningen in de stormvloedkering breedten aangenomen van minder dan 100,00 m dan moet een zeker procent zeeschepen door de sluis worden geschut. Van deze schepen ligt de grootste breedte thans tussen 25,00 m en 44,50 m.

Benaderend is hun lengte zevenmaal de breedte.

Gelet op de uitloopten van de geassisteerde schepen en de nodige wrijfhouten langs de schutkolkwanden moet de sluis aldus een lengte $\times$ breedte hebben van rond 400,00 m $\times$ 60,00 m.

6.3.2. Waterdiepte op de sluisdrempel

De diepgang van bovengenoemde schepen kan oplopen tot 9,76 m. Naar de Scheldekaaien is de toegelaten diepgang immers 32'.

Dit vereist een waterdiepte van $9,76 \text{ m} + 0,80 \text{ m} = 10,56 \text{ m}$. Deze waterdiepte moet minstens aanwezig zijn onder G.L.L.W.S. indien voor het gebruik van de sluis de stormvloedkering moet worden gesloten (zie 6.2.).

Bij een mogelijk versassen met open stormvloedkering is het voldoende deze waterdiepte te hebben onder de middenstand van doottij.

De drempel moet dan niet lager liggen dan NKD -8,25 m.

De keuze van de drempeldiepte heeft echter een invloed op de insnoering van het doorstroomprofiel (zie 7).

6.4. Ligging van de sluis

Een ligging van de sluis langs de linker Scheldeoever laat de mogelijkheid open voor het aannemen van roldeuren, klassiek middel voor het afsluiten van sluizen bij bovenvermelde sluisbreedte van 60,00 m. Een ligging naar de rechteroever toe tussen twee openingen van de stormvloedkering maakt een oplossing met roldeuren onmogelijk. Een oplossing van afsluiting voor dit geval moet nog worden bestudeerd.

6.5. Wachtplaatsen

Ofschoon ook zonder sluis wachtplaatsen voor schepen zijn te voorzien o.m. bij sluiting van de kering, stelt het probleem zich anders ingeval een sluis in de stormvloedkering wordt gebouwd. In het eerste geval kunnen de wachtplaatsen verwijderd liggen van het kunstwerk.

In het tweede geval gebeurt het wachten nabij het kunstwerk dat zo spoedig als mogelijk moet worden doorgevaren.

De plaats nabij de stormvloedkering is echter thans reeds een druk gebruikte wachtplaats voor de bestaande sluizen. Een verzwaring

van de bezetting kan tot moeilijkheden leiden.

Een statistisch onderzoek is thans in uitvoering door opnemingen terplaatse.

De kwestie van de wachtplaatsen is dan ook niet ten gronde onderzocht.

6.6. Het loodsenadvies

Sluizen liggen tot nu toe in stroomloze gebieden.

Het aanbrengen van een sluis op stroom zal volgens loodsenadvies problemen scheppen.

Het loodsenadvies inzake het aanbrengen van een sluis in de stormvloedkering is negatief.

7. De insnoering van het dwarsprofiel van de Schelde

7.1. De insnoering bij verschillende oplossingen

Het actueel doorstromingsprofiel genomen over 350,00 m lengte volgens de riviéras, lengte waarover wordt ondersteld dat de kering zich zal uitstrekken, heeft gemiddeld een oppervlakte van 3560 m² onder gemiddeld laagwater en 6390 m² onder gemiddeld hoogwater.

Voor verschillende openingen en bodempeilen in de stormvloedkering is de doorstroomoppervlakte bepaald en vergeleken met het bestaande profiel van de rivier zonder kering.

De onderstaande tabel 9 geeft de insnoering.

../...

TABEL 9

Voorontwerp			Veronder- stelde pijler- dikten	Oppervlakte door- stroomprofiel		Insnoering	
n°	Aantal doorvaart- openingen met breedte m	Corresponderend bodempcil m onder NKD	m	onder		onder	
				GLW m2	GHW m2	GLW %	GHW %
1	1 x 60,00 (sluis)	- 12,00	20,00	3.470	5.610	-2,50	-12,20
	1 x 125,00	- 12,00	20,00				
	1 x 125,00	- 9,00	20,00				
	1 x 40,00	- 5,50	10,00				
	1 x 40,00	- 2,00	10,00				
1a	1 x 60,00 (sluis)	- 12,00	id.	3.460	528	-5,20	-17,40
	1 x 125,00	- 12,00					
	1 x 125,00	- 8,00					
	1 x 30,00	- 4,00					
	1 x 30,00	- 1,00					
2	1 x 60,00 (sluis)	- 12,00	id.	3.595	5.457	-1,50	-14,60
	1 x 100,00	- 12,00					
	1 x 100,00	- 10,00					
	1 x 40,00	- 7,00					
	1 x 40,00	- 5,50					
	1 x 40,00	- 2,00					
2a	1 x 60,00 (sluis)	- 12,00	id.	3.285	5.049	-10,00	-21,00
	1 x 100,00	- 12,00					
	1 x 100,00	- 9,00					
	1 x 50,00	- 5,50					
	1 x 50,00	- 2,00					
3	2 x 64,00	- 12,00	11,00	3.572	5.581	-2,10	-12,60
	2 x 64,00	- 9,00	11,00				
	1 x 64,00	- 8,00	11,00				
	1 x 30,00	- 5,00	7,00				
	1 x 30,00	- 3,00	7,00				
	1 x 30,00	- 1,00	7,00				

Voorontwerpen 1, 2 en 3 zijn schematisch aangeduid op de bijgaande plans.

Gemiddeld is de insnoering aldus 4,5% en 15,5% onder resp. gemiddeld laag- en gemiddeld hoogwater.

7.2. De invloed van de insnoering op de snelheid en het sedimenttransport

In april en mei 1977 zijn snelheidsmetingen uitgevoerd op de drempel van Oosterweel bij een sterk springtij en een gemiddeld getij.

Maximale snelheden zijn alsdan gevonden:

- bij springtij en vloed:
1,64 m/sec. (linkeroever) en 1,48 m/sec. (rechteroever)
- bij springtij en eb:
1,22 m/sec. (linkeroever) en 1,19 m/sec. (rechteroever)
- bij gemiddeld tij en vloed:
1,17 m/sec. (linkeroever) en 0,79 m/sec. (rechteroever)
- bij gemiddeld tij en eb:
1,06 m/sec. (linkeroever) en 1,04 m/sec. (rechteroever).

