



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
borgerhout

model van de kust  
en het scheldeëstuarium

**HYDRAULISCH ONDERZOEK**  
**UITBOUW VOORHAVEN**  
**ZEEBRUGGE**

DEEL 1  
tekst

1977

MOD. 265-7

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
borgerhout antwerpen

---



ministerie van openbare werken  
bruggen en wegen  
bestuur der waterwegen

MOD. 265-7

MODEL VAN DE KUST EN  
HET SCHELDE-ESTUARIUM

HYDRAULISCH ONDERZOEK  
UITBOUW VOORHAVEN ZEEBRUGGE

DEEL 1

Tekst + foto's

INHOUD.

- 0. Inleiding.
  - 0.1. Opdracht.
    - 0.1.1. Gevoeligheidsanalyse.
    - 0.1.2. Vormgeving havendammen.
    - 0.1.3. Oostkust.
    - 0.1.4. Uitvoeringsalternatieven.
  - 0.2. Het permanentie-overzichtsmodel van de kust.
  - 0.3. Modelproeven ; verwerking meetresultaten;
    - 0.3.1. Modelproeven.
    - 0.3.2. Verwerking van de meetresultaten.
- 1. Gevoeligheidsanalyse der uitbouwgruote.
  - 1.1. Overzicht.
    - 1.1.1. Doelstelling.
    - 1.1.2. Bodemconfiguratie.
  - 1.2. Gevoeligheidsanalyse 1e fase.
    - 1.2.1. Beschrijving.
    - 1.2.2. Aspecten eigen aan de vormgeving.
    - 1.2.3. Dwarskrachtenlijnen.
    - 1.2.4. Snelheidsverandering in de omgeving.
    - 1.2.5. Besluiten 1e fase.
  - 1.3. Gevoeligheidsanalyse 2e fase.
    - 1.3.1. Beschrijving en aspecten eigen aan vormgeving.
    - 1.3.2. Dwarskrachtenlijnen.
    - 1.3.3. Snelheidsverandering in de omgeving.
    - 1.3.4. Besluiten 2e fase.
  - 1.4. Besluiten gevoeligheidsanalyse der uitbouwgruote.

2. Vormgevingsstudie van het tracé der havendammen.

2.1. Voorbereidende fase TR 18, TR 19.

2.1.1. Inleiding.

2.1.2. Voorbereidende fase TR 18, TR 19.

2.2. 1<sup>e</sup> fase van de vormgevingsstudie. Varianten A, B2, B3, C1.

2.2.1. Beschrijving.

2.2.2. Resultaten voor uitbouw lengte 1250 m.(TR 20, 21, 22 en 23).

2.2.3. Resultaten voor uitbouw lengte 1750 m.(TR 24, 25, 26 en 27).

2.2.4. Vaststellingen 1<sup>e</sup> fase vormgevingsstudie.

2.3. 2<sup>e</sup> fase van de vormgevingsstudie. Varianten D, E en F.

2.3.1. Beschrijving.

2.3.2. Resultaten varianten D0-D1. Uitbouw lengte 1250 m(TR29-30)  
VLOED.

2.3.3. Resultaten varianten D0-D1. Uitbouw lengte 1750 m(TR31-32)  
VLOED.

2.3.4. Resultaten varianten D3-D4. Uitbouw lengte 1750m (TR37-38)  
VLOED.

2.3.5. Resultaten varianten E1-E2. Uitbouw lengte 1250 m(TR35-36)  
EB.

2.3.6. Resultaten varianten E1-E2. Uitbouw lengte 1750 m(TR33-34)  
EB.

2.3.7. Resultaten variante F. Uitbouw lengte 1750 m (TR 44).

2.4. Besluiten en vaststellingen vormgevingsstudie.

2.5. Gegevens voor het nautisch onderzoek.

2.5.1. Nautisch onderzoek ten behoeve van gevoeligheids- en vorm-  
gevingsstudie.

2.5.2. Interim L. N. G. -Terminal.

BESLUIT.

## 0. INLEIDING.

### 0.1. Opdracht.

Het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout werd door de Tijdelijke Vereniging "ZEEBOUW-ZEEZAND" (TVZ2), Elisabethlaan te Knokke-Heist, belast met proeven in verband met de uitbouw van de voorhaven te Zeebrugge, uit te voeren op het bestaande permanentiemodel van de kust (MOD.265).

Het principiële akkoord voor het aanvangen van deze proeven werd op 3 december 1976 door het Hoofdbestuur der Waterwegen verleend (schrijven ref. HZ 16(1)A1 1/79.021). De modelstudie nam een aanvang op 3 januari 1977 (schrijven W.L. ref. 155.117-72036).

Het uit te voeren modelonderzoek bestaat uit de volgende vier onderdelen :

#### 0.1.1. Gevoeligheidsanalyse.

In dit eerste studiedeel dient bepaald in welke mate de lengte van de zeewaartse uitbouw van de voorhaven de stromingstoestand in de omgeving van Zeebrugge beïnvloedt.

#### 0.1.2. Vormgeving tracé havendammen.

Voor een gegeven uitbouw lengte dienen verschillende vormen van de zeewaartse begrenzing van de voorhaven tegenover elkaar afgewogen op hun hydraulische verdiensten. Hierbij dient ook aandacht geschonken aan middelen om de nautische toegankelijkheid te verbeteren.

#### 0.1.3. Oostkust.

Onderzoek naar de hydraulische invloed van de havenuitbouw op de stroming voor de kust ten Oosten van Zeebrugge zal gepaard gaan met

onderzoek van de stromingssituaties bij verschillende strandverbeteringswerken of methodes (o.a. zandsuppletie, opvullen Appellzak, onderwaterdammen loodrecht op de kust, .....

#### 0.1.4. Uitvoeringsalternatieven.

De uitvoeringsfasen en methodiek van uitbouw der beide havendammen, inclusief de interim LNG-aanlegplaats, zal hierin onderzocht worden.

Elk van deze onderdelen betreft enkel het onderzoek op model van de hydraulische invloed van de uitbouw van de voorhaven te Zeebrugge en bijhorende werken.

#### 0.2. Het permanentie - overzichtsmodel van de kust.

Het overzichtsmodel van de kust en het Scheldeëstuarium (zie foto 1) is een model met vaste (cement) bodem, gebouwd volgens een horizontale schaal 1/1000 en een verticale schaal 1/125.

De modelgrenzen zijn weergegeven in bijlage 1. De zeewaartse rand van het model is volledig gesloten.

In het model wordt uitsluitend een permanente vloed-en ebstroming weergegeven voor gemiddeld springtij, bij konstant waterpeil.

De vloedstroming in model simuleert de stroming op het ogenblik van maximum vloed vóór Zeebrugge, 0h40 voor HW Zeebrugge (waterpeil te Zeebrugge : G.L.L.W.S. + 4,5 m).

De maximum ebstroming in model is een simulatie van de stroming om 5h30 na HW Zeebrugge, bij waterpeil aldaar van G.L.L.W.S. + 0,8 m. Deze twee instellingen van het model worden in het verslag verder kortweg VLOED en EB genoemd.

Een uitvoerige beschrijving van het model en de ijkingstoestand (T0) is te vinden in het verslag 265-2.