Bovengenoemde insnoering van 4,5% en 15,5% betekent dat de maximale stroomsnelheid bij springtij en vloed zou oplopen tot 1,90 m/sec. op de linkeroever, waar normaal de sluis en de doorvaartopeningen zijn gelegen en tot 1,35 m/sec. bij eb op dezelfde plaats.

Een langgerekt kunstwerk zoals een sluis en trouwens ook de kering met haar pijlers zullen de insnoering nog vergroten.

Ook slibgehalten zijn gemeten. De grootste bedraagt 1 gr/l aan de bodem.

Tijdens de metingen in 1970 is middenvaarwater een slibgehalte vastgesteld van 4 gr/l.

Tot welke afstand het sedimenttransport zal worden beïnvloed door het bouwen van de stormvloedkering en welke maatregelen te nemen zijn (o.m. taludbekleding en bodembescherming) hangt af van de uiteindelijk gekozen oplossing en moet uit modelonderzoek worden afgeleid.

../...

8. Verval dat ontstaat bij de stormvloedkering bij verschillende tijdstippen van sluiting, typen van getij, bovendebieten, sluitingstijden, een opening in de kering en een overlaat

8.1. Invloed van de sluiting der stormvloedkering op de karakteristieken van een gemiddeld getij en een springtij en van het stormtij en het buitengewoon stormtij van 1 februari 1953

De invloed is berekend (1) in twee plaatsen van de Schelde, de ene gelegen 4 km afwaarts en de andere 4 km opwaarts van de stormvloedkering en bij gering bovendebiet.

Het lokaal effect bij de kering is niet onderzocht en evenmin de invloed van de golfslag.

Voor een gemiddeld getij stijgt op 4 km afwaarts de kering het hoogwater bij sluiting op laagwaterstroomkentering van 57 cm en daalt het laagwater van 55 cm. De tijhoogte vermeerderd aldus van 112 cm.

Voor een springtij zijn deze cijfers in dezelfde voorwaarde van sluiting resp. 75 cm, 68 cm en 143 cm.

De maximale verhoging van hoogwater treedt op bij sluiting van de kering ongeveer 4 uur na laagwaterstroomkentering en bedraagt alsdan ongeveer 85 cm bij gemiddeld getij en 120 cm bij springtij.

In het geval van een buitengewone stormtij zoals dit op 1 febr. 1953 zou de stijging van het buitengewoon hoogwater 20 cm bedragen bij sluiting van de kering op laagwaterstroomkentering en 74 cm bij sluiting 4h50'20" nadien.

Er kunnen bij gering bovendebiet en naargelang het ogenblik van sluiting vervallen optreden van de grootte-orde van 5,00 m bij gemiddeld getij, 6,00 m bij springtij, 7,00 m bij buitengewoon stormtij in de richting St. Marie naar Antwerpen en van 5,10 m bij gemiddeld getij, 5,84 m bij springtij en 4,00 m bij buitengewoon springtij in de tegenovergestelde richting.

(1) G. CLAEYS, Model 252-8 Enkele tijberekeningen in verband met de stormvloedkering te Oosterweel, Borgerhout, sept. 1969.

8.2. Invloed van de bovendebieten

Door de grote bergingscapaciteit van het pand opwaarts de stormvloedkering ondervindt de waterstand aldaar slechts een geringe invloed vanwege normale afvoerdebieten bij gesloten kering.

Uit berekeningen blijkt dat bij een bovenafvoer van 400 en 900 m³/sec de waterstand na stabilisatie juist opwaarts de gesloten kering respectievelijk stijgt met 5 cm en 12 cm per uur.

8.3. Invloed van de sluitingstijd van de stormvloedkering

Het verschil in sluitingstijd heeft een geringe invloed (maximaal 1 dm) op de meetkundige plaats der hoogwaters afwaarts en op de waterstanden opwaarts.

Dit volgt uit berekeningen (1) voor een kering te Hemiksem gesloten op HW Antwerpen - 1 1/2 h respectievelijk ogenblikkelijk, op 10 minuten en op 30 minuten met lineair verloop van het debiet tot nul bij de sluiting. Onderzocht zijn daarbij stormtijden met frequentie 1/100, 1/1000 en 1/10.000 te Antwerpen.

8.4. Het falen van de stormvloedkering

Het risico is niet uitgesloten dat op het kritieke ogenblik om een of ander reden een van de openingen van de stormvloedkering niet kan worden afgesloten.

De gedeeltelijk openblijvende stormvloedkering verwekt alsdan een insnoering in het doorstroomprofiel van de rivier met een overeenkomstig verval.

Het is mogelijk dit verval uit te drukken in % van het oorspronkelijk tijverschil zonder kering en dit in functie van het openblijvend doorstroomprofiel in procent van het oorspronkelijk doorstroomprofiel (2).

Aldus wordt vastgesteld dat indien 2% van het doorstroomprofiel openblijft (bv. benaderend een opening van 100,00 m breedte in de stormvloedkering op een totale Scheldebreedte terplaatsse van 500,00 m) het oorspronkelijk tijverschil slechts van 1% wordt

(1) G. CLAEYS, o.c.

(2) P. ROOVERS, Mod. 331 Studie van de bestrijding van het overstromingsgevaar, Borgerhout, 1976

gereduceerd (een tijverskil van 5,80 m wordt aldus opwaarts slechts van 0,87 m gereduceerd indien een stormvloedkering over een breedte van 100,00 m openblijft).

Hoe kleiner de openblijvende opening, hoe groter de insnoering en het verval terplaatse van de kering.

Met het oog op een mogelijk falen van de kering moeten de grote openingen tot een minimum worden herleid en maximaal bedrijfszeker zijn.

8.5. Beperking van het verval over de kering

Berekeningen (1) tonen aan dat voor het tijverloop van 1 februari 1953 het theoretisch mogelijk is het verval terplaatse van de stormvloedkering tot 3,00 m te beperken bij middel van doorstroomopeningen in de kering.

De stroomsnelheden door de openingen zijn van de grootte-orde van 8,00 m per sec. hetgeen uitschuring of ontgronding kan veroorzaken, trillingen in de schuif en moeilijkheden voor de in de buurt liggende schepen.

Een praktische oplossing is tot nu toe niet bereikt (zie ook 11).

8.6. De kering als overlaat

8.6.1. Invloed van het kruinpeil van de kering bij sluiting op de waterstand af- en opwaarts

Bij een getij met een frequentie van voorkomen van 0,01 per eeuw te Antwerpen (HW 9,05 NKD) en zonder bovendebiet zijn de stijgingen van het hoogwater afwaarts de kering t.o.z.v. de toestand zonder kering en bij een sluiting op laagwaterstroomkentering 19 cm, 15 cm en 10 cm respectievelijk voor een kruinpeil van NKD + 10,00 m + 8,00 m en + 7,00 m.

De invloed van een overstort op de hoogwaterstanden afwaarts is aldus gering.

De overeenkomstige stijgingen in dezelfde voorwaarde van sluiting zijn respectievelijk 20 cm, 48 cm en 108 cm opwaarts de kering t.o.z.v. de waterstand (3,80 m NKD) op het ogenblik van sluiting.

(1) G. CLAEYS, o.c.

Het maximaal verval optredend op het ogenblik van hoogwater afwaarts de kering bedraagt aldus respectievelijk 5,25 m, 4,95 m en 4,35 m.

Bij een getij met frequentie van voorkomen van 1 per eeuw (HW te Antwerpen 7,80 m) zijn de stijgingen van het hoogwater afwaarts de kering ten opzichte van de toestand zonder stormvloedkering en bij een sluiting op laagwaterstroomkentering 22 cm, 22 cm en 17 cm.

Opwaarts de kering bij sluiting op waterstand 2,54 m NKD stijgt de waterstand respectievelijk met 20 cm, 20 cm en 38 cm.

Het maximaal verval optredend op het ogenblik van hoogwater afwaarts de kering bedraagt aldus respectievelijk 5,30 m, 5,30 m en 5,05 m.

8.6.2. Wordt de kering al of niet uitgerust met een overlaat ?

In de actuele stand van de opties en studie is het niet uit te maken of een overlaat wenselijk is bij de gekozen maatgevende stormvloed, het nog te kiezen bovendebiet, de opgelegde bovenlimiet van de opwaartse waterstand, de soort afsluiting, de gevolgen op deze afsluiting van de overstorting.

Vooralsnog is daarom het kruinpeil van de kering afgestemd op het peil $8,75 \text{ m NKD} + 0,30 \text{ m} = 9,05 \text{ m NKD}$

9. Het tijdstip van sluiten van de kering

9.1. Het waarschuwingssysteem

Door berichten uitgaande van de Engelse Stormvloedwaarschuwingdienst die de waterhoogten opgeeft aan de Engelse Oostkust en aan de hand van gegevens verstrekt door het Koninklijk Meteorologisch Instituut en afgelezen op de facsimile weerkaarten beschikbaar bij de Hydrografische Dienst der Kust te Oostende wordt de mogelijkheid afgeleid van het optreden van een stormvloed.

Van deze mogelijkheid worden de Antwerpse Zeediensten, de Dienst van de Zeeschelde, de Binnenlandse Strijdkrachten, de Civiele Bescherming en de Generale Staf van de Rijkswacht op de hoogte gesteld.

Aangenomen wordt dat deze alarmering kan gebeuren vóór het laagwater dat de stormvloedstand voorafgaat.

Een tweede waarschuwing wordt gegeven van zohaast wordt afgeleid dat te Oostende het Peil Z +5,50 m zal worden overtroffen ("Hoogtij") zonder dat zekerheid bestaat dat Z +5,75 m zal worden bereikt.

Een derde waarschuwing gebeurt wanneer wordt afgeleid dat te Oostende minstens het peil Z +5,75 m zal worden bereikt ("Gevaarlijk stormtij").

Door menselijke tekortkomingen of indien de stormvloed spoedig optreedt kan de eerste of tweede alarmering of beide ontbreken. Normaal moeten de tweede en derde verwittiging Antwerpen bereiken minstens vijf uren vóór plaatselijk hoogwater aldaar t.t.z. zowat één uur na plaatselijk laagwater.

Wordt een stormvloedkering gebouwd dan zal het waarschuwings-systeem ten behoeve van de scheepvaart moeten worden aangevuld met de tijdige verwittiging dat het kunstwerk zal worden gesloten.

9.2. De limietwaterstand te Antwerpen opwaarts de stormvloedkering

Te Antwerpen liggen de kaaïen rond het peil NKD +7,00 m terwijl opwaarts die stad zekere scheepswerven slechts liggen op NKD + 6,60 m.

Om overstroming te vermijden mag de waterstand na sluiting van de kering niet alleen dit peil niet bereiken, doch er moet een marge blijven tot dit peil.

Deze marge moet het volgende dekken:

- de kómbérging voor het opnemen van het bovendebiet van de Zeeschelde en tijrivieren tijdens het manoeuvre van sluiten en de gesloten stand van de stormvloedkering.

Wegens de variatie van het debiet, varieert ook de in te rekenen marge.

Maximaal wordt met $12 \times 12 \text{ cm} = 144 \text{ cm}$ gerekend (zie 8.2.);

- de rijzing van het water tijdens het sluiten van de kering afhankelijk van het ogenblik en de tijd van sluiting en geschat op 75 cm als benadering;

- de rijzing van het water indien de kering als overlaat werkt
bv. 108 cm en 78 cm bij een getij met frequentie van voorkomen
1/10.000 jaar (H.W. te Antwerpen 9,05 m NKD)
en met een overstortkruin op respectievelijk +7,00 m NKD en
+ 7,50 m NKD (zie 8.6.);
- een bijkomende veiligheid van 0,50 m.

De sluiting van de kering met kruin op +10,00 m NKD (resp.
+7,50 m NKD) en met bovengenoemde onderstellingen moet aanvangen op:

NKD +6,60 m -1,44m -0,75m -1,08m (resp. 0,78m) -0,50 m
of NKD +2,83 m (resp. +3,13 m)

Bij laagwaterstroomkentering voorafgaand aan het buitengewoon
stormtij van 1 februari 1953 moet de waterstand ongeveer NKD +3,50 m
hebben bereikt.