### 0.3. Modelproeven.

#### 0.3.1. Uitgevoerde modelproeven.

Bij vast ingestelde randvoorwaarden wordt voor een bepaalde uitbouwtoestand ( verder TR1 , TR2 , .....enz genaamd ) de watersnelheid in model gemeten. Gezien de geringe waterdiepte wordt deze meting uitgevoerd door het fotograferen van oppervlaktedrijvers (zie foto 2 en 3 ).

Daarnaast wordt in een aantal vaste punten de snelheid en richting op 40 % van de diepte gemeten met behulp van micromolentjes.

Deze metingen dienen ter controle van de modelopstelling.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld, wordt in dit verslag met "snelheid", steeds de oppervlaktesnelheid bedoeld.

#### 0.3.2. Verwerking van de meetresultaten.

Na digitalisering van de gefotografeerde vlotter, is de snelheid qua grootte en richting in een groot aantal willekeurig verspreide punten gekend.

Het stromingsveld kan op verschillende wijzen worden weergegeven :

1. Stromingspatroon ( vb. bijlage 4).
2. Snelheidsprofiel langs een raai (vb. bijlage 10) : langs de ongeveer 10 km lange raaien Blankenberge, Knokke-Heist en Zwin, loodrecht op de kust, en langs de ~~Licht~~lichtenlijn van de Pas van het Zand is de grootte van de snelheidsvector, met aangrijpingspunt op minder dan 250 m van de raai, ten rechte van de loodrechte projectie van dit aangrijpingspunt uitgezet (zie liggingsplan der raaien, bijlage 2).
3. Richtingsprofielen (vb. bijlage 18). Zoals voor de snelheidsprofielen is hier het verloop van de stroomrichting (t.o.v. het Noorden) weergegeven.



4. Dwarskrachtenlijnen langs de Lichtenlijn. Deze geven voor een situatie het verloop van de kracht loodrecht op de raaklijn, uitgeoefend door de stroming. Voor de berekening van deze stroomdruk op een stilstaande rechthoekige plaats met eenheidsoppervlak wordt de oppervlaktesnelheid gebruikt. De lijn geeft het punctuele verloop van die kracht weer.
5. Procentuele snelheidsverandering t.o.v. de T0 situatie voor de omgeving van Zeebrugge (vb. bijlage 26).  
Hiervoor wordt de gemiddelde oppervlaktesnelheid bepaald voor een vak (+ 1 km<sup>2</sup> groot), zowel voor T0, als voor een toestand Tx. De snelheidsverandering in dit vak wordt gegeven door :

$$\frac{V_x - V_0}{V_0} \times 100 \%$$

Een negatief getal duidt op een daling van de snelheid.

In vakken met minder dan 4 vlotters wordt de snelheidswijziging mede door interpolatie uit omliggende vakjes gegist.

## 1. GEVOELIGHEIDSANALYSE DER UITBOUWGROOTTE.

### 1.1. Overzicht.

#### 1.1.1. Doelstelling.

Doel van dit onderzoek is het bepalen van de grootte van de snelheidsveranderingen nabij Zeebrugge in functie van de grootte van de buitenhaven.

Als maat voor de grootte van de uitbouw geldt de afstand gemeten, tussen het havenlicht op de bestaande havendam, en een lijn evenwijdig aan de kust, rakend aan de meest zeewaartse begrenzing van de uitbouw. De richting van de raaklijn is gedefinieerd door de lijn "Vuurtoren Hooglicht" - "Home Duinse Polders" (zie bijlage 3).

#### 1.1.2. Bodemconfiguratie.

Op de toegangsheuvelen na, werd de oorspronkelijke bodemconfiguratie van het model behouden. Deze geeft de bodemligging volgens de hydrografische kaarten van 1969-1970 weer (zie ijkingsverslag 265-2). Voor alle toestanden die in de gevoeligheidsstudie werden onderzocht waren de toegangsheuvelen tot hun voorziene eindsituatie verdiept : (zie liggingplan, bijlage 2)

1. Scheurpas ten Westen van de "Scheur-Zand" boei :  
geul 500 m breed op Z - 15 m, taluds 2 %.
2. Scheurpas ten Oosten van de "Scheur-7" boei ;  
geul 500 m breed op Z - 12,5 m, taluds 2 %.
3. Pas van het Zand en Ribzand :  
geul 400 m breed op Z - 15 m, taluds 2 %.
4. Zwaaiikom ;  
in de ontworpen voorhavens werd een zwaaiikom met bodem op

Z - 15 m voorzien. Het verdere areaal van de voorhaven werd tot boven het hoogwaterpeil opgevuld, teneinde de eindsituatie in het prototype na te bootsen, en zodoende het wateroppervlak te beperken, met het oog op eventuele neervorming binnen de haven.

Aan weerszijden van de uitbouwen werd het strand tegen de haven-dammen aan uitgebreid.

## 1.2. Gevoeligheidsanalyse 1e fase.

### 1.2.1. Beschrijving.

In eerste instantie werden havenuitbouwen van 1000 tot 3000 m onderzocht met tussenstappen van 500 m, nl :

Toestand TR5 = uitbouw 1000 m

Toestand TR1 = uitbouw 1500 m

Toestand TR2 = uitbouw 2000 m

Toestand TR3 = uitbouw 2500 m

Toestand TR4 = uitbouw 3000 m

De vormgeving van de zeewaartse begrenzing van deze uitbouwen (zie bijlage 3) is voor elke uitbouw verschillend, met dien verstande dat de kromtestralen van de bogen, waaruit de Westelijke havendam is samengesteld, afnemen met stijgende uitbouw-grootte.

De straal van de cirkelboog in de Oostelijke dam neemt toe met de uitbouw.

### 1.2.2. Aspecten eigen aan de vormgeving.

Gezien de vorm van de Westelijke dam, volgt de stroming deze kromming niet, en vormt zich bij vloed een neer voor de havenmond (zie foto 3 voor TR1 - 1500 m). Deze neer, die zich voordoet bij alle onderzochte toestanden neemt niet sterk toe met de uitbouw-grootte (vgl.

bijlage 5 en 7, respectievelijk voor 1500 en 2500 m). Indien de snijding met de Zandpas van de stroombaan, die aan de Westelijke uitbouw raakt, als maat genomen wordt, kan gezegd worden dat vanuit hydraulisch oogpunt bij vloed de havens circa 500 m groter zijn dan hun nominale grootte.

Bij eb (zie foto 2 en bijlagen 4 en 6) lost de stroming de Oostelijke havendam. Daardoor ontstaat een neer voor de havenmond, over de Pas van het Zand. Aangezien de kromtestraal toeneemt bij toenemende uitbouw is de grootte van de neer quasi ongevoelig voor de uitbouw grootte.

### 1.2.3. Dwarskrachtenlijnen ( bijlagen 8 en 9).

De dwarskrachtenlijnen bij eb zijn weergegeven in bijlage 8.

De maxima die optreden bedragen ongeveer het dubbel van de dwarskracht ter plaatse voor T0. Voor de uitbouwen van 1000 en 1500 m valt op dat de dwarskracht zeewaarts van het maximum, kleiner is voor T0. Dit is te wijten aan de verdieping van de toegangsgeul van circa H-9 m voor T0 tot H-15 m voor de hier onderzochte toestanden.