Dit betekent dat bij bovenvermelde onderstellingen de stormvloed-
kering nog vóór laagwaterstroomkentering zou moeten worden gesloten
om opwaarts NKD +6,60 m niet te overtreffen.

Blijkbaar kunnen aldus niet alle bovenvermelde risico's worden
gedekt.

Ook bij het falen van een grote afsluiting in de kering kan de
limietwaterstand opwaarts worden overschreden.

10. Het geotechnisch onderzoek

Het geotechnisch onderzoek moet nog worden uitgevoerd.

Uit een aantal boringen uitgevoerd sedert 1900 zijn echter
zekere resultaten bekend.

Hieruit blijkt dat ter hoogte van Oosterweel de bovenzijde van
de Boomse klei langs de rechteroever op peil -20,00 m NKD ligt.
In de nabijheid van Noordkasteel loopt de kleitafel naar boven en
bereikt er het peil -16,00 m NKD.

Op de linkerover zijn voor de kleitafel peilen van -18,00 m NKD
maar ook van -13,30 m en -14,00 opgetekend.

Aldus daalt de kleilaag dwars op de as van de rivier in noorde-
lijke richting.

Het is echter mogelijk dat uitstulpingen en discontinuïteiten
voorkomen.

De geologische doorsnede ter hoogte van de Stad Antwerpen toont dat de rivier aan de uiterste grens van haar alluvium stroomt langs de rechteroever. De linkeroever bestaat geheel uit Schelde-alluvium dat rond het peil -15,00 m NKD licht kalkhoudend wordt. Tussen dit peil en de kleilaag treft men fijn glauconitisch zand aan ("Zanden van Kattendijk").

De kleilaag is in het Antwerpse 60 à 75 m dik.

Hieronder bevindt zich een kleiachtige zandlaag: het onder Rupeliaan van $\pm$ 15 m dikte. Vervolgens treft men het "Komplex van Kallo" aan bestaande uit een afwisseling van drie kleilagen, en drie zandlagen ten onrechte soms Tongeriaan genoemd.

Bij het doorboren van de klei of bij het inheien van damplanken in deze laag mogen septaria en kleibollen worden verwacht.

Men mag aannemen dat er boven de kleilaag een grondwaterstroom bestaat naar de Schelde toe en dit zowel op linker- als op rechteroever.

De Boomse klei geeft slechts geringe C_{kd} -waarden en blijkt daarenboven zeer vervormbaar te zijn.

11. De studies van het Waterbouwkundig Laboratorium te Bergerhout (W.L.B.)
en het Bestuur voor Electriciteit en Electromechanica (B.E.E.)

Tabel 10 geeft de studierapporten die door het W.L.B. en het B.E.E. zijn gemaakt over een stormvloedkering op de drempel van Oosterweel.

TABEL 10

Benaming	Datum	Model WLB n°
Berekeningsnota betreffende een voorontwerp van stormvloedkering met hefschuiven		
Hoofdstukken I - II - III	28.2.1967	252-1
IV A t/m IV E	15.1.1968	252-2
IV F t/m IV M	24.10.1968	252-3
V A t/m V G	2.6.1969	252-4
V H t/m V J	24.9.1969	252-5
V K t/m VIII D	25.9.1970	252-6
VIII E t/m VIII G	1.12.1970	252-7
Verslag over enkele tijberekeningen in verband met de stormvloedkering op de Schelde te Oosterweel	sept.1969	252-8
Stormvloedkering te Oosterweel Snelheidsmetingen op maquette 1/100	maart 1971	252-9

Benaming	Datum	Model WLB n°
Stormvloedkering te Oosterweel Krachtmetingen op maquette 1/100	z.d.	252-10
Stormvloedkering te Oosterweel Drukmetingen op debiterende schuiftype	dec. 1972	252-11
Orientatieproeven in verband met de stormvloedkering te Oosterweel	sept.1968	300

De rapporten 252-1 t/m 7 zijn weerstandsberekeningen op hefschuiven en portaalbalken.

Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor twee verschillende voorontwerpen.

Het eerste heeft betrekking op een stormvloedkering met twee doorvaartopeningen van 125,00 m breedte en drie kleine openingen van 35,00 m allen afgesloten met hefschuiven.

De vrije doorvaarthoogte bedraagt 55,00 m boven +5,00 m NKD.

De drempel ligt op NKD -10,00 m. Opwaarts stijgt volgens onderstelling het water tot NKD +8,00 m.

Alhoewel bij een stormtij analoog met dit van 1 februari 1953 de proeven tonen dat bij een gesloten kering een verval tot 7,00 m kan optreden, gebeuren de berekeningen met een verval van 3,00 m.

Na een eerste orientatieberekening met volle wandliggers, worden grote schuiven aangenomen samengesteld uit negen beplate, dubbele, horizontale bowstringliggers met uiteinden in volle wandligger.

Kleppen zijn voorzien om het water binnen de schuif op het peil te brengen van de hoogste waterstand daarbuiten.

De berekeningen tonen dat met de gemaakte onderstellingen het gewicht van een grote hefschuif oploopt tot 2900 Ton.

Het tweede voorontwerp heeft betrekking op een stormvloedkering met twee doorvaartopeningen van 62,00 m breedte en voorts openingen van 35,00 m. De openingen zijn afgesloten met hefschuiven.

De doorvaarthoogte is 55,00 m boven + 5,00 m NKD.

De drempels van de grote openingen liggen op NKD -10,00 m.

Het verval is 4,00 m.

In dit geval beloopt het gewicht van een grote hefschuif rond 1400 Ton.

Noch in het eerste, noch in het tweede voorontwerp is rekening gehouden met een dynamische coëfficiënt, met trillingsgevaar of met knikgevaar in horizontale of vertikale richting of om een langsas.

Beide laatste problemen (trilling en knik) moeten door modelstudie na definitieve vormgeving van de schuiven worden bepaald.

Het rapport 252-8 behandelt o.m. de invloed van de volledige sluiting van de stormvloedkering op de karakteristieken van gemiddeld tij, springtij en stormtij (zie hoger 8.) en van een middel ter beperking van het verval tot ca 3,00 m.