Voor de dwarskrachtenlijnen bij vloed is de invloed van de geulverdieping niet zo duidelijk terug te vinden. Op bijlage 9 is eveneens de dwarskrachtenlijn getekend voor een reeds eerder onderzochte toestand (T8, zie verslag 265-3) met een uitbouw grootte van 3800 m, en voor de toestand T22 (zie verslag 265-3), waarin enkel de toegangsgeulen verdiept zijn (zoals aangegeven in 1.1.2.).

Het maximum van de dwarskracht bevindt zich telkens iets zeewaarts van de stroombaan die de neerzone voor de havenmond begrenst.

Ter plaatse van deze grens is de helling van de dwarskrachtenlijn zeer groot, maar aan de hand van vlottermetingen moeilijk exact te bepalen.

### 1.2.4. Snelheidsveranderingen in de omgeving.

#### 1) Snelheidsprofielen.

Langs de raaien weergegeven in bijlage 2 werd het verloop van de

snelheid bepaald (zie bijlagen 10 tot 17).

Bij eb ligt de raai Blankenberge (bijlage 10) gedeeltelijk in de luwe zone afwaarts de havenuitbouw. Dit valt duidelijk vast te stellen in de met de uitbouwgrootte afnemende snelheden tussen km 1 en 3. Langs de Pas van het Zand (bijlage 12) valt bij eb ook de invloed van de verdieping van de geul op (snelheden kleiner dan voor T0). De maximale snelheden iets buiten de neerzone zijn ongeveer 40 % groter dan de plaatselijke T0-snelheden.

Bij eb ligt de raai Knokke-Heist (bijlage 14) stroomopwaarts van de havenuitbouw. Het remmend effect van de uitbouw op de stroming valt te merken in de zone tussen km 4 en de oever.

In de raai Zwin valt een lichte snelheidsvermindering op boven de Paardemarkt (bijlage 16).

Bij vloed valt het stroomremmend effect van de uitbouw te merken tussen strand en km 5 langs de raai Blankenberge (zie bijlage 11). De snelheid nabij de kust neemt af met toenemende uitbouw.

Het effect van de verdieping van de Pas van het Zand (bijlage 13) valt slechts duidelijk op in een snelheidsvermindering voor de uitbouw van 1000 m. De maximale snelheden nemen zeer sterk toe boven 2500 m uitbouw. De stijging van de snelheid zeewaarts km 6 is ook buiten de zone waar het maximum optreedt aanzienlijk groter voor de uitbouwen boven de 2000 m.

Langs de raai Knokke-Heist (bijlage 15) blijkt de snelheidsvermindering langs de kust voor de uitbouwen van 2500 en 3000 m ook behoorlijk groter te zijn dan voor uitbouwen van 2000 en 1500 m. Ook de snelheidstoename zeewaarts de zuidrand van de Wielingen is beïnvloedend groter dan voor 1000 - 1500 - 2000 m.

In de luwe zone in het schaduwvlak van de haven treedt neervorming op.

Ter plaatse van het Zwin (bijlage 17) is een onderscheid tussen T0 en andere situaties slechts te maken nabij de kust, waar de snelheid in de Appelzak afneemt.

2) Richtingsprofielen (bijlagen 18 t.e.m. 25).

Bij eb (zie ook bijlagen 4, 6) zijn de snelheden ten oosten van de uitbouw kloksgewijze verdraaid en ten westen van de uitbouw anti-kloksgewijze.

In bijlage 18 blijkt te Blankenberge dat voor 3000 m uitbouw de hoekverdraaiing tot 40° kan bedragen. In de Wielingen is de hoekverdraaiing kleiner dan 15°.

Ter plaatse van de Pas van het Zand is er geen hoekverdraaiing, aangezien de van de kust afbuigende stroom aldaar naar de kust terugdraait. De in bijlage 20 weergegeven verdraaiingen zijn die welke optreden binnen de bij eb gevormde neerzone voor de havenmond.

Voor Knokke-Heist wordt de ebstroming kloksgewijze afgebogen, maximaal 30° voor 3000 m uitbouw. Zeewaarts km 7 is het verschil met de T0 onbeduidend.

Voor de raai Zwin (bijlage 24) is het verschil qua stroomrichting met de T0 situatie te verwaarlozen.

Bij vloed is er een anti-kloksgewijze verdraaiing van de snelheidsvectoren afwaarts de uitbouw. Dit wordt geïllustreerd in bijlage 19 voor de raai Blankenberge. Ook ter plaatse van de Pas van het Zand is de snelheid meer zeewaarts gericht dan in de T0 situatie. Ten oosten van de zandpas buigt de stroming terug naar de kust af, en dit heeft een kloksgewijze verdraaiing tot gevolg voor Knokke-Heist (bijlage 23). De grote hoeken nabij de kust zijn te wijten aan neervorming. De hoek t.o.v. het noorden is ook groter naargelang ook de uitbouw groter is.

Tenslotte is er geen verschil in stroomrichting te bemerken tussen de T0 en de uitbouwsituaties in de raai Zwin (bijlage 25).

3) Procentuele snelheidsveranderingen (bijlagen 26 t.e.m. 30).

TR5	1000 m	EB	Snelheidsveranderingen groter dan $\pm 10\%$ zijn slechts te vinden tot op circa 2 km
-----	--------	----	--

van het havenlicht, met een maximum van 29 % van de oostelijke havendam. De daling met meer dan 10 % in de Pas is te wijten aan de verdieping.

VLOED Snelheidsvermeerdering steeds kleiner dan 20 %. De zeer grote daling voor de havenmond is te wijten aan de neer.

TR1 1500 m EB Tot aan de rand van de Wielingen, ten zuiden de Bol van Heist, stijging groter dan 15 %. Lokaal stijging met 50 % aan de oostelijke dam.

VLOED Maximum stijging van 27 % ter plaatse van de contractie voor de westelijke dam. Stijging groter dan 15 % ten zuiden van de Wielingen.

TR2 2000 m EB Stijging van 20-25 % aan de Wielingen. De snelheidsverhogingen blijken niet uitgestrekter dan voor TR1.

VLOED In de Wielingen, stijging van 15 %, lokaal 20 % en 27 % op de zuidrand. Snelheidsverhogingen belangrijker en meer uitgestrekt dan voor TR1.

TR3 2500 m EB Ongeveer 30 % stijging aan de zuidrand van de Wielingen.

VLOED De grens tussen de zone met snelheidsdaling-en stijging valt ongeveer samen met de 7,5 m dieptelijn ten zuiden van de Wielingen. Ten zuidwesten van de Bol van Heist bedroegen de stijgingen 25 à 40 %. De Paardemarkt ligt volledig in het schaduwgebied van de uitbouw.

TR4	3000 m	EB	De snelheidstoename in de Wielingen bedraagt ten zuidwesten van de Bol van Heist 35 à 50 %.
		VLOED	De gemiddelde stijging van de vakjes ten noorden van de 7,5 m-lijn die de Wielingen begrenst bedraagt 22 %. Ten rechte van de westdam bedraagt de stijging 50 %.

1.2.5. Vaststellingen en besluiten 1<sup>e</sup> fase.

---

- a. Stijging van de vloodsnelheid met meer dan 25 % in het vaarwater van de Wielingen, en dit over meerdere vierkante kilometers treedt op bij uitbouwen van 2500 en 3000 m.
- b. Bij de uitbouwen van 2500 en 3000 m ligt bij vloed de grens van het schaduwvlak van uitbouw en neer ter plaatse van de zuidrand van de Wielingen.
- c. De kromtestraal van de westelijke dam bij de verschillende uitbouwen kan een rol spelen in de ligging van het loslaatpunt, de begrensende stroombaan en de grootte van de neer bij vloed.

Daarom werd besloten (werkgroep Laboratoria, vergadering 8.3.1977) uitbouwen van 1250 en 1750 m te onderzoeken, die qua kromming van de westdam dezelfde vorm hebben als de uitbouw 1500 m (TR1).

Tevens werd aangenomen dat voor verder onderzoek de uitbouwen groter dan 2000 m uitgesloten waren, gezien de grote snelheidsveranderingen, dwarskrachten en schaduwzones. Een gelijkvormige uitbouw voor 2000 m wordt onderzocht (bovenste grens). De uitbouw TR5 (1000 m) had een te grote kromtestraal, zodat als onderste grens ook de 1000 m uitbouw hernomen wordt.

Zodoende worden in een tweede fase vier uitbouwen, nl. 1000, 1250, 1750 en 2000 m onderzocht, steeds met een gelijkvormige westdam.



### 1.3. Gevoeligheidsanalyse 2e fase.

#### 1.3.1. Beschrijving en aspecten eigen aan de vormgeving.

De onderzochte toestanden zijn (zie bijlage 31) :

TR8	uitbouw 1000 m
TR9	uitbouw 1250 m
TR10	uitbouw 1750 m
TR13	uitbouw 2000 m

Aangezien de ronde vorm behouden blijft, is er ook neervorming voor de havenmond (zie bijlagen 32 t.e.m. 35 voor TR9 en TR10).

#### 1.3.2. Dwarskrachtenlijnen.

Bij eb (bijlage 36) valt op dat in het Ribzand de dwarskracht voor alle toestanden kleiner is dan voor de T0 situatie. Dit effect is te wijten aan de verdieping van de geul tot H-15 m. De maximale dwarskrachtgrootte verschilt nauwelijks voor de verschillende uitbouwen.

Bij vloed (bijlage 37) is de invloed van de verdieping van de geul minder belangrijk (de relatieve verdieping is minder groot).

De maxima worden groter naargelang de uitbouwgrrootte. De toename tussen 1500 m en 1750 m uitbouw, ook in de eerste kilometers zee- waarts van het maximum, is belangrijk.

#### 1.3.3. Snelheidsveranderingen in de omgeving van Zeebrugge.

##### 1. Snelheidsprofielen.

Bij eb reikt de luwe zone tot 4 km uit de kust (zie bijlage 38) ter plaatse van de raai Blankenberge. Voor Knokke-Heist valt de afremming

van de stroom vóór de kust op te merken (bijlage 40).

Bij vloed is de afremming voor Blankenberge (bijlage 39) groter naarmate de uitbouw groter is en in de luwe zone voor Knokke-Heist (bijlage 41) valt dit eveneens op.

2. Procentuele snelheidsveranderingen. (zie bijlagen 42 t.e.m. 45)

TR8	(1000 m)	EB	Tenzij onmiddellijk nabij de havendammen is de snelheidstoename nergens groter dan 10 %.
		VLOED	De toename groter dan 15 % is beperkt tot op $\pm$ 1 km uit de haven. Aan de Wielingen is de toename van de snelheid nergens meer dan 10 %.
TR9	(1250 m)	EB	De invloed van de uitbouw reikt wat verder dan bij TR9. In de Wielingen is de toename beperkt, meestal minder dan 10 %, maar ten zuiden van de Bol van Heist tussen 10 en 15 %.
		VLOED	Aan de zuidrand van de Wielingen is de toename beperkt tot ongeveer 15 % lokaal.
TR10	(1750 m)	EB	Zeewaarts zijn de proefresultaten niet sterk verschillend met de resultaten voor 1250 m en 1500 m.
		VLOED	Gemiddeld ligt de stijging in de Wielingen tussen 15 - 20 %. Een zone met stijging groter dan 20% reikt tot de zuidrand van de Wielingen.
TR13	(2000 m)	EB	Toenamen van 15 à 20 % in de Wielingen .

Nabij de havendammen lokaal stijgingen van 40 %.

VLOED      Ten zuiden van de Bol van Heist bedragen de snelheidstoename 20 tot 30 %.  
De luwe zone bestrijkt bijna gans de Vlak-  
te van de Paardemarkt.

#### 1.3.4. Vaststellingen 2de fase.

- a. De invloed van de kromtestraal van de westelijke dam is niet duidelijk aantoonbaar in de proeven op het overzichtsmodel. Wel treedt steeds neervorming op voor de havenmond.
- b. Bij een uitbouw van 1000 m (TR8) is de snelheidstoename buiten de onmiddellijke omgeving (grootte orde : 1 km) te verwaarlozen. De snelheidsverminderingen langs de kust zijn reeds vrij belangrijk.
- c. Bij een uitbouw van 2000 m (TR13) is de snelheidstoename bij vloed reeds tot 25 à 30 % gestegen in de Wielingen. De luwe zones aan weerszijden van de haven zijn zeer groot (3 km uit de kust).

#### 1.4. Besluiten gevoeligheidsanalyse.

Aan de hand van de procentuele snelheidsveranderingen wordt in onderstaande tabel een overzicht gegeven voor de verschillende uitbouwen.

Aangezien een der voornaamste criteria voor de keuze van een uitbouw-grootte de toename van de snelheden ter plaatse van de vaarpassen Wielingen-Scheur is, zijn hiervoor gemiddelde waarden berekend (zie bijlage 46).

Voor de twee zeewaartse rijen van de vakverdeling, met uitzondering

van de vakken boven de Pas van het Zand, en voor de derde rij voor zover gelegen langs de 7,5 m-lijn bezuiden de Wielingen, werd de gemiddelde procentuele toename berekend. De waarden zijn weergegeven in onderstaande tabel en in bijlage 46.

VLOED			EB	
Uitbouw	Totaal gemiddelden	Zuidrand gemiddelden	Totaal gemiddelden	Zuidrand gemiddelden
1000 m TR5	3.6	8.9	2.9	5.1
TR8	3.5	6.5	2.3	2.8
1250 m TR9	6.1	11.2	5.8	7.2
1500 m TR1	6.7	11.6	7.5	8.5
1750 m TR10	9.9	14.3	5.7	5.6
2000 m TR2	11.2	15.7	5.1	7.0
TR13	13.3	19.5	6.8	8.4
2500 m TR3	14.6	24.2	8.0	11.4
3000 m TR4	22.0	28.8	14.5	17.9

Opvallend bij deze tabel is de relatief grotere snelheidstoename tijdens de vloed t.o.v. de eb.

Indien men er van uit gaat dat de snelheidstoename in het ganse gebied ten noorden van de Wielingen tot 10 % moet beperkt blijven, zou een uitbouw van 1750 m de grootste mogelijke zijn (totaal, vloed).

Indien men een beperking tot 10 % in het deel van de Wielingen, ten

rechte van de Bol van Heist beschouwt, is slechts een uitbouw van 1250 m toelaatbaar (vloed, zuidrand).

Indien men in dit gebied 15 % toelaat, vindt men een uitbouw van 1750 m.