Dit laatste probleem is nog verder uitgewerkt in het rapport 252-9 Snelheidsmetingen.

O.m. wordt geconcludeerd dat: met twee grote schuiven van 125,00 m die niet debiteren het debiet nodig om onder alle omstandigheden het verval tot 3,00 m te beperken moeilijk kan worden afgevoerd door drie kleine schuiven van 35,00 m opening.

De bodemsnelheden worden daarbij zeer groot, zodat energiebrekers moeten worden aangebracht.

Nadeel van de grote snelheden zijn niet alleen uitschuring maar ook moeilijkheden met de geankerde schepen en trillingen in de schuif.

Theoretisch (doch alleen onderzocht onder het aspect "stroomsnelheid") bestaat een oplossing om het verval tot 3,00 m te beperken erin dat elke grote schuif van 18,00 m hoogte tweedelig zou worden gemaakt.

Een bovenste deel van 12,00 m opgehangen aan kabels is verbonden door hangstaven aan een onderste deel van 6,00 m. Tussen beide delen is een regelbare doorstroomopening van 0,00 m tot 4,00 m hoogte.

Met deze oplossing kan de bodembescherming tot 100,00 m lengte worden gereduceerd.

In het rapport mod. 252-10 worden door modelproeven de krachten bepaald die op een dergelijke grote, tweedelige schuif inwerken.

Om een grote schuif te kunnen neerlaten in het water moet ze worden geballast om de opwaartse druk te compenseren.

Bij de weerstandsberekening van de schuif is trouwens ondersteld dat de schuif inwendig met water moet zijn gevuld tot op het hoogste buitenpeil.

Uit de modelproeven blijkt dat daardoor zeer zware verticale belastingen ontstaan bij schuiven die moeten debiteren.

Het besluit is zelfs dat debiterende schuiven van dergelijk type en 125,00 m breedte onuitvoerbaar zijn.

Het rapport bestudeert insgelijks de invloed van golven op de schuif en pleegt onderzoek naar het trillingsverschijnsel.

Uit de proeven van rapport 252-11 volgt dat de breedte van de tweedelige schuif een grote rol speelt bij het bepalen van de vorm van de opening, zodat na de keuze van de overspanning en het verval een verdere studie nodig is in verband met het vermijden van onderdrukken, het bekomen van geringe krachten op de schuifwand, grote debietscoëfficiënten, enz.

Het doel van de proeven uitgevoerd op het Model 300 van de Schelde opwaarts van de raai Baarland-Ossenisse is na te gaan welke wijzigingen de tijkrommen ondergaan afwaarts de stormvloedkering en welk niveauverschil optreedt ter hoogte van de stormvloedkering.

De onderzochte gevallen zijn:

- volledige sluiting van de kering op laagwaterstroomkentering tijdens gemiddeld tij, springtij, stormtij en buitengewoon stormtij;
- volledige sluiting van de kering op halftijhoogte tijdens de vloed bij een stormtij en een buitengewoon stormtij en
- invloed van de indijking van het Land van Saaftinge en de Schorren van Ossendrecht.

Voor de twee voorontwerpen (stormvloedkeringen met grote openingen van 125,00 m en 62,00 m) heeft het B.E.E. de bewegingsmechanismen, de geleiding en de vergrendeling berekend.

.../...

12. Enkele gegevens over stormvloedkeringen in naburige landen

12.1. In Nederland

12.1.1. Uitgevoerde stormvloedkering op de Hollandse Yssel

De stormvloedkering heeft een doorvaartopening van 80,00 m met twee hefschuiven achter elkaar elk opgehangen aan twee heftorens.

Een of beide schuiven wordt gesloten.

De schuiven zijn 11,50 m hoog.

De drempels liggen op NAP -6,50 m.

Het binnenwaterpeil is NAP.

Wanneer het buitenwater (zeekant) de bovenrand van de schuif bereikt, is het verval 5,50 m.

De vrije hoogte onder geheven schuiven is 12,00 m.

Een sluis is ingebouwd die onbeperkte vrije doorvaart-hoogte verzekerd aan de scheepvaart na heffen van de bascule wegbrug.

De schuiven hebben een verticale wand steunend tegen twee bowstringliggers.

Oorspronkelijk (d.i. vóór 1977 wanneer de kering slechts één schuif heeft) wordt gesloten op laagwaterstroomkentering van zohaast uit de tijvoorspelling blijkt dat de volgende vloedwaterstand NAP +2,50 m zal overtreffen. Men wil daarmee trillingen in de schuif vermijden en bereiken dat de schuif op de drempel terechtkomt en dat een laagste binnenwaterpeil wordt behouden.

Tellingen tonen echter aan dat bij dergelijk vroege sluiting éénmaal op zes de sluiting niet nodig is geweest. Door het resultaat van onderzoek (naar vormgeving van onderaanslag en zij-afdichtingen en daalsnelheid) in de tweede schuifconstructie te verwerken is het mogelijk geworden vanaf 1977 af te sluiten op stroom en dus op een later meer adequate voorspelling van het getij.

.../...

12.1.2. In ontwerp zijnde stormvloedkering in de drie geulen van de Oosterscheldemon

12.1.2.1. Enkele gegevens

De drieledige stormvloedkering bestaat uit 83 pijlers op een onderlinge afstand as tot as van 40,00 m en gefundeerd op putten.

De bodem wordt beschermd tegen erosie door bezinkingen tot 700,00 m uit de as van de kering.

Tussen de putten zijn de drempels, de schotbalken en de schuiven (de afsluitbare kering) aangebracht.

De stormvloedkering wordt gebouwd voor een stormtij met een overschrijdingskans van 1:4000 en voor een maatgevend verval van 5 à 5,50 m.

De open stormvloedkering moet het actueel gemiddeld tijverschil van 3,50 m tot 2,70 m reduceren te Yerseke, zijnde tot 75% van zijn waarde.

De doorlaatopening wordt daartoe op 14.000 m² begroot.

De maximale watersnelheid door de kering wordt 4,5 m/sec. tegenover actueel 1,3 à 1,5 m/sec.

De lengte van de stormvloedkering in de Roompot bedraagt 38 x 40,00 m = 1520,00 m, in de Schaar van de Roggenplaat 18 x 40,00 m = 720,00 m en in de Hammen 24 x 40,00 m = 960,00m.