De vergadering van 8. 3. 1977 tussen Waterbouwkundig Laboratorium, TVZ2 en Dienst der Kust (toenmalige werkgroep Laboratoria) verklaarde zich akkoord met volgende formulering over wat voorshands hydraulisch als aanvaardbaar kan worden aangenomen :

" De verdere uitbouw van de haven van Zeebrugge mag in de Wielingen slechts snelheidswijzigingen teweegbrengen van gemiddeld 10 % en plaatselijk 15 %, inbegrepen de meetnauwkeurigheden van het model".

De vergadering besloot tevens dat gezien deze werkhypothese 1750 m een bovenste grens is, terwijl 1250 m een onderste grens is (omwille van inwendige infrastructuur). Deze twee uitbouw lengten worden dan ook weerhouden voor de verdere studie van de vormgeving van de nieuwe buitenhaven.

## 2. VORMGEVINGSSTUDIE VOOR HET TRACE DER HAVENDAMMEN.

### 2.1. Vorbereidende fase TR18, TR19.

#### 2.1.1. Inleiding.

In de gevoeligheidsanalyse werd, voor zover dit mogelijk was, rekening houdend met de ligging van de Pas van het Zand, praktisch dezelfde vorm van uitbouw genomen voor al de onderzochte toestanden, dit om het aantal parameters zoveel mogelijk te beperken.

In de vormgevingsstudie stelt men zich tot doel een tracé der havendammen te bepalen, ten einde voor een opgelegde uitbouw lengte de hydraulisch meest aanvaardbare vorm te vinden.

Uitbouwen van 1250 m en van 1750 m worden in deze vormgevingsstudie onderzocht.

#### 2.1.2. Vorbereidende fase TR18, TR19.

Aangezien de diepte in de Pas van het Zand en het Scheur (ten westen van het Ribzand) bij de vormgevingsstudie op Z-13 m wordt gedacht, dienen de toestanden TR9 en TR 10 hernomen, met deze geulen op Z - 13 m (bodembreedte 600 m, taluds 1/50). Zodoende kunnen verder de dwarskrachten en procentuele snelheidsveranderingen vergeleken worden met de vorm "gevoeligheidsstudie". In bijlage 47 en 48 is het stroombeeld weergegeven, resp. voor TR18 (uitbouw 1250 m) en TR19 (uitbouw 1750 m). De dwarskrachtenlijnen zijn weergegeven op bijlage 49 voor de ebstroming en op bijlage 50 voor vloed. De verschillen in dwarskracht zijn onbeduidend voor deze verandering van geuldiepte bij uitbouwen van 1250 m en 1750 m, indien men ze vergelijkt met het verschil tussen T21 en T22 (geulen resp. op Z - 12,5 m en Z - 15 m, zonder havenuitbouw).

Indien men de procentuele snelheidsveranderingen voor TR9 en TR18 (bijlagen 43 en 51) vergelijkt, blijken de verschillen slechts enkele procenten te bedragen. Voor TR18 (en ook voor TR19) is de vakindeling aangepast voor de vormgevingsstudie.

Zo ook zijn de verschillen tussen TR10 en TR19 gering (bijlagen 44 en 52). Indien we de "totaal-gemiddelde" en "Zuidrand-gemiddelde" snelheidstoename (zie definitie bijlage 46) beschouwen, vindt men volgende waarden.

Gemiddelde % Snelheidstoename		VLOED		EB	
		totaal	Zuidrand	totaal	Zuidrand
1250 m	TR 9	6.1	11.2	5.8	7.2
	TR 18	6.7	12.1	4.0	7.2
1750 m	TR 10	9.9	14.3	5.7	5.6
	TR 19	9.9	17.0	6.1	6.7

## 2.2. 1e fase van de vormgevingsstudie. Varianten A, B2, B3, C1.

### 2.2.1. Beschrijving (zie bijlagen 53, 54 en 100).

Indien men voor de toestanden TR18 en TR19 de stroombanen in de omgeving van de havenuitbouw beschouwt, kan daaruit een vorm afgeleid worden die zoveel mogelijk met deze stroombanen aansluit, en aanleiding geeft tot een minimum aan neervorming. In die optiek werd variante A (TR21 voor een uitbouw van 1250 m, TR24 voor een uitbouw van 1750 m) onderzocht.

Varianten B2 en B3 werden onderzocht in de verwachting dat bij deze toestanden de snelheidstoename aan de Zuidrand van de Wielingen en ter hoogte van de Bol van Heist enigszins kleiner zouden uitvallen dan bij de vorige onderzochte toestanden.

Teneinde voor de dwarskrachtenlijn een gunstiger verloop te verkrijgen werd voor variante C1 de gestroomlijnde vorm A uitgebreid met een overstroombare krib onder laagwater (Z + 0 tot Z-3 m) aan de westelijke dam, evenwijdig met de Pas van het Zand.

De verschillende toestanden voor deze varianten zijn in onderstaande tabel samengevat.

VARIANTE	A	C1	B3	B2
1250 m	TR 21	TR 20	TR 22	TR 23
1750 m	TR 24	TR 25	TR 26	TR 27

2.2.2. Resultaten voor uitbouw lengte 1250 m, Varianten A, B2, B3, C1.  
(TR20, 21, 22 en 23).

---

2.2.2.1. Stroombeeld (zie bijlage 55 - variante A en 56 - variante B3).

Variante A (TR21; bijlage 55) blijkt een goed gestroomlijnde vorm te bezitten en geeft geen aanleiding tot meervorming vlak voor de havenmond. In het schaduwvlak van de havenuitbouw treedt enige meervorming op, en dit voornamelijk bij vloed voor de kust van Heist.

Bij variante C1 (TR20) wordt bij vloed de stroming afgeremd door de onderwaterdam evenwijdig met de Zandpas. De snelheden onmiddellijk voor de havenmond zijn daardoor inderdaad geringer. Bij eb echter remt deze krib de stroming in belangrijke mate af, zodat de luwe zone ten westen van de uitbouw gevoelig groter wordt.

Bij variante B3 (TR22, zie bijlage 56) is er weinig verschil met variante A wat de eb betreft. Voor de kust van Zeebrugge-Blankenberge echter ontstaat omwille van de strekdam een stroomloos gebied.

In variante B2 (TR23) is bij eb de stroomloze zone ten westen nog groter dan bij B3.

2.2.2.2. Dwarskrachtenlijnen (bijlagen 57 en 58).

Aangezien voor alle varianten de oostelijke dam gemeenschappelijk is, is het verschil in dwarskrachtenlijnen bij eb te verwaarlozen (bijlage 57). Enkel voor variante C1 (TR20) blijkt de vorm van de westelijke havendam (met krib) invloed te hebben op de stroming over de Pas van het Zand.



Bij vloed (bijlage 58) blijkt dat t. o. v. de vorm van de gevoeligheidsanalyse (TR18) de variante A (TR21) en "kleinere" uitbouw is.

De dwarskracht heeft een zeer steile gradiënt.

Bij variante C1 (TR20) wordt de overgang van maximum dwarskracht naar nul gespreid over 1,5 km, evenals bij variante B2 (TR23), bij variante B3 (TR22) over 1 km.

De grootte van de maximum dwarskracht verschilt weinig voor de verschillende vormvarianten.

Bij een uitbouw van 1250 m lijken de vormen B2 en C1 nautisch de meest optimale te zijn.

2.2.2.3. Procentuele snelheidsveranderingen. (zie bijlagen 59, 60, 61 en 62).

Wat de ebstroming betreft, kan men stellen dat de varianten A en B3 (TR21 en TR22) sterk op elkaar gelijken en minder grote snelheidswijzigingen t. o. v. de T0-situatie vertonen dan de varianten C1 en B2 (TR20 en TR23).

Bij de variante C1 treden snelheidsverhogingen van 20 % op ten NW van de overstroombare krib, en de snelheidsdaling ten ZW van de krib is zeer belangrijk (50% en meer).

Bij variante B2 kan de ebstroming slechts voorbij het uiteinde van de strekdam terug naar de kust afbuigen (de strekdam ligt boven laagwater). Zodoende treedt ook hier een belangrijke snelheidsverhoging van circa 15% op ten noorden van de westelijke dam.

De variante A heeft bij eb de kleinste schaduwzone.

De snelheidsstijging bij de oostelijke havendam bedraagt bij alle varianten 30 tot 40%.

Voor de vloedstroming geldt dezelfde overeenkomst tussen de varianten A en B3. Aan de aanstroomzijde ligt de snelheid ten NW van de westdam iets hoger voor B3.

De snelheidstoename ten zuiden van de Bol van Heist blijft voor A en B3 beperkt tot 10 à 15%.

Voor de variante C 1 is de stijging op die plaats 15 à 20 %.

De variante B2 (TR23) vertoont een zeer belangrijke snelheidstoename op 1 km van de westdam, terwijl onmiddellijk bij deze dam een snelheidsdaling optreedt. Men merkt stijgingen op van 10 à 15 % aan de zuidrand van de Wielingen.

Indien men de "totaal-gemiddelde" en de "Zuidrand-gemiddelde" snelheidstoename bij vloed (zie definitie bijlage 46) beschouwd, blijken volgens onderstaande tabel de varianten A en B3 gunstiger dan de varianten C1 en B2.

Gemiddelde % snelheidstoename bij vloed			
Toestand	Variante	"totaal"	"Zuidrand"
TR 18	gevoeligheids-analyse	6.7	12.2
TR 21	A	4.3	8.2
TR 20	C 1	8.8	14.8
TR 22	B 3	4.9	11.4
TR 23	B 2	6.1	11.4

2.2.3. Resultaten voor uitbouwlengthe 1750 m, Varianten A, B2, B3, C 1 (TR24, 25, 26 en 27).

---

2.2.3.1. Stroombeeld (zie bijlage 63 - variante A en bijlage 64 variante B3).

De opmerkingen gemaakt bij de varianten met een uitbouwlengthe van 1250 m zijn hier ook van toepassing.

De oostdam vormt een goede geleiding voor de ebstroom, zodat de maximum snelheden in de Pas van het Zand op 4000 m uit het hooglicht optreden (circa 200 m uit de oostdam).

De westdam-variante A geleidt de vloedstroming goed. In de andere varianten wordt de stroming meer zeewaarts gebracht door de werking van de krib (C 1) of strekdam (B3 en B2).

De zone met gereduceerde vloodsnelheden langs de westdam is ongeveer 400 m breed voor TR26 (B3 - zie bijlage 64) en ongeveer 700 m voor TR27 (B2).

#### 2.2.3.2. Dwarskrachten (zie bijlagen 65 en 66).

Bij eb ligt het maximum der dwarskracht op 4 km uit het hooglicht. Ook voor 1750 m uitbouw wordt de ebstroming ter plaatse van de Zandpas gespreid door de aanwezigheid van de krib aan de westdam bij variante C 1 (TR25).

Bij vloed (bijlage 66) is er weinig verschil in de grootte van de maximum dwarskracht. De gradiënt van de dwarskracht blijkt iets flauwer voor TR25 (C 1) t.o.v. TR26 (B3) en TR27 (B2), terwijl de gradiënt voor TR24 (A) en voor de vorm der gevoeligheidsanalyse TR19 vrij steil is.

#### 2.2.3.3. Snelheidsveranderingen in de omgeving van Zeebrugge. (bijlagen 67, 68, 69 en 70).

Bij eb is er niet veel verschil tussen de percentages voor vakken ten oosten van de Zandpas, aangezien de oostdam voor de vier toestanden identiek is.

Ten rechte van de westdam is de zone met sterke snelheidsverhoging voor TR24 (A) en TR26 (B3) eerder nabij de havendam gelegen. Voor de variante TR27 (B2) reikt deze zone verder in NW-richting. Voor de variante C 1 (TR25) is de luwe zone bij eb belangrijk vergroot : vóór Blankenberge, op 3 km ten westen van de havendam, reikt de zone met aanzienlijke snelheidsdeling tot 3 km in zee.

Bij vloed stelt men voor de vormvarianten met 1750 m uitbouw lengte vast, dat evenals voor 1250 m, de varianten A en B3 minder grote snelheidsverhogingen teweegbrengen in het gebied van de Wielingen, zoals blijkt uit volgende tabel.

Gemiddelde % snelheidstoename bij vloed			
Toestand	Variante	"totaal"	"Zuidrand"
TR 19	gevoeligheids-analyse	9.9	17.0
TR 24	A	10.8	18.0
TR 25	C 1	13.3	22.0
TR 26	B 3	9.1	16.6
TR 27	B 2	13.1	22.2

#### 2.2.4. Vaststellingen 1e fase vormgevingsstudie.

---

Van de vier vormvarianten blijken de varianten A en B3 het best te voldoen qua beperking van de snelheidsverhoging in de Wielingen. De wellicht nautisch gunstigste variante C 1 is de meest ongunstige qua snelheidsverhoging.

#### 2.3. 2e fase van de vormgevingsstudie. Varianten D, E, F.

---

##### 2.3.1. Beschrijving (zie bijlagen 71 - 74 en bijlage 100).

---

1. Uit de 1e fase van de vormgevingsstudie blijken de varianten A en B3 evenwaardig te zijn. In deze laatste variante is de lage strekdam, 1500 m lang met een kruin verlopend tussen (Z + 0 m) en (Z + 3 m) in waterdiepten van 5 à 6 m, een economisch bezwarende factor.

Men kan nu ofwel de mogelijkheid onderzoeken de lage strekdam weg te laten (wat leidt tot variante D0, zie bijlage 71) ofwel deze strekdam vervangen door een krib ter hoogte van Blankenberge.

In eerste instantie werd daarbij gedacht aan een lage krib, 3 km ten westen van de aanzet van de havendam te Zeebrugge. De kruin van deze krib zou op 300 m uit de HW-lijn op (Z + 1 m) liggen en 750 m

verder zeewaarts op (Z + 0 m). De combinatie van de variante D0 met deze krib vormt variante D1, zoals weergegeven op bijlage 71 (midden).

2. In de eerste fase van dit onderzoek werd weinig aandacht besteed aan verdere vormgeving van de oostelijke dam.

Aangezien bij de aanvang van de 2e fase van de vormgevingsstudie ongeveer vaststond dat als interim LNG-aanlegsteiger variante 3-oost zou worden weerhouden, stelde zich de vraag in hoeverre de oostelijke dam verder zeewaarts kan worden verplaatst teneinde - zelfs voor 1250 m (zie bijlage 72) nog enige aanlegplaats of dok zeewaarts van de interim LNG-steiger te kunnen inplanten.