In de Roompot ligt de aanzet van de putten in losgepakt holocenezand op -35,00 m NAP, de bovenkant van de putten op -18,50 m NAP met iets daaronder de bovenkant van de bovenste laag der bodembescherming.

De bovenkant van de geprefabriceerde dorpel balken (= onderkant van de eigenlijke stormvloedkeringsopening) ligt op -10,00 m NAP. De bovenkant van de schuifopening heeft het peil + 1,00 m NAP zodat de schuifopening 11,00 m is.

De pijlerlengte is 22,00 m, de dikte 5,00 m. De pijlerbovenkant ligt op +11,50 m NAP.

Een schutsluis is voorzien om het werkverkeer tijdens de bouw mogelijk te maken.

../...

12.1.2.2. Een onderzochte manier van uitvoering

Alhoewel vermoedelijk de onderstaande onderzochte manier van uitvoering voor de Oosterscheldestormvloedkering niet zal worden aangehouden, lijkt het als algemeen idee interessant ze uiteen te zetten.

De putten worden geprefabriceerd op werksteigers.

Een gereedgekomen put wordt door de hijsinstallatie van een hoefijzervormig schip (Catamaranschip gelijkend op twee langspontons gekoppeld door een dwarsponton), dat om de steiger past, van de steiger getild en tijdelijk op een parkeerplaats onder water in de nabijheid van de steiger geplaatst.

Door de Catamaran wordt op de put die een dwarsdoorsnede heeft van 16,00 m x 46,00 m en een maximum hoogte van 26,00 m een stalen bouwkuip geplaatst en bevestigd.

Daarna wordt put en kuip door de Catamaran naar het sluitgat gebracht en op de vereiste plaats afgezonken. De put wordt op diepte gebracht door er de grond uit te cutteren.

Is de put op diepte dan reikt de bovenkant van de bouwkuip tot NAP +5,00 m.

Onder water wordt in de put een stop beton van 6,00 m à 8,00 m aangebracht en voorts grint of zand.

Nadien hangt de Catamaran een pijlerwand op in de bouwkuip eveneens gebouwd op een werksteiger.

De bouwkuip wordt leeggepompt om de pijler aan de put te verankeren. De kuip wordt vervolgens gerecupereerd.

Daarna worden de twee kokerliggers van de wegbrug geplaatst en de stalen hefschuiven en bewegingswerken.

Onderwijl is men echter, buiten de pijlers, bezig met de bescherming van de bodem en de afdichtingen tussen de putten en met het opbouwen van de drempels. Daarna worden de geprefabriceerde dorpelbalken geplaatst met brugkranen waardoor het doorstroomprofiel wordt gerealiseerd.

De openingen worden zo gekozen dat een zo goed mogelijk stroombeeld wordt bereikt.

12.2. In Engeland

In uitvoering zijnde stormvloedkering op de Theems te Woolwich-Reach

Aanvankelijk is voor deze stormvloedkering een doorvaartopening geëist van 275,00 m, later met het akkoord van de nautici teruggebracht op 137,00 m.

Om financiële en technische redenen van uitvoerbaarheid en tegen de nautici in is ten slotte in uitvoering gebracht een stormvloedkering met openingen:

4 x 61,00 m en drempeloote -9,25 ODN (1)

2 x 31,50 m " -4,60 ODN

deze 6 openingen zijn bestemd voor de scheepvaart

4 x 31,50 m en drempelcota 0,00 ODN.

De breedte van de pijlers is voor de grote openingen : 11,00 m

en voor de kleine : 9,15 m en 7,00 m.

De pijlers nemen 20% van het oorspronkelijk doorstroomprofiel weg.

De onderkant van de fundering ligt in de kalksteen op

-23,75 tot -16,00 ODN.

Naargelang de drempelcota is de funderingsdikte 14,50 m, 12,40 m of 9,50 m.

De doorvaartopeningen zijn afgesloten met sectorschuiven die zich bij open kering in een uitsparing van de vloer bevinden. De doorvaarthoogte is aldus onbeperkt.

Nautisch onderzoek schijnt niet te zijn gebeurd.

De schepen moeten zich in een rechte koers voor de kering bevinden om deze te kunnen evenwijdig met de pijlers doorvaren.

Bovendien moeten de pijlers parallel met de stroomrichting worden gebouwd.

Er is scheepvaartassistentie nodig en een tijdige verwittiging van het sluiten van de kering.

Wachtplaatsen worden voorzien.

(1) O D N = NKD +2,06 m

De kering moet beschermen tegen een stormvloed met overschrijdingskans van 1:1000 (waterstand: +6,90 m ODN).

De hoogste waterstand aan de Tower Bridge bij het buitengewoon stormtij 1953 is opgelopen tot +5,40 m ODN.

Het opgelegd te keren verval is:

- zonder overstorting: 8,40 m (opwaartse waterstand -1,50 m ODN)
 - met overstorting : 9,90 m (opwaartse waterstand -2,70 m ODN).
- Dikte overstortlaag : 0,30 m

De hoog- en laatwaterstanden t.o.z.v. ODN en het tijverschil zijn:

gemiddeld tij	:	H.W.:	3,10 m;	L.W.:	-2,35 m;	T.V.	5,45 m
gemiddeld doottij	:		2,50 m;		-1,90 m;		4,40 m
gemiddeld springtij:			3,70 m;		-2,80 m;		6,50 m.

De oppervlakte van de dwarsdoorsnede is 3250 m² onder ODN.

Het slibgehalte in de Theems varieert van 1800 mg/l tot 78 mg/l.

12.3. In de Duitse Bondsrepubliek

Op de bijrivieren van de Beneden-Elbe zijn reeds een vijftiental kleine stormvloedkeringen in werking.

Voor de bescherming van Hamburg is een grote stormvloedkering in studie.

Sectorschuiven en hefdeuren zijn voor dit kunstwerk verworpen vooral omdat bij een niet uit te sluiten vervorming (bv. door avarij of dgl.) de sluiting geblokkeerd is en niet op korte termijn is uit te halen en te herplaatsen.