Daarom werden de varianten E onderzocht (zie bijlage 71), die enkel wijzigingen zijn aan de oostdam t.o.v. de variante D1.

In de variante E1 bestaat de oostdam als het ware uit de raaklijnen aan het cirkelsegment van de oostdam uit de 1e fase.

De variante E2 omvat een verder zeewaartse verplaatsing van de oostdam.

Bij de varianten E is de oostkustverdediging uitgebouwd met suppletie en twee lange kribben, zoals in bijlage 71 onderaan weergegeven.

(In deze bijlage zijn enkel de toestanden 1250 m weergegeven; voor de uitbouwen 1750 m verschilt enkel de grootte van de uitbouw. Het tracé van de havendammen voor deze varianten is gegeven in bijlagen 72 voor 1250 m uitbouw en 73 voor 1750 m uitbouw).

3. Uit de proevenreeks D0 (TR29 en 31) en D1 (TR30 en 32) bleek spoedig dat de ontworpen krib voor Blankenberge van variante D1 qua stroming niet voldeed (zie verder 2.3.2. en 2.3.3.). Er werd vastgesteld dat zowel voor een uitbouw van 1250 m als voor 1750 m, om de strekdam van variante B3 te vervangen een overstroombare dam van circa 1 km lengte nodig was. - Variante D3 (bijlage 74 bovenaan).

4. Tenslotte werd een laatste vormvariante voor de westdam (1750 m) onderzocht. In de variante D4 (bijlage 74 onderaan) benaderen de twee rechte stukken van de westdam een cirkelboog, concentrisch met de bestaande westelijke havendam.
5. De laatste proeven van deze tweede fase betreffen de variante F, waarbij de vaargeul onmiddellijk voor de havenmond aangepast is. (zie verder 2.3.7., en bijlage 89).

OVERZICHT TOESTANDEN VORMGEVINGSSTUDIE 2e FASE		
Variante	uitbouw 1250 m	uitbouw 1750 m
D0	TR29	TR31
D1	TR30	TR32
E1	TR35	TR33
E2	TR36	TR34
D3	-	TR37
D4	-	TR38
F	-	TR44

zie ook bijlage 100.

2. 3. 2. Resultaten varianten D0 - D1. Uitbouwlengte 1250 m (TR 29-30)  
VLOED.

---

Tussen deze twee varianten is het verschil in stroombanen niet merkbaar (bijlage 75).

Ten opzichte van de variante B3 is voor D0 de snelheid wat hoger ten zachte van de Westdam (bijlagen 61 en 76). Zuidelijk van de Bol van Heist is er weinig verschil tussen B3 en D0.

Tussen D0 en D1 is het verschil eerder gering, alhoewel voor D1 de snelheden ten zuiden van Bol van Heist en ten NW van de Westdam hoger liggen.

In dwarskrachtenlijnen (zie bijlage 77) is er geen sterk uitgesproken verschil tussen D0 en D1. De maxima zijn bijna gelijk en verschillen qua ligging ook niet veel (gelegen tussen maxima van B3 en A). De gradient van de D0-variante is de gunstigste van beiden en is ongeveer gelijk aan deze van B3.

2. 3. 3. Resultaten varianten D0 - D1. Uitbouwlengte 1750 m (TR31-32)  
VLOED.

---

Het verschil in stroombeeld (bijlage 78) voor deze twee varianten is niet merkbaar. De NWhoek van de uitbouw lijkt sterk aangestroomd.

De snelheidstoename in de Wielingen ten zuiden van de Bol van Heist en ten NW van de Westdam is belangrijker voor variante D1. (bijlage 79)

Tussen D1 (TR 32) en B3 (TR 26) is het verschil in snelheidsveranderingen opbeduidend (bijlagen 79 en 69).

De dwarskrachten (bijlage 82) voor D0, D1 en B3 vloed zijn zeer gelijkend.

2. 3. 4. Resultaten varianten D3 - D4. Uitbouwlengte 1750 m (TR 37, 38)  
VLOED.

---

In de variante D3 (TR 37) is de krib boven HW te Blankenberge 1100 m lang, zodat de stroomdraad die langs de top van de krib afbuigt, nog juist de

havenuitbouw raakt. Er ontstaat (bijlage 80) een grote neerzone tussen deze krib en de westelijke havendam, waar de snelheid tot 1 à 2 dm/sec wordt herleid.

In het gebied Wielingen-Scheur is er geen verschil met de D0-variante (bijlagen 79 en 81).

De snelheidstoename voor variante D4 (TR 38) zijn sterk gelijkend op die voor variante D1 (TR 32).

De dwarskrachten van B3, D0, D1 en D4 zijn sterk gelijkend, D3 uitgezonderd. (bijlage 82).

2.3.5. Resultaten varianten E1 - E2. Uitbouwlengte 1250 m (TR 35-36)  
EB.

---

Aangezien de oostkustverbetering (suppletie - 2 kribben) bij deze varianten is voorzien, gaat een vergelijking met de ebstroming voor de variante uit de 1ste fase niet volledig op.

In beide varianten E wordt de stroming voor de havenmond goed geleid (bijlage 83). Het debiet, dat door de Appelzak stroomt, wordt door de oostkustverdediging beperkt, zodat de sterk zeewaarts afbuigende stroming t. p. v. de Oostdam beperkt blijft. De snelheidstoename ter plaatse van de Oostdam zijn dan ook niet groter dan voor de varianten van de 1ste fase (zie bijlagen 61 en 84).

Voor de dwarskracht (bijlage 85) valt op dat het maximum, dat duidelijk zichtbaar is bij TR22 (variante B3, zonder oostkust), bij de varianten E1 en E2 volledig is afgeplat.

2.3.6. Resultaten varianten E1 - E2. Uitbouwlengte 1750 m (TR 33, TR 34)  
EB.

---

Het stroombeeld (bijlage 86) toont aan dat de stroming de oostdammen vrij goed volgt ; de hoek tussen stroming en Pas van het Zand is minder scherp bij E2. De NO-hoek van de E2 variante wordt sterk aangestroomd.



Globaal genomen wordt de ebstroming in de E2-variante sterker zeewaarts afgebogen, wat te merken is in de procentuele snelheidsveranderingen (bijlage 87).

Zeewaarts van de oostdam is de snelheidstoename ietwat groter voor E2 en de luwe zome ten westen is ook groter.

Voor de dwarskrachten (bijlage 88) geldt dezelfde opmerking als bij de E-1250 m varianten.

#### 2.3.7. Resultaten variante F. Uitbouw lengte 1750 m (TR 44) (bijlage 89)

Ten einde het in- en uitvaren van de haven mogelijk te vergemakkelijken, werd vóór de havenmond de vaargeul van de Pas van het Zand verbreed en een soort buitenrede aangelegd. In deze variante F is de havenmond ook iets breder genomen dan voor de varianten D0 en E2, waarvan respectievelijk de westdam en de oostdam werden overgenomen. Bij TR 44 werden tevens twee kribben en zandsuppletie aan de Oostkust ingebouwd (zoals voor varianten E, zie bijlage 71).

De dwarskrachten bij eb (bijlage 90) en bij vloed (bijlage 91) verschillen weinig van de dwarskrachten voor de toestanden E2 (eb) en D0 (vloed) waaruit de variante F is samengesteld.

#### 2.4. Besluiten en vaststellingen vormgevingsstudie.

1. Uit de studie van de varianten A, B2, B3 en C1 werd variante B3 voor verdere studie weerhouden. De varianten D1, D3 en D4 -vertrekkend van variante D0 die een vereenvoudigde vorm van B3 is - omvatten kunstwerken voor de kust van Zeebrugge en Blankenberge.

Indien men als criterium de gemiddelde snelheidstoename bij vloed in het Scheur-Wielingengebied, zoals vroeger gesteld, aanhoudt (zie bijlage 46) blijkt voor de westdam (zie bijlage 92) :

- voor een uitbouw lengte van 1250 m zijn vormen A en D0 hydraulisch de meest gunstige;

- voor een uitbouwlengthe van 1750 m zijn de vormen D0, D3 en F best gerangschikt, rekening houdend zowel met de "totale zone" als met de "zuidrand".

Zodoende mag men stellen dat blijkens de proeven de D0-vorm in afwachting van verder onderzoek kan weerhouden worden als vormgeving van de westelijke havendam.

2. Voor de Oostdam was het verschil tussen E1 en E2-vorm niet belangrijk. Zodoende kan de E2-vorm, die het grootste havenareaal bevat, weerhouden worden.
3. Brengt men verder nog in rekening de verbreding van de Pas van het Zand vlak voor de havenmond, komt men tot de situatie van TR 44, variante F genaamd, weergegeven in bijlage 89 voor 1750 m uitbouwlengthe. Een gelijkaardig ontwerp kan ook getekend worden voor een uitbouwlengthe van 1250 m (zie 2.5.1, situatie TR 47 voor het nautisch onderzoek, bijlage 93).
4. Er dient verder opgemerkt dat de snelheidswijzigingen niet veel van elkaar verschillen naargelang de vormgeving iets of wat gewijzigd wordt. T. o. v. de nauwkeurigheidsgrenzen van het model en t. o. v. de snelheidswijzigingen bepaald door de grootte van de uitbouw zijn kleine vormverschillen moeilijk te onderscheiden op het overzichtsmodel. Voor verder vormgevingsonderzoek lijkt de studie op een detailmodel aangewezen.

## 2.5. Gegevens voor het nautisch onderzoek.

### 2.5.1. Nautisch onderzoek ten behoeve van gevoeligheidsstudie en vormgevingsstudie.

Op het permanentiemodel werd ten behoeve van het N. S. P. (Nederlands Scheepkundig Proefstation te Wageningen) met betrekking tot het aldaar voorziene nautisch onderzoek mede i. v. m. gevoeligheids- en vormgevings-

studie voor de hiernavolgende toestanden (zie schematisch overzicht in bijlage 93) het snelheidsverloop in de Pas van het Zand (Z - 13 m) **ingemeten**.

De snelheidsgegevens werden onder vorm van een tabel (afstand tot Hooglicht, afstand tot Lichtenlijn, grootte en richting van de snelheid) aan de opdrachtgever overgemaakt. Ter illustratie zijn in bijlagen 94 en 95 de dwarskrachtenlijnen voor eb-en vloed weergegeven voor volgende 5 situaties.

1. TR 44 (bijlage 89) variante F (D0-E2-F) bij 1750 m uitbouw lengte, inclusief oostkustverdediging bestaande uit zandsuppletie en uitbouw van 2 kribben t. p. v. bestaande krib 2 en 17 .
2. TR 45 (bijlage 89) variante F (D0-E2-F) bij 1750 m uitbouw lengte, zonder oostkustverdediging.
3. TR 46 variante F (D0-E2-F) bij 1500 m uitbouw lengte, met oostkustverdediging (ref. Haecon-Zeebrugge plan I. 41-19-2).
4. TR 47 variante F (D0-E2-F) bij 1250 m uitbouw lengte, met oostkustverdediging (ref. Haecon-Zeebrugge plan I. 41-19-1).
5. TR 48 variante C1-E2 bij uitbouw lengte 1750 m (Westdam en geul zoals variante C1 (TR 25) en Oostdam als variante E2) met oostkust. Voor vloed wordt de dwarskrachtenlijn van TR 25 gegeven.

2.5.2. Interim L. N. G. -Terminal (variante "3-oost").

-----

Aansluitend op 2.5.1. werden ook de nodige hydraulische gegevens ten behoeve van het nautisch onderzoek in het N. S. P. op het model ingemeten voor de toestanden waarbij de interim L. N. G. -haven juist in bedrijf wordt gesteld. Hiertoe werden voor drie situaties, schematisch weergegeven in bijlage 96, het snelheidsprofiel langs de Zandpas (Z - 13 m) onderzocht :

6. TR 28 interim L. N. G. -Terminal met oostkustverdediging, zonder verdere uitbouw van de havendammen (ref. Haecon-Zeebrugge I. 41-19-6).

7. TR 49 interim L. N. G. -Terminal met oostkustverdediging ; westelijke havendam 1 km ver gevorderd (ref. Haecon-Zeebrugge I.41-19-7)
  
8. TR 50 interim L. N. G. -Terminal met oostkustverdediging ; westelijke havendam 2300 m ver uitgebouwd en oostelijke havendam 700 m verder dan het L. N. G. -Complex (ref. Haecon-Zeebrugge I.41-19-6).

De snelheidsgegevens werden onder dezelfde vorm aan de opdrachtgever overgemaakt als voor 2. 5. 1.

In bijlage 97 is het stroombeeld voor TR 28 weergegeven. Bij eb ontstaat een grote neer voor de havenmond, terwijl de NO-hoek van de uitbouw sterk wordt aangestroomd. Bij vloed blijkt de stroming de haven niet binnen te draaien.

De dwarskrachtenlijnen voor eb en vloed zijn voor deze drie situaties weergegeven in bijlagen 98 en 99.

BESLUIT.

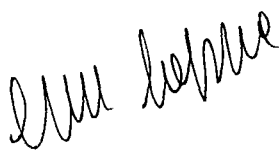
In het eerste deel van deze studie werd het hydraulisch gedrag in de omgeving van Zeebrugge onderzocht voor zeewaartse havenuitbreidingen met toenemende uitbouw lengten. Uit de modelproeven blijkt dat bij een uitbouw van 1750 m de snelheidstoename in het Scheur-Wielingengebied gemiddeld 10 % bedraagt, in de Wielingen zelve gemiddeld 15 %, snelheidstoename welke als maximaal aanvaardbaar kunnen gesteld worden.

Voor het daarop volgend vormgevingsonderzoek werd een uitbouw lengte van 1750 m als bovenste grens aangehouden, als onderste grens werd een uitbouw lengte van 1250 m aangenomen.

Uit het vormgevingsonderzoek werd de vorm volgens variante F (bijlage 89) weerhouden als meest optimaal tracé voor eventueel verdere studie op een meer gedetailleerd hydraulisch model.

Borgerhout, juli 1977.

De Ingenieur van Bruggen en Wegen,  
belast met de studie,



ir. E. LAFORCE.

De Hoofdingenieur-Directeur van  
Bruggen en Wegen,  
Directeur van het Waterbouwkundig  
Laboratorium,



ir. P. ROOVERS.