Op grond daarvan is een vast geïnstalleerde drijvende deur onderzocht die door draaiing van 90° door de stroom in de sluitstand kan worden gebracht met behulp van sleepboten of windassen.

De studie geeft de overtuiging dat de talrijke constructieve en bedrijfsproblemen niet onoplosbaar zijn.

De sluiting is onderzocht voor openingsbreedten tot 400,00 m, een holte van 26,00 m en een verval van 5,00 m.

De kosten zijn bij deze maximale afmetingen echter astronomisch.

.../...

13. Samenvatting

Onderhavige nota is een synthese van onderzoek en studie die is gedaan over de mogelijkheid voor het bouwen van een stormvloedkering op de drempel van Oosterweel te Antwerpen.

Ze is samen te vatten als volgt:

13.1. De afmetingen van de stormvloedkering

13.1.1. De breedte

De zeescheepvaartstatistiek en de manier waarop doorgaans aan de hand van de scheepsafmetingen de afmetingen worden bepaald van een vaargeul laten toe vast te stellen dat met de huidige navigatiemiddelen 120,00 m nuttige doorvaartbreedte 99% van de zeeschepen die over Oosterweeldrempel varen kan doorlaten.

De overige zeeschepen moeten door een sluis varen. Mogelijks kan door een elektronisch plaatsbepalingssysteem met adequate scheepsuitrusting de nuttige doorvaartbreedte tot 100,00 m worden beperkt voor 100% van de actuele zeescheepvaart.

Grondig nautisch onderzoek door een daarin gespecialiseerd studiebureau zou de minimale doorvaartbreedte moeten bepalen.

13.1.2. Het aantal doorvaartopeningen

Veiligheidshalve en om de continuïteit in de scheepvaart te verzekeren zijn minstens twee grote doorvaartopeningen nodig.

13.1.3. De vrije doorvaarthoogte

Om alle zeeschepen door te laten (speciale constructies uitgesloten) is de vrije doorvaarthoogte gelijk te nemen aan 55,00 m boven G.H.W.

Wordt een sluis in de kering gebouwd met onbeperkte vrije hoogte dan volstaat 45,00 m boven G.H.W.

De beste oplossing is echter een stormvloedkering met onbeperkte vrije hoogte omdat daardoor ook speciale constructies de mogelijkheid krijgen om door te varen

hetgeen het concurrentievermogen van de scheepswerven onaangetast laat.

Ook onder esthetisch aspect is dergelijke oplossing wenselijk.

13.1.4. Het vloerpeil

Afhankelijk van de gekozen breedte van de openingen moet het vloerpeil van één of meer grote doorvaart-openingen op -12,00 m NKD liggen.

In de andere openingen volgen de drempels de onderste grens van de bodem met dien verstande dat de debietverdeling over het bestaande profiel moet worden behouden en de insnoering onder G.H.W. de 15% niet overschrijdt.

13.2. De sluis in de stormvloedkering

Een sluis op stroom is geen ideale oplossing.

Indien ze noodzakelijk blijkt wegens beperking van de breedte van de openingen in de stormvloedkering dan moeten haar afmetingen liggen rond 400,00 m x 60,00 m x (NKD -8,25 m) en moet de doorvaarthoogte onbeperkt zijn.

13.3. Verval terplaatse van de stormvloedkering

Het is aan te raden de stormvloedkering te sluiten bij de laagwaterstroomkentering die het buitengewoon stormtij voorafgaat zodat met een verval van 7,00 m moet worden gerekend bij gesloten kering.

13.4. De limietwaterstand opwaarts de stormvloedkering te Antwerpen

In de huidige stand van het onderzoek is het niet mogelijk te waarborgen dat onder alle voorwaarden opwaarts de gesloten stormvloedkering te Oosterweel de waterstand onder het peil + 6,60 m en zelfs +7,00 m NKD zal blijven voor het maatgevend stormtij.

13.5. De studies van het W.L.B. en het B.E.E.

Ofschoon door hydraulisch modelonderzoek en organische en mechanische berekening van hefschuiven met doorvaartbreedten van 125,00 m en 62,00 m inzicht is verkregen in vele problemen gesteld door stormvloedkeringen, is actueel geen oplossing bereikt voor het vraagstuk dat zich stelt op de Schelde. Wel lijkt 125,00 m brede doorvaartopeningen met een verval van 3,00 m voor hefschuiven een bovenlimiet voor de uitvoerbaarheid.

Een verwezenlijken van dergelijke schuiven en openingen met 7,00 m verval is onrealistisch.

14. Conclusie

In de huidige stand van de studie is het niet mogelijk uit te maken of een stormvloedkering op de drempel van Oosterweel mogelijk is onder nautisch en stabiliteitsoogpunt.

De bestaande studie moet worden uitgebreid met:

- een nautisch onderzoek door een gespecialiseerd studiebureau naar de kleinst mogelijke doorvaartbreedte veilig geschikt voor een scheepvaartpatroon zoals het actuele en zonder sluis;
- een studie naar de mogelijkheid op gebied van stabiliteit (inbegrepen de grondstabiliteit) en electromechanica van enkel type-ontwerpen met verschillende doorvaartbreedten (bv. 2 x 100,00 m, 2 x 75,00 m, 2 x 65,00 m).

Daarbij moet worden ondersteld een onbeperkte vrije doorvaart-hoogte in de kering en 7,00 m waterverval bij gesloten kunstwerk.

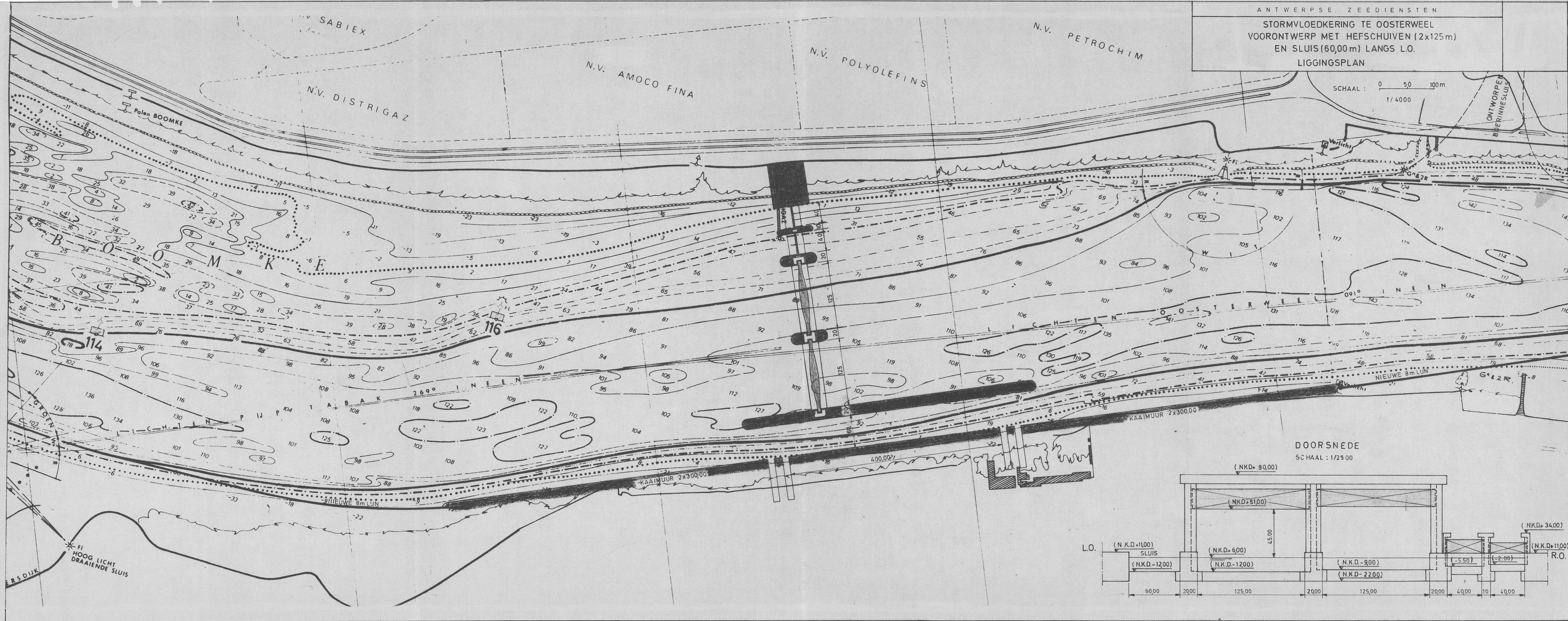
De studie omvat de keuze van de afsluitingen.

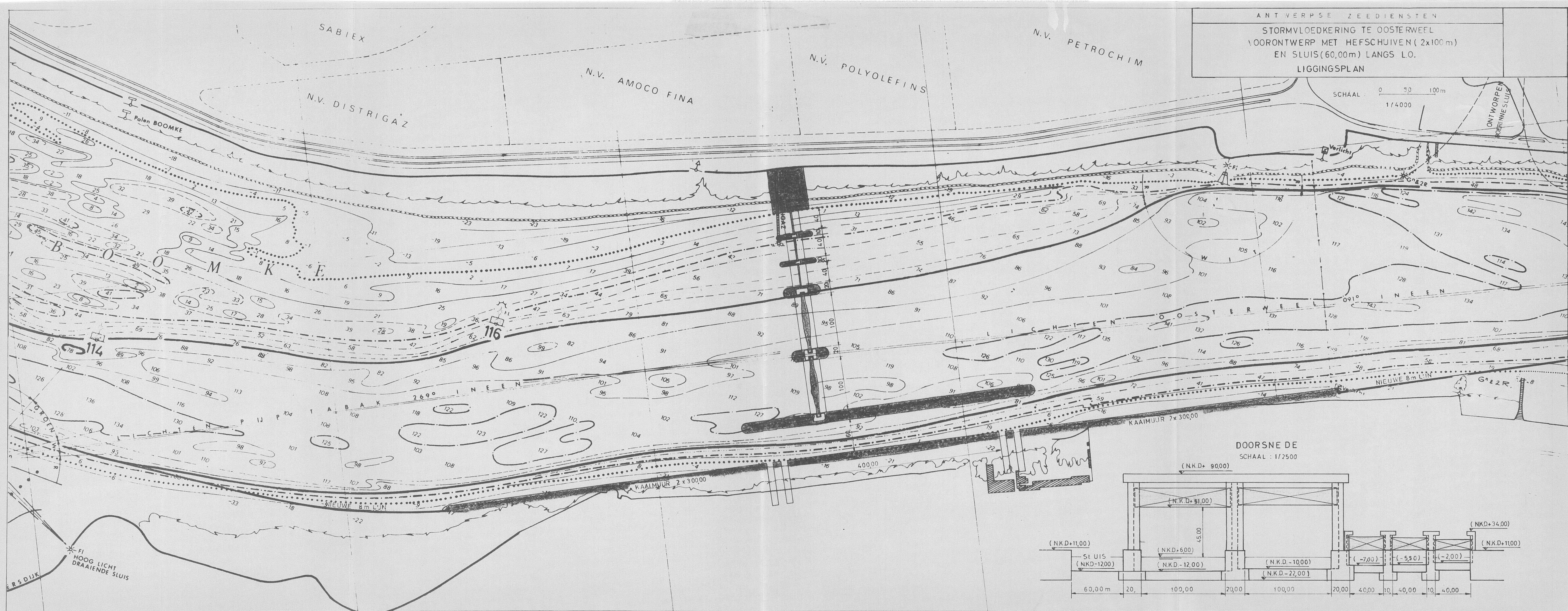
In dit verband gaan de gedachten naar sectorschuiven, puntdeuren of drijvende deuren waarbij de beoordelingscriteria slaan op de bedrijfszekerheid en bij avarij een mogelijk spoedig uitnemen en vervangen van de afsluitingen:

../...

- een schatting van de uitgave van de verschillende oplossingen en van de uitvoeringstermijnen;
- een studie voor het beoordelen van de hydraulische waarde van de oplossingen.

Antwerpen, 3 oktober 1977





STORMVLOEDKERING TE OOSTERWEEL
VOORONTWERP MET SECTORSCHUIVEN
LIGGINGSPLAN

SCHAAL : 0 50 100m
1/4000

POLYOLEFINS

PETROCHIM

ONTWORPEN BOERINNESLUIS